

ENCORE 2020

4º encontro de conservação e reabilitação de edifícios

Lisboa | LNEC | 3-6 novembro 2020

LIVRO DE ATAS

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

Editores:

Marluci Menezes, Maria do Rosário Veiga, António Santos Silva, Lina Nunes & José Saporiti Machado

Patrocínio OURO

DIASEN GREEN BUILDING FUTURE

hci CONSTRUÇÕES

HILTI

SECIL
Dá forma às ideias

Tintas Robbialac S.A.

TECHNAL®

PLUGGO

WOOD for LIFE®

Patrocínio PRATA

FASSA BORTOLO
QUALIDADE PARA CONSTRUÇÃO

SIVAL
GESSOS ESPECIAIS

Patrocínio BRONZE

ORDEM DOS ENGENHEIROS TÉCNICOS

Tintas 2000

ENCORE 2020

4º encontro de conservação e reabilitação de edifícios

Lisboa | LNEC | 3-6 novembro 2020

LIVRO DE ATAS

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

Editores:

Marluci Menezes, Maria do Rosário Veiga, António Santos Silva, Lina Nunes & José Saporiti Machado

Aviso Legal
A qualidade científica e os conteúdos das comunicações são da inteira responsabilidade dos respetivos autores. O editor não aceita qualquer responsabilidade pela informação contida nas comunicações inseridas na presente publicação.
Nos termos legais em vigor, é expressamente proibida a reprodução total ou parcial desta publicação, no seu todo ou em parte, não podendo ser reproduzida ou transmitida por qualquer forma ou processo eletrónico, mecânico ou outros, incluindo cópia, sem autorização expressa do editor.

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.
Divisão de Divulgação Científica e Técnica
AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA
e-e: livraria@lnec.pt
www.lnec.pt

Editor: LNEC

Coleção: Reuniões Nacionais e Internacionais

Série: RNI 108

1ª edição: 2020 (pdf)

Descritores: Conservação de edifícios / Reabilitação de edifícios / Congresso / PT
Descriptors: Conservation of buildings / Rehabilitation of buildings / Congress / PT

CDU 624.059.1(063)(469)(1)
ISBN 978-972-49-2313-0
DOI: 10.34638/yzys-hn57

Resumo

Conservar e Reabilitar monumentos, edifícios e espaços são oportunidades únicas para fomentar a sustentabilidade dos territórios, constituindo-se o ENCORE 2020 - 4º Encontro de Conservação e Reabilitação de Edifícios numa ocasião ímpar para discutir os desafios da transformação no espaço construído: otimizar recursos, reutilizar materiais, melhorar a eficiência energética, repensar as centralidades urbanas, promover a resiliência. O presente documento junta os textos das comunicações apresentadas sobre a multiplicidade de aspetos que se entrecruzam no âmbito da intervenção no património construído, identificando, de forma multidisciplinar e sinergética, os desafios e os caminhos para melhor Conservar e Reabilitar.

Abstract

Conservation and Rehabilitation of monuments, buildings and spaces are unique opportunities to promote the sustainability of territories, hence the relevance of ENCORE 2020 - the 4th Meeting of Conservation and Rehabilitation of Buildings, as a special occasion to discuss the challenges of transformation of the built environment: optimize resources, reuse materials, improve energy efficiency, rethink urban centralities, promote resilience. This document brings together the texts of the communications presented on the multiplicity of aspects that intertwine within the scope of the intervention in the built heritage, identifying, in a multidisciplinary and synergetic way, the challenges and the ways to better Conservation and Rehabilitation interventions.

Palavras-Chave: Conservação / Reabilitação / Edifício / Cidade / Território / Habitação / Materiais / Patologia / / Diagnóstico / Reabilitação Urbana / Políticas Públicas / Conservação Urbana / Reabilitação Integrada / Valor Cultural /Património Cultural / Património Construído / Ambiente / Economia Circular / Ambiente Construído / Espaço Urbano / Território / Inovação / Novas Tecnologias / Gestão / / Manutenção / Sustentabilidade / Resiliência

Keywords: Conservation / Rehabilitation / Building / City / Territory / Housing / / Materials / Pathology / / Diagnosis / Urban Rehabilitation / Public Policies / Urban Conservation / Integrated Rehabilitation / / Cultural Value / Cultural Heritage / Built Heritage / Environment / Society / Circular Economy / / Built Environment / Urban Space / Territory / Innovation / New Technologies / Management / / Maintenance / Sustainability / Resilience

Apresentação

O paradigma da Conservação, como forma de preservar o tecido edificado, e da Reabilitação, como motor de transformação adaptada aos novos usos, funções e exigências, faz parte da história do LNEC e reflete-se enquanto abordagem presente de um futuro que almeja responder aos desafios de uma construção sustentável. É no âmbito deste paradigma, e de entre as inúmeras iniciativas promovidas pelo LNEC, que aqui se destaca a série de Encontros sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios – ENCORE, que ocorreram em 1985, 1994 e 2003 e que, com os desafios trazidos pelo século XXI, se revigora com a quarta edição designada de ENCORE 2020.

Com a impetuosa valorização dos Centros Históricos, as problemáticas da Conservação e da Reabilitação são particularmente sensíveis e, de repente, aspira-se em simultâneo a realidades construtivas quase paradoxais envolvendo: desenvolvimento e história; modernidade e cultura; cosmopolitismo e tranquilidade; conforto e tradição. Emerge como fundamental alocar os recursos da ciência e da técnica em prol da Conservação e da Reabilitação: conhecer os métodos construtivos e os materiais tradicionais, para poder intervir sobre o existente sem o descaracterizar, mas conhecer também as novas soluções para a sua consolidação e adaptação, e usar os instrumentos que as novas tecnologias disponibilizam ao setor.

O LNEC entende que Conservar e Reabilitar monumentos, edifícios e espaços são oportunidades únicas para otimizar recursos, reutilizar materiais, melhorar a eficiência energética, repensar territórios e centralidades urbanas, promovendo a resiliência. Porque o espaço construído resiliente deve ser para as pessoas e os monumentos, também os edifícios e espaços têm que servir aos seus habitantes, ser seguros, confortáveis e atrativos para os seus utilizadores e visitantes. Mais do que relatar problemas, o ENCORE 2020 tem como princípio encontrar e debater caminhos e soluções para questões como: O que se deve preservar? Como atualizar sem destruir? É viável conservar e reabilitar?

Os temas do ENCORE 2020 visam proporcionar uma discussão acerca da multiplicidade de aspetos que se entrecruzam quando da intervenção no espaço edificado, procurando de forma multidisciplinar e sinergética caminhos para melhor Conservar e Reabilitar. Debater e encontrar caminhos e soluções para fomentar a sustentabilidade dos espaços construídos é a linha mestra do ENCORE 2020, um desafio ainda mais ampliado face às alterações climáticas e à necessária adaptação que todos teremos de realizar perante a atual crise epidemiológica.

Os desafios colocados pela conjuntura pandémica e o fundamental alinhavar dos caminhos para o que se constituirá como uma nova "normalidade", suscitaram um interesse acrescido nos temas do Encontro, revigorando-os e abrindo diferentes perspetivas. Frente à evolução da pandemia, que condicionou os moldes inicialmente previstos para a realização do ENCORE 2020, com vista a garantir a segurança dos congressistas e potenciar o sucesso do Encontro, após cuidada reflexão e definição de um melhor enquadramento do evento à conjuntura, o ENCORE 2020 assumiu-se enquanto um formato enquanto formato *online*.

O presente Livro de Atas está organizado de modo a, primeiramente, salvaguardar as temáticas discutidas no âmbito das sete Conferências apresentadas no decorrer do ENCORE 2020. Na sequência, apresentam-se os artigos resultantes de uma variedade de comunicações e posters, estando os mesmos organizados pelos seguintes temas enquadradores:

- Conservação do Património com valor cultural;
- Patologia, Diagnóstico e Soluções na reabilitação de edifícios;
- Ambiente e Economia Circular na conservação e reabilitação;
- Inovação e Novas Tecnologias aplicadas à conservação e reabilitação;
- Habitação e Cidade: políticas de regulação e preservação;
- Gestão e Manutenção do ambiente construído e do património com valor cultural;
- Reabilitação: uma prática integrada.

No final do Livro apresentam-se as fichas de caracterização das quatro Visitas Técnicas proporcionadas aos participantes do Encontro.

O alargado interesse despertado pelo ENCORE 2020 junto da comunidade científica, académica, técnica e empresarial é revelador do quão as questões da Conservação e Reabilitação do edificado estão, em modo crescente, na ordem do dia. Mas é também um indicador do esforço e dedicação de todos aqueles que se envolveram para garantir a qualidade na realização do Encontro. Deste modo, somos particularmente gratos:

- Aos ilustres Conferencistas que abrilhantaram o ENCORE 2020 com interessantes Conferências;
- Aos Congressistas que aceitaram o desafio de discutir e apresentar os seus trabalhos no âmbito das temáticas do Encontro;
- À Comissão Científica pela acutilante e intensa avaliação técnica e científica dos trabalhos apresentados;
- A todas as entidades, instituições e projetos que apoiaram o bom desenvolvimento do evento;
- Às revistas parceiras do Encontro pelo proporcionar de uma divulgação ampliada e de uma valorização acrescida junto da comunidade técnica e científica dos trabalhos selecionados;
- Ao conjunto dos colegas da Comissão Organizadora e respetivo Grupo de Apoio, bem como aos colegas do LNEC que dão o apoio à realização de reuniões técnicas e científicas.

Um especial agradecimento às várias entidades e empresas que patrocinaram o ENCORE 2020 e que muito contribuíram para o sucesso deste evento.

O LNEC, enquanto organizador do ENCORE 2020 – 4º Encontro de Conservação e Reabilitação de Edifícios, assume-se como um fórum privilegiado para a discussão sobre como melhor se alocar os recursos da ciência e da técnica em prol da Conservação e da Reabilitação, tendo em consideração a integração da grande diversidade de perspetivas envolvidas.

Uma palavra final de agradecimento pela sua participação neste ENCORE 2020, sobretudo nesta época particularmente difícil, e é com especial entusiasmo que vimos convidá-lo/a à leitura dos trabalhos aqui apresentados e discutidos no LNEC entre 3 a 6 de novembro de 2020.

Maria do Rosário Veiga

Marluci Menezes

António Santos Silva

Lina Nunes

José Saporiti Machado

Comissão organizadora

Maria do Rosário Veiga – Presidente

Ana Marques
António Santos Silva
António Vilhena
Armando Pinto
Cláudio Cruz
Joana Mourão
Lina Nunes
Maria João Falcão Silva
Marluci Menezes

Grupo de apoio

Anabela Manteigas
Catarina Brazão Farinha
Cinthia Pederneiras
João Parracha
Magda Posani
Marta Vicente
Sofia Malanho

Comissão científica

José Vasconcelos Paiva – Presidente
José Saporiti Machado – Co-Presidente
Jorge Grandão Lopes – Co-Presidente

Adelino Gonçalves	*FCT - Universidade de Coimbra*
Alfredo Campos Costa	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Alice Tavares	*Universidade de Aveiro*
Álvaro Vale e Azevedo	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Ana Bailão	*FBA - Universidade de Lisboa*
Ana Paula Pinto	*IST - Universidade de Lisboa*
Ana Velosa	*Universidade de Aveiro*
Anabela Paiva	*Universidade de Trás-os Montes e Alto-Douro*
Angélica Benatti Alvim	*FAU - Universidade Presbiteriana Mackenzie*
Aníbal Costa	*Universidade de Aveiro*
António Aguiar Costa	*IST - Universidade de Lisboa*
António Baptista Coelho	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
António Bettencourt Ribeiro	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
António Cabaço	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
António Candeias	*Hércules - Universidade de Évora*
António João Cruz	*Instituto Politécnico de Tomar*

António Pereira Gameiro	*Universidade Agostinho Neto*
António Santos Silva	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
António Tadeu	*FCT - Universidade de Coimbra*
António Vilhena	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Arlindo Gonçalves	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Armando Pinto	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Arnaldo Carneiro	*Universidade Federal de Pernambuco*
Carlos Chastre	*FCT - Universidade Nova de Lisboa*
Carlos Pina dos Santos	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Clara Vale	*FA - Universidade do Porto*
Claúdio Cruz	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Daniel Aelenei	*FCT - Universidade Nova de Lisboa*
Daniel Véras Ribeiro	*Universidade Federal da Bahia*
David Sanz	*Universidad Politécnica de Madrid*
Fernanda Rodrigues	*Universidade de Aveiro*
Helena Carasek	*Universidade Federal de Goiás*
Helena Cruz	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Hugo Rodrigues	*Instituto Politécnico de Leiria*
Humberto Varum	*FE - Universidade do Porto*
Ignacio González-Varaz	*EAT - Universidad de Castilla-La Mancha*
Ignacio Lombillo	*Universidade de Cantabria*
Inês Flores Colen	*IST - Universidade de Lisboa*
Isabel Breda Vázquez	*Universidade do Porto*
Isabel Torres	*FCT - Universidade de Coimbra*
Joan Jamon Rosell	*Universitat Politècnica de Catalunya*
Joana Mourão	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
João Branco Pedro	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
João Carlos Lanzinha	*Universidade da Beira Interior*
João Coroado	*Instituto Politécnico de Tomar*
João Ferrão	*ICS - Universidade de Lisboa*
João Gomes Ferreira	*IST - Universidade de Lisboa*
João Mascarenhas Mateus	*FA - Universidade de Lisboa*
João Manuel Mimoso	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
João Negrão	*Universidade de Coimbra*
João Pedro Couto	*Universidade do Minho*
João Pedro Poças Martins	*Universidade do Porto*
João Ramôa Correia	*IST - Universidade de Lisboa*
João V. Caldas	*IST - Universidade de Lisboa*
Jorge Branco	*Universidade do Minho*
Jorge de Brito	*IST - Universidade de Lisboa*
Jorge Gonçalves	*IST - Universidade de Lisboa*
José Aguiar	*FA - Universidade de Lisboa*
José Delgado Rodrigues	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
José Ignacio Alvarez	*Universidad de Navarra*

José Manuel Catarino	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
José Mirão	*Hércules - Universidade de Évora*
José Silvestre	*IST - Universidade de Lisboa*
Lina Nunes	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Luís Matias	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Manuel Baião	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Manuela Almeida	*Universidade do Minho*
Maria del Mar Barbero	*Universidad Politécnica de Madrid*
Maria João Falcão Silva	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Marluci Menezes	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Miguel Azenha	*Universidade do Minho*
Miguel Oliveira	*Universidade do Algarve*
Nuno Lacerda	*FA - Universidade do Porto*
Nuno Ramos	*FE - Universidade do Porto*
Oswaldo Cascudo	*Universidade Federal de Goiás*
Paula Couto	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Paulina Faria	*FCT - Universidade Nova de Lisboa*
Paulo Candeias	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Paulo Conceição	*FE - Universidade do Porto*
Paulo Lourenço	*Universidade do Minho*
Pedro Raposeiro Silva	*Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*
Raimundo Mendes da Silva	*FCT - Universidade de Coimbra*
Romeu Vicente	*Universidade de Aveiro*
Rui Calejo Rodrigues	*FE - Universidade do Porto*
Rui Póvoas	*FA - Universidade do Porto*
Samuel Niza	*IST - Universidade de Lisboa*
Sandra Marques	*ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa*
Sónia Raposo	*Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Telmo Dias Pereira	*Universidade de Coimbra*
Teresa Freire	*Universidade de Évora*
Thais Sanjad	*FAU - Universidade Federal do Pará*
Vasco Freitas	*FE - Universidade do Porto*
Vasco Rato	*ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa*
Victor Ferreira	*Universidade de Aveiro*
Walter Rossa	*Universidade de Coimbra*

Conferencistas

Ana Paula Amendoeira
Aníbal Costa
Jorge de Brito
José Manuel Catarino
Leopoldo Gil Cornet
Nuno Grande
Victor Mestre & Sofia Aleixo

Sessões especiais

Alice Tavares
António Gago
Rui Furtado Marques
João Bordalo
Jorge Grandão Lopes
José Aguiar
Júlio Appleton
Maria de Lurdes Antunes
Maria do Rosário Veiga
Paulina Faria
Raimundo Mendes da Silva

Índice

CONFERÊNCIAS

A importância de um relatório de inspeção no diagnóstico e apoio a soluções de reabilitação 3
Aníbal Costa

Reabilitação Sustentável: Mitos e Factos 23
Jorge de Brito e José Silvestre

Reabilitar com economia e segurança – Compromissos possíveis 25
José Manuel Catarino

La restauración del claustro de la catedral de Pamplona. 2015-2020. 29
Leopoldo Gil Cornet

(Re)Habitar a cidade consolidada. O Porto como laboratório urbano e arquitetónico 31
Nuno Grande

Abordagem cultural à prática profissional na conservação e reabilitação de património edificado: Palacete dos Condes de Sampayo, em Alhos Vedros, Moita 33
Sofia Aleixo e Victor Mestre

TEMA 1 - Conservação do Património com Valor Cultural

Pedras carbonatadas. Semelhanças e diferenças e sua influencia na susceptibilidade à degradação 49
Alexandra Rodrigues, Ana Paula Ferreira Pinto, Bruno Sena da Fonseca, Susana Piçarra e Maria Fátima Montemor

Critérios e metodologia na preparação de intervenções de conservação de superfícies pétreas em património cultural 63
José Delgado Rodrigues e Patrícia Mestre Marques de Carvalho

Caraterização de uma construção erudita em adobe 75
Nuno Nobre, Jorge Mascarenhas e Lurdes Belgas

Soluções construtivas e intervenções de reabilitação na construção habitacional operária da cidade de Lisboa . 79
Maria João Falcão Silva e Manuel Baião

Modelo de apoio à decisão multicritério para seleção de intervenções de reabilitação em edifícios públicos 91
Maria João Falcão Silva, Paula Couto e Fernando Henriques

Conservação das estruturas de concreto aparente do patrimônio da arquitetura moderna brasileira: Desafios e oportunidades 103
Cláudia de Andrade Oliveira, Tatiana Regina da Silva Simão, Adriana de Araujo e Cláudio Vicente Mitidieri Filho

Da emergência ao projeto: Intervenções nos alçados da FAUUSP 107
André Soares Haidar, Paulo Eduardo Sheuer e Rafael Sandrini

O património arquitectónico português do Séc. XX 117
Inês Ruas

Contribuição à conservação das fachadas de concreto aparente em edifícios de arquitetura moderna: Mapa de danos como estratégia de monitoramento 121
Geovanna Carvalho, Claudia de Andrade Oliveira e Vanda Zanoni

Caso experimental de intervenção numa fachada de azulejos – Aveiro, Portugal 131
Sara Moutinho e Ana Velosa

Caracterização de revestimentos de imitação de pedra em *stucco-marmo* com vista à sua preservação 135
Maria Teresa Freire, António Santos Silva e Maria do Rosário Veiga

A arte do estuque em Portugal. Contributos para um dicionário técnico 139
Joana Pina, Arlindo Silva e Eduarda Vieira

Evolução das técnicas e materiais de construção durante o século XX em Portugal. Aplicação a edifícios Prémio Valmor de Arquitetura 143
Luis Almeida, António Santos Silva, Maria do Rosário Veiga e José Mirão

Os programas decorativos dos interiores domésticos na Lisboa Pombalina: O papel das fontes documentais para a sua leitura e conservação 147
Marta Raposo e Stefano F. Musso

Construir no construído: Condicionantes para a proposições projetuais 151
Ana Paula Farah e José Roberto Merlin

A intervenção no património arqueológico. Usufruir *versus* ocultar/registar. O caso da Mamoa do Carapito 159
Pedro Sobral de Carvalho, Alice Tavares Costa, Aníbal Costa e Vera Moreira Caetano

Adaptação do MIMAQ como instrumento de apoio aos municípios para melhoria da qualidade de projetos de reabilitação de edifícios de habitação 163
Alana Mendonça, José Mendes da Silva, Anabela Paiva e Caroline Dominguez

Condicionantes da seleção de soluções de reabilitação estrutural e funcional de edifícios de valor patrimonial – Ponderação das necessidades relativas aos requisitos básicos dos edifícios 175
José Miranda Dias, António José Santos, Armando dos Santos Pinto, António Leça Coelho, Jorge Patrício, Luís Matias e Manuel Camacho Baião

Consolidação, reforço estrutural e inclusão de infraestruturas técnicas na conservação e salvaguarda da Igreja do Mosteiro de Travanca, Amarante 187
Miguel Malheiro e Aníbal Costa

Do conhecimento à salvaguarda do património. A operação de conservação e valorização da Ponte do Arco, Marco de Canaveses 191
Miguel Malheiro e Aníbal Costa

Conservação de superfícies arquitetônicas da fachada do museu Casa de Rui Barbosa (Brasil): Da pesquisa à intervenção 201
Claudia S. Rodrigues de Carvalho e Patricia Cavalcante Cordeiro

Biblioteca Mário de Andrade: O patrimônio cultural e sua preservação no urbano contemporâneo 215
Laís Amorim e Manoela Rufinoni

A perceção dos investidores e utilizadores sobre a aplicação de coberturas e fachadas ajardinadas em edifícios 219
Tiago Liberalesso, Cristina Matos Silva, Carlos Oliveira Cruz e Maria Manso

Anomalias e reparação do Chalet da Rainha Dona Maria Pia no Monte Estoril 229
Ana Santos, Paula Lamego e Pedro Pinho

A produção e utilização dos cimentos entre o final do século XIX e o primeiro quartel do século XX 241
Cristiano Figueiredo, Sara Moutinho, Clara Pimenta do Vale, Slavka Andrejkovičová, Ana Velosa, Alice Tavares, Luís Almeida, Ana Rita Santos, António Santos Silva, Manuel Vieira e Rosário Veiga

Los morteros históricos del Castillo de Cifuentes (Guadalajara, España) 251
Cristina Mayo Corrochano e David Sanz Arauz

Desafios de conservação e restauro do património construído na Ilha de Moçambique. Casos de estudo 255
José Mendes da Silva, Lídia Catarino, Catarina Mouraz e Vanessa Pires de Almeida

O mecanismo de Liesegang na carbonatação das argamasas de cal aérea 267
José Delgado Rodrigues

TEMA 2 - Patologia, Diagnóstico e Soluções na Reabilitação de Edifícios

Sistema global de inspecção, diagnóstico e reparação de edifícios: Homogeneização de matrizes de correlação 279
Clara Pereira, Jorge de Brito e José D. Silvestre

Discussão de estratégias para a avaliação da biocolonização em ETICS: Um caso de estudo em Lisboa 291
Giovanni Borsoi, João Parracha, Quinten De Cooman, Inês Flores-Colen, Cristina A. Viegas, Lina Nunes, Leonilde M. Moreira e Rosário Veiga

Inspeção e diagnóstico na reabilitação de edifícios: Intervenção num edifício público 305
Maria João Falcão Silva, Paula Couto e Fernando Pinho

Nós de betão armado para pórticos de estruturas de madeira – Estudo numérico e computacional 317
Aléxia Ribeiro, João Negrão e Alfredo Dias

Avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes. Descrição do método ARICA:2019 321
António Leça Coelho, João Branco Pedro, Tiago Ferreira e Marta Vicente

Avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes. Instrumentos de apoio à aplicação do método ARICA:2019 333
Marta Vicente, João Branco Pedro e António Leça Coelho

A importância da modelação das condições de segurança ao incêndio na reabilitação de edifícios.....345
António Leça Coelho e Joaquim Neto

Reabilitação de habitação social na Beira Interior e adaptação às alterações climáticas 357
Pedro Isaac Brandão e João Carlos Gonçalves Lanzinha

Metodologia de diagnóstico – Destacamentos e fissuração de ETICS 369
Sofia Malanho e Maria do Rosário Veiga

Os impactos da degradação física em edificação hospitalar.....379
Priscila M. Alvim, João C. Pantoja e José C. C. Oliveira Neto

Comportamento sob a ação da água de paredes de alvenaria resistente retiradas de edifícios antigo.....393
Ana I. Marques, Luis Matias, Maria do Rosário Veiga, Paulo X. Candeias e João G. Ferreira

Fichas de rendimento e preços de soluções de reforço estrutural de elementos de betão armado.....405
Claúdia Santos, António Cabaço e Ana Brandão de Vasconcelos

Medição da influência da humidade no desempenho energético de paredes de edifícios antigos reabilitadas – Descrição do protótipo experimental..... 417
Mafalda Amorim, Vasco Peixoto de Freitas, Isabel Torres e Francisca Cavaleiro Barbosa

Comportamiento dinámico del campanario sur del Palacio Nacional de Mafra ante las acciones de las campanas.....429
Elesban Nochebuena-Mora, Nuno Mendes e Paulo B. Lourenço

Análise e identificação de anomalias devidas a sais solúveis em revestimentos de reboco de um conjunto de edifícios na cidade de Uberlândia/MG, e proposição de novas argamassas com vista à sua recuperação.....433
João Pedro Ribeiro Silva e Paulo Roberto Cabana Guterres

Efeito da incorporação de nanopigmentos na degradação da cor de revestimentos de fachada.....443
Andrea R. Souza, Joana Maia, Nuno M. M. Ramos e Ricardo M. S. F. Almeida

Potencial da utilização de superplastificantes na formulação de argamassas de cal aérea 455
Bruna Silva, Ana Paula Ferreira Pinto, Augusto Gomes e António Candeias

Influência do tipo de superplastificante nas propriedades de argamassas de cal aérea.....465
Bruna Silva, Ana Paula Ferreira Pinto, Augusto Gomes e António Candeias

Projeto e obra de reabilitação do moinho hidráulico de São Marçal, Esmeriz – Vila Nova de Famalicão 475
R. Bruno Matos e Aníbal Costa

Durabilidade e patologias das piscinas na região do Algarve 479
Miguel José Oliveira, Francisco do Carmo, Luis Silva e Pedro Sequeira

As argamassas de revestimento como elementos de reabilitação: A influência da microestrutura..... 491
Ana Rita Santos, Maria do Rosário Veiga, António Santos Silva e Jorge de Brito

Reabilitação do pano exterior de uma parede dupla em tijolo cerâmico furado.....503
Manuel Pinto, José Padrão e António Oliveira

Melhoria da resiliência e fiabilidade de edifícios: correspondência dos níveis de desempenho e risco estrutural..... 513
Maria João Falcão Silva, Nuno Almeida, Filipa Salvado e Hugo Rodrigues

A intervenção mínima em edifícios com valor cultural e patrimonial. O caso da Quinta da Nossa Sra. das Dores em Aveiro..... 519
Alice Tavares Costa e Aníbal Costa

Contributo do levantamento de patologias e modelação estrutural para a tomada de decisão em soluções de reabilitação.....529
Paula Lamego, Rui Araújo e Rui Oliveira

Rebocos interiores para a reabilitação – Requisitos e caraterísticas importantes 539
Alessandra Ranesi, Rosário Veiga e Paulina Faria

A garantia da estanquidade à água de coberturas em terraço por via da reabilitação e conservação. Soluções mais comuns. 551
Jorge Grandão Lopes

Micro-CT no estudo da interface argamassa-suporte de tijolo cerâmico, placa de betão e bloco de betão leve 563
Manuel Pereira, Inês Flores-Colen, Rafael Travincas, António Maurício e Isabel Torres

Patologia, diagnóstico e soluções na reabilitação de edifícios. Reabilitação estrutural do edifício Residências Sottomayor..... 575
Nuno Guerra

Desempenho de concretos com adições minerais, submetidas a íons cloreto, quanto à técnica de potenciais de corrosão – Uma análise estatística e de engenharia 591
Andrielli Morais de Oliveira, Oswaldo Cascudo, Alexandre de Castro e Helena Carasek

Método acoplado integridade e segurança (MAIS): proposta de metodologia para avaliação de estruturas em concreto armado 603
Ana Luiza de Oliveira, João da Costa Pantojae Humberto Varum

TEMA 3 - Ambiente e Economia Circular na Conservação e Reabilitação

Incorporação de um alto teor de resíduos em argamassas de revestimento – Mistura de resíduos de loiça sanitária e fibras têxteis 617
Catarina Brazão Farinha, Jorge de Brito e Maria do Rosário Veiga

Controlo da fissuração de argamassas de revestimento através da introdução de resíduos de fibras têxteis 627
Catarina Brazão Farinha, Cinthia Pederneiras, Jorge de Brito e Maria do Rosário Veiga

Regime aplicável à reabilitação de edificios ou frações autónomas. Contributos para a aplicação do Decreto-Lei n.º 95/2019 637
João Branco Pedro e Joana Mourão

Placas de cimento-madeira com resíduo de bananeira para a reabilitação de edifícios 649
Bruno Fernandes, Vítor Silva e Paulina Faria

Reabilitação energética de edifícios baseada na metodologia BIM 659
Maria João Falcão Silva, Paula Couto e Fernando Pinho

Ficha de custo de reabilitação estrutural de entregas de vigas de madeira em paredes de alvenaria 671
Rogério Queirós, Tiago Miguel Ferreira e Romeu Vicente

Argamassas de terra estabilizadas com sulfatos de cálcio: Caracterização física e mecânica 681
José Lima, Afonso Lino, Teresa Freire e Paulina Faria

La arquitectura vernácula como patrimonio bioclimático. Recuperación de un granero como ejercicio de economía circular 693
Jorge Gallego Sánchez Torija e María Antonia Fernández Nieto

Melhorar o desempenho dos edifícios (patrimoniais): Entrelaçar a EN16883 com tecnologias e pessoas 703
Nelson Brito

Avaliação do desempenho energético de edifícios públicos. Aplicação ao Edifício Fernando Abecasis 715
Armando Pinto, António Santos, Mariana Neto, Rafaela Mateus e Ricardo Martins

Quantificação dos benefícios das coberturas e fachadas ajardinadas para o edificado 727
Maria Manso, Cristina Matos Silva, Carlos Oliveira Cruz, Inês Teotónio e Tiago Liberalesso

TEMA 4 - Inovação e Novas Tecnologias Aplicadas à Conservação e à Reabilitação

Análise do desempenho à água de diferentes soluções de ETICS e influência na condutibilidade térmica 739
João Luis Parracha, Giovanni Borsoi, Paulina Faria, Maria da Glória Gomes, Inês Flores-Colen e Maria do Rosário Veiga

Argamassas de revestimento com fibras de linho na reabilitação de edifícios: influência das fibras na resistência à fendilhação 751
Cinthia Pederneiras, Rosário Veiga e Jorge de Brito

A parametrização dos modelos BIM: Estudo de caso em Portugal 761
Lorena Luedy, Paula Couto, Maria João Falcão e João Hormigo

A retrofit technique for timber beams using wooden pegs – Guidelines and experimental validation 765
Alice Sartori, Hélder S. Sousa e Jorge M. Branco

Enquadramento para a definição de um CICS nacional 769
Paula Couto, Maria João Falcão Silva, Filipa Salvado e Álvaro Vale e Azevedo

Laser Scanning no apoio à reabilitação funcional de um edifício 775
Maria João Falcão Silva, Paula Couto e Fernando Pinho

BIM-Based methodology for the seismic performance assessment of existing buildings 785
Gonçalo Lopes, Romeu Vicente, Tiago Ferreira, Miguel Azenha e Hugo Rodrigues

Aplicação BIM na conservação de edifícios de valor patrimonial 789
Alcínia Zita Sampaio, Alberto Sánchez, Patricia Zulueta e Cristina Gonzalez

Historic Building Information Modelling (HBIM): Modelação paramétrica e arquivo de documentação 801
Alcínia Zita Sampaio, António Mendes Pinto e Augusto M. Gomes

Implementación de algoritmos de clasificación y de regresión de tipo árbol en H-BIM para la gestión de edificios históricos 813
David Bienvenido-Huertas, Miguel José Oliveira, Juan Moyano, Carlos E. Rodríguez-Jiménez e David Marín

Revestimentos armados como solução de reabilitação sísmica de paredes de alvenaria de edifícios antigos 825
A. I. Marques, M. R. Veiga, P. X. Candeias e J. G. Ferreira

Perspectivas e ferramentas para soluções mais eficientes e práticas mais sustentáveis na conservação do património cultural 829
Maria João Revez, Nuno Proença e Paola Coghi

Fluxo de trabalho Laserscan-BIM aplicado à conservação e reabilitação do património 841
André Azevedo, Joel Ribeiro e Tiago Campelo

Palácio dos Reis, a reabilitação da sua história e o contributo da imagem multiespectral 851
Duarte Henriques, Jani dos Santos, Sara Martins, Vassilis Papadakise Francisco Carvalho

Análise da viabilidade de construção em terra nos Açores 861
Marco Andrade, Soraya Genin, Maria Fernandes e António Santos Silva

Inspeção, levantamento e diagnóstico, para suporte à conservação e reabilitação de edifícios 865
Susana Fernandes e Tiago Ribeiro

BIM aplicado às edificações existentes – Desafios e oportunidades na gestão de informação 875
Marcio Mortoni Silva e João Pedro Couto

Entre 'analógico' e 'digital': Metodologias de levantamento, documentação e interpretação da Igreja de São Pedro das Águias (Tabuaço) 885
Teresa Cunha Ferreira, Maria Leonor Botelho e Ricardo Dias

Desempenho de argamassas com escória de Forno Panela, utilizadas na reabilitação de edifícios históricos 889
Tayná Fracão da Silva, Gisleiva Cristina dos Santos Ferreira, Daiana Stucki e Vanessa Ferreira Roche Pereira

eCOStly – Plataforma para a avaliação da vida útil de soluções construtivas 901
Paulo Ribeirinho, Fernanda Rodrigues, Raquel Matos e Hugo Rodrigues

BIM em intervenções de conservação e de reabilitação do património: Uma aplicação ao Palácio Nacional de Sintra 915
Rita Machete, Márcia Godinho, Madalena Ponte, Rita Bento, Ana Paula Falcão e Alexandre Gonçalves

Ancoragem química em reabilitação de edifícios antigos de alvenaria 919
Bárbara Campelo, Vasco Appleton, Nuno Travassos e Teresa Santos

TEMA 5 - Habitação e Cidade: Políticas de Regulação e Preservação

Novos instrumentos de reabilitação urbana: repercussões na cidade de Viseu 925
Miguel Branco-Teixeira

Áreas mínimas da habitação na reabilitação de edifícios. Análise das exigências definidas na Portaria n.º 304/2019 937
João Branco Pedro

Exigências funcionais da habitação e da edificação em conjunto aplicáveis às obras em edifícios existentes. Análise comparativa entre a Portaria n.º 304/2019 e o RGEU 949
João Branco Pedro

Sociedade Martins Sarmento: Um caso de estudo voltado para reabilitação do património edificado 961
Matheus Bento Correia , Marta Mayer Feitosa de Oliveira e Jorge M. Branco

Evolución de las políticas de rehabilitación y regeneración urbana en Madrid (1994-2018). De las áreas de rehabilitación preferente (ARP) al plan estratégico de regeneración urbana madrid recupera 973
Francisco Javier González González

Reabilitar o espaço público com adolescentes: Ideias cocriativas para uma praça em frente da escola 977
Marluci Menezes, Joana Solipa Batista e Carlos Smaniotto Costa

Criando consciência ambiental e patrimonial: o azulejo como oportunidade cocriativa para reabilitar o espaço público 989
Marluci Menezes

TEMA 6 - Gestão e Manutenção do Ambiente Construído e do Património com Valor Cultural

Projeto Pinte Seu Patrimônio: Uma prática de preservação e cidadania 995
Ana Cláudia Fonseca

O centro histórico de Poços de Caldas/MG: O caso do quadrilátero do Complexo Hidrotermal e Hoteleiro 999
Anamaria Canuto Sales de Oliveira e Ana Paula Farah

Enquadramento para a definição de CICS: Comparação entre Portugal e o Brasil 1003
Paula Couto, Maria João Falcão Silva e Álvaro Vale e Azevedo

Avaliação Pós-Ocupação (APO) aplicada a áreas de guarda de acervos na cidade de São Paulo, Brasil 1011
Juliana Bechara Saft e Sheila Walbe Ornstein

Levantamento de requisitos teóricos para determinação do custo do ciclo de vida na gestão de ativos físicos 1023
Maria João Falcão Silva, Filipa Salvado, Paula Couto e Catarina Simões

Metodologias de apoio à decisão em projetos de investimento de reabilitação do património edificado: Análise comparativa 1031
Maria João Falcão Silva, Filipa Salvado e Álvaro Vale e Azevedo

Identificação e proposta de externalidades para análises custo-benefício 1043
Maria João Falcão Silva, Filipa Salvado e Álvaro Vale e Azevedo

Indicadores económicos de intervenções em reabilitação de edifícios 1051
ilipa Salvado, Nuno Almeida e Álvaro Vale e Azevedo

Implementação de um sistema de gestão de ativos baseado em modelos BIM 1059
Maria João Falcão Silva, Paula Couto e João Hormigo

Facility management: Novo paradigma através da criação de valor às organizações 1069
Marta Mayer Feitosa de Oliveira e Matheus Bento Correia

Identificación de las causas de contaminación cromática de las fuentes del patio de Museo Sorolla, Madrid .. 1079
Jacek Wierzchos, Asunción de los Ríos e Carmen Ascaso

Gestão e manutenção do ambiente construído 1081
André Azevedo, André Silva, Jorge Mota e Tiago Campelo

Habitação coletiva de promoção cooperativa, sustentabilidade e autenticidade 1093
Vanda Matos e Carlos Alho

Conceitos e metodologias nas intervenções da World Monuments Fund, em Portugal 1105
José Delgado Rodrigues, Isabel Cruz Almeida, A. Elena Charola, Fernando M. A. Henriques e Teresa Veiga de Macedo

Casa do Regalo, gabinete de Ex-Presidente 1117
Pedro Vaz e Bárbara Massapina

Convento do Sacramento, gabinete de Ex-Presidente 1129
Pedro Vaz e Bárbara Massapina

Manutenção de sistemas e equipamentos de SCI em estabelecimentos escolares do 1.º ciclo 1141
Sónia Raposo e António Leça Coelho

Medidas preventivas e corretivas de anomalias relacionadas com a durabilidade de edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado 1153
José Miranda Dias, Maria Paula Rodrigues, Sónia Raposo, Maria João Henriques e Luis Matias

O uso religioso e a valorização patrimonial das ermidas eborenses 1165
Virgínia Glória Nascimento, Fernando António Baptista Pereira, António Candeias e Alice Nogueira Alves

Descobrir a Rosa dos Ventos – A implementação de um projeto de valorização e preservação 1177
Alice Nogueira Alves, Miguel Gomes e Manuel Francisco C. Pereira

Reabilitação do Palácio Foz 1189
Sónia Rapaz

Os custos de manutenção de edifícios 1199
Sónia Raposo

Sistematização de custos de trabalhos de reabilitação de paredes de alvenaria antigas.....1211
Filipa Salvado, Maria João Falcão Silva, Ana Marques, Álvaro Vale e Azevedo e Rosário Veiga

Risco nas estratégias de manutenção de edifícios 1223
Rui Calejo Rodrigues e Patrícia Fernandes Rocha

TEMA 7 - Reabilitação: uma Prática Integrada

Avaliação cultural e ambiental da reabilitação de edifícios habitacionais urbanos.....1235
Joana Mourão

Análise financeira a incorporar em análise custo-benefício aplicada à reabilitação de edifícios escolares públicos 1239
Filipa Salvado, Maria João Falcão Silva e Paula Couto

Tecnologias e custos em intervenções de reabilitação: Aplicação a edifícios escolares 1245
Paula Couto, Maria João Falcão Silva, Manuel Baião e Fernando Pinho

Reforma de vivienda en el Poblado Dirigido de Fuencarral (Madrid).....1255
Jesús García Herrero

Reabilitação de edifícios escolares: Viabilidade, exigências regulamentares e identidade.....1267
André Santos e Joana Sousa

Património escolar: Reabilitação como estratégia de gestão 1279
André Santos e Francisca Mendonça

Thermal retrofit of historic massive walls in temperate climates: Risks and opportunities 1291
Magda Posani, Maria do Rosário Veiga e Vasco Peixoto de Freitas

O enxaimel e a arquitetura da imigração no Espírito Santo, Brasil.....1305
Luiz Ribeiro e Flora Kiefer

Reabilitação arquitectónica e património: Catedral de Portalegre 1317
Ana Paula Pinheiro e Rui Barreiros Duarte

Reabilitação arquitetônica como ferramenta de memória: Estudo de caso do casarão n.º 336.....1321
Isabella Matos, Lívia Serra, Taynah Pacífico e Lúcia Nascimento

Vila Sanhauá em João Pessoa – PB – Brasil: Estudo de caso para a requalificação de centros históricos na América Latina 1329
Pier Paolo Bertuzzi Pizzolato

Construir sobre o construído: Levantamento não destrutivo e diagnóstico integrado para intervenção no patrimônio edificado.....1331
Guilherme Micheline Valter Caldana

La vivienda social del siglo XX como patrimonio urbano. Ejemplo de actualización en Madrid, Colonia Juan XXIII.....1341
María Antonia Fernández Nieto e Jorge Gallego Sánchez-Torija

Reflexões em torno do uso de novas tecnologias e metodologias de sensorização e monitoramento do patrimônio cultural na área central de São Paulo 1351
Guilherme Michelin, Ricardo Medrano, Bruno de Figueiredo e Felipe dos Anjos

Parâmetros tectônicos na preservação de edifícios: Estudo de caso na arquitetura de Norman Foster 1363
Mafalda Fabiene Ferreira Pantoja, Rui Humberto Costa Fernandes Póvoas, João da Costa Pantoja e Beatriz Reis Cunha Moura

Comportamento de argamassas de cal aplicadas sobre tijolo maciço e pedra calcária.....1375
Isabel Torres, Inês Flores-Colen e João Braz

Avaliação de edifícios de habitação existentes considerando as exigências da norma de desempenho NRB 15.575 1385
Milton Vilhena Granado Júnior, Sasquia Hizuru Obata e Carolina de Rezende Maciel

Palácio Foz: Caracterização do estado de conservação da caixilharia e das condições acústicas, térmicas e de iluminação 1397
Jorge Patrício, Luis Matias, António Santos, Odete Domingues e Dulce Franco

Análise e consolidação estrutural de edifício antigo em Alfama, Lisboa 1409
Marco Caires e Paula Lamego

Critérios de intervenção com suporte de relatório prévio. O caso de estudo do Castelo de Portel 1421
Aníbal Costa, Alice Tavares Costa e Adalberto Dias

Gestão e manutenção do património cultural da humanidade em Portugal - Caso de estudo da empreitada de reabilitação dos carrilhões e torres sineiras do Palácio Nacional de Mafra 1427
Manuel Brazão Farinha, Rui Araújo, Rui Oliveira, Albertina Rodrigues, Luís Marreiros, Filipe Ferreira, Belmiro Xavier e Inês Menezes

Os revestimentos ajardinados na reabilitação do edificado urbano: Avaliação económica..... 1439
Inês Teotónio, Cristina Matos Silva, Carlos Oliveira Cruz e Maria Manso

O patrimônio da arquitetura sanatorial do século XX: O caso do Hospital Sanatório Santa Terezinha (Salvador – Bahia – Brasil)..... 1447
Patrícia Marins Farias e Antônio Pedro Alves de Carvalho

Reabilitação da sede do Banco de Portugal..... 1459
Rui Luis Furtado Marques e Rui Miguel Alves Silva

Reabilitação do Edifício Ivens Arte 1463
Rui Miguel Alves Silva e Fatima de Llera

Potencialidades e condicionantes do novo regime aplicável à reabilitação de edifícios e frações autónomas.. 1467
José Mendes da Silva e Catarina Mouraz

VISITAS TÉCNICAS

Paço e Quinta de Valflores..... 1479
Biblioteca Municipal de Alcântara..... 1481
Muralhas de Conímbriga 1483
Igreja de São Vicente de Abrantes 1485

ENCORE 2020

4º encontro de conservação
e reabilitação de edifícios



CONFERÊNCIAS

A IMPORTÂNCIA DE UM RELATÓRIO DE INSPEÇÃO NO DIAGNÓSTICO E APOIO A SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO

THE IMPORTANCE OF AN INSPECTION REPORT IN DIAGNOSIS AND SUPPORT FOR REHABILITATION SOLUTIONS



Aníbal Costa

Professor Catedrático do Dep. Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Portugal, agc@ua.pt

RESUMO

A degradação da resistência e das condições de salubridade do património são fatores importantes responsáveis por perdas a nível cultural, económico e social. Contudo, existem outros fatores de perda relevantes, cuja avaliação tem sido negligenciável e que são as intervenções erróneas no edificado existente, por proprietários, agentes e responsáveis culturais ou governamentais que subavaliando o impacto ou a necessidade de uma intervenção qualificada que se oriente por princípios internacionais de proteção, acabam por contribuir para o desaparecimento desse património, e para a perda irreversível de valor cultural, histórico e das técnicas de construção antigas. O que se tem verificado é que por falta de conhecimento dos materiais e dos sistemas construtivos existentes no edificado antigo, concomitantemente com uma falta de regulamentação adequada, na prática, os técnicos "fogem" para a sua área de conforto (sistemas construtivos vigentes) e procedem à demolição do interior do edificado, deixando apenas, na maioria dos casos a fachada principal. Uma prática que apesar de ser repudiada por diversos documentos internacionais da UNESCO e ICOMOS tem sido aceite e/ou promovida pelos municípios. Assim, os técnicos procedem à dita "reabilitação" através de uma construção nova, preservando muito pouco do valor patrimonial do edifício existente. Verifica-se desta forma que o entendimento do valor patrimonial cultural do mesmo, no seu conjunto, volumetria, interior, estrutura, muito para além da fachada é esquecido, fazendo desaparecer da memória coletiva, materiais e sistemas construtivos que as gerações vindouras não terão a oportunidade de conhecer. Somos assim responsáveis, enquanto coletivo de pugnar pela manutenção do património com valor cultural, histórico ou social, ou pelo menos procurar deixar pelo menos uma memória virtual, sendo para o efeito fundamental a elaboração de Relatórios de Inspeção e Diagnóstico (RID) e noutros casos pelo menos o registo dos elementos fundamentais nos processos de demolições. Pretende-se com este trabalho apresentar alguns exemplos de Relatórios de Inspeção e Diagnóstico (RIDs) onde se pretende evidenciar o trabalho que tem vindo a ser desenvolvido para conhecer o construído utilizando para o efeito os meios técnicos disponíveis e a experiência dos técnicos envolvidos de modo a que o RID seja o mais aprofundado possível e que possa ser de muita utilidade para a equipa envolvida no projeto.

Palavras-chave: Relatório de Inspeção / Diagnóstico / Apoio / Soluções de Reabilitação

1. INTRODUÇÃO

A degradação da resistência e das condições de salubridade do património são fatores importantes responsáveis por perdas a nível cultural, económico e social. Contudo, existem outros fatores de perda relevantes, cuja avaliação tem sido negligenciável e que são as intervenções erróneas no edificado existente, por proprietários, agentes e responsáveis culturais ou governamentais que subavaliando o impacto ou a necessidade de uma intervenção qualificada que se oriente por princípios internacionais de proteção, acabam por contribuir para o desaparecimento desse património, e para a perda irreversível de valor cultural, histórico e das técnicas de construção antigas. O que se tem verificado é que por falta de conhecimento dos materiais e dos sistemas construtivos existentes no edificado antigo, concomitantemente com uma falta de regulamentação adequada, na prática, os técnicos "fogem" para a sua área de conforto (sistemas construtivos vigentes) e procedem à demolição do interior do edificado, deixando apenas, na maioria dos casos a fachada principal. Uma prática que apesar de ser repudiada por diversos documentos internacionais da UNESCO e ICOMOS tem sido aceite e/ou promovida pelos municípios. Assim, os técnicos procedem à dita "reabilitação" através de uma construção nova, preservando muito pouco do valor patrimonial do edifício existente. Verifica-se desta forma que o entendimento do valor patrimonial cultural do mesmo, no seu conjunto, volumetria, interior, estrutura, muito para além da fachada é esquecido, fazendo desaparecer da memória coletiva, materiais e sistemas construtivos que as gerações vindouras não terão a oportunidade de conhecer. Somos assim responsáveis, enquanto coletivo de pugnar pela manutenção do património com valor cultural, histórico ou social, ou pelo menos procurar deixar pelo menos uma memória virtual, sendo para o efeito fundamental a elaboração de Relatórios de Inspeção e Diagnóstico (RID) e noutros casos pelo menos o registo dos elementos fundamentais nos processos de demolições.

Pretende-se com este trabalho apresentar alguns exemplos de Relatórios de Inspeção e Diagnóstico (RIDs) onde se pretende evidenciar o trabalho que tem vindo a ser desenvolvido para conhecer o construído utilizando para o efeito os meios técnicos disponíveis e a experiência dos técnicos envolvidos de modo a que o RID seja o mais aprofundado possível e que possa ser de muita utilidade para a equipa envolvida no projeto. Deve-se referir que estes Relatórios que frequentemente eram desconhecidos do meio técnico, nomeadamente dos arquitetos e das entidades oficiais, começa, felizmente, a ser um procedimento comum no início de um processo de intervenção numa construção existente.

Estes Relatórios são indispensáveis para a intervenção em monumentos uma vez que o Decreto Lei n.º 140/2009, que estabelece o regime jurídico dos estudos, projetos, relatórios, obras ou intervenções sobre bens culturais classificados de interesse nacional, de interesse público, ou de interesse municipal, exige que para a intervenção no património seja entregue um Relatório Prévio, onde no artigo 15.º define os elementos que devem constar desse Relatório Prévio explicitando que o mesmo deve incidir sobre os seguintes aspetos:

a. Critérios que fundamentem as obras ou intervenções de reconstrução, ampliação, alteração e conservação propostas;
b. Adequação das obras ou intervenções em relação às características do imóvel, tendo em conta o grau de classificação de interesse nacional, de interesse público ou de interesse municipal, bem como o interesse cultural que a fundamenta, designadamente o interesse histórico, arquitetónico, artístico, científico, social ou técnico;
c. Compatibilidade dos sistemas e materiais propostos em relação aos existentes;
d. Avaliação dos benefícios e riscos das obras ou intervenções propostas;

e. Consequências das obras ou intervenções no património arqueológico;
f. A utilização proposta para o imóvel;
g. Bibliografia e fontes documentais relevantes no âmbito das obras ou intervenções propostas;
h. Levantamento fotográfico ou videográfico geral, de conjunto e de detalhe do interior e do exterior.

Como é compreensível as respostas a algumas destas alíneas passam pela elaboração do RID que irá permitir conhecer os materiais e os sistemas construtivos existentes e assim ajudar na elaboração do Relatório Prévio.

Assim, o Relatório de Inspeção e Diagnóstico coadjuvado pelas propostas de Arquitetura, que serão desenvolvidas em função do programa base fornecido pelo dono de obra, ou pelos seus representantes, permitirá a concretização do Relatório Prévio.

2. RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO

A elaboração do RID começa, normalmente, por uma visita inicial à construção, para recolha dos dados iniciais, conversa com o dono de obra, no sentido de obter o máximo de informação sobre a construção – é muito importante tentar saber a história da construção, principalmente quem construiu a casa e em que data, para pesquisa em arquivo. De facto, a fim de respeitar a história que confere um carácter por vezes único à edificação em apreço, as inspeções devem ser acompanhadas de um levantamento histórico que permita datar a construção, analisar o seu percurso, as alterações e outras intervenções sofridas no tempo, de modo a melhor compreender o seu estado atual (Guedes *et al.,* 2002). Esse levantamento inclui visitas ao local, conversas com os proprietários e/ou pessoas ligadas à edificação, recolha arquivística de elementos históricos escritos ou fotográficos e consultas de especialistas (Costa *et al.*, 2002). Para permitir que a intervenção seja a menos intrusiva possível a inspeção e o diagnóstico deverão ser exaustivos, ou seja procurar-se obter o máximo conhecimento sobre a história da construção, no que refere a materiais e sistemas construtivos.

Caso não exista levantamento topográfico e arquitetónico deve-se começar por os realizar e só depois marcar a inspeção à construção. As conclusões da inspeção funcionam como um ponto de partida para a fase seguinte do trabalho, o diagnóstico.

Na fase de diagnóstico procuram-se estabelecer relações causa – efeito, ou seja, procura-se compreender quais os fenómenos que podem contribuir para que a intervenção apresente problemas de comportamento no futuro, que possam comprometer a operacionalidade da solução. Para além disso, pretende-se, ainda nesta fase, avaliar se algumas das soluções arquitetónicas são viáveis e se são estáveis e duradouras.

A análise da informação proveniente desta reflexão tem uma importância muito relevante, funcionando como instrumento base para esta fase do trabalho. A partir desta análise estabelece-se o conjunto de princípios da solução e esta será apresentada às entidades competentes para aprovação.

Independentemente de serem (ou não) todos considerados num dado caso específico apresenta-se o índice de um exemplo-tipo de um Relatório de Inspeção e Diagnóstico que normalmente é elaborado, na fase de estudo prévio e que permite à equipa de arquitetura tomar as decisões mais adequadas na elaboração dos projetos de licenciamento e de execução (Costa *et al.*, 2002).

1. Introdução

2. Breve descrição do edifício

3. Antecedentes

4. Levantamento – Plantas, Alçados e Cortes

5. Mapas

5.1. Mapas de Compartimentos

5.2. Mapas de Vãos

5.3. Mapa de Sondagens

6. Estrutura do Edifício e Materiais Estruturais

6.1. Identificação das Paredes

6.2. Breve descrição

6.3. Peças desenhadas: Plantas e Cortes

7. Materiais de Revestimento

7.1. Breve descrição

7.2. Peças desenhadas: Plantas e Cortes

7.3. Tabelas

8. Anomalias

8.1. Introdução

8.2. Anomalias dos Compartimentos e Alçados

8.3. Causas

9. Verificação da Segurança Estrutural

9.1. Avaliação da Integridade dos Elementos Estruturais de Madeira com a Utilização do Resistograph®

9.2. Verificação da segurança dos Elementos Estruturais de Madeira

10. Instalações Prediais

10.1. Situação Existente

11. Proposta de Intervenção

11.1. Estruturas

11.2. Instalações Prediais

11.3. Materiais

11.3.1. Estuque

11.3.2. Rebocos

11.3.3. Granitos

11.4. Outros

11.4.1. Serralharia

11.4.2. Limpeza de Vegetação

12. Mapas de fotos complementares

Bibliografia

Os aspetos mencionados, não sendo exaustivos da prática de inspeção e diagnóstico, configuram um conjunto de etapas importantes a ter em conta e que, em larga medida, constituem a metodologia adotada nos diversos casos práticos que têm vindo a ser tratados ao longo dos últimos anos. De realçar que um aspeto fundamental a ter em conta neste tipo de trabalhos é o que se refere à proposta de intervenção, que normalmente tem em linha de conta o estudo prévio de arquitetura e permite conjugar o conhecimento obtido na procura da melhor solução de intervenção, já que este tipo de intervenção, para ser bem-sucedida deve traduzir o trabalho de equipa de projeto.

Este tipo de intervenção exige ainda empresas vocacionadas para a natureza de trabalhos – que estejam habituados a usar tecnologias apropriadas e que possam interatuar com a equipa projetista – já que no decorrer da obra surgem normalmente situações que obrigam a medidas especiais ou a alterações importantes que devem ser explicadas e apreendidas de uma forma célere e eficiente pelas pessoas responsáveis pela obra.

3. EXEMPLOS DE RELATÓRIOS DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO

A intervenção associada aos processos de reabilitação do património edificado tem esbarrado na dificuldade de caracterizar e identificar o património corrente. Referimo-nos ao edificado corrente com valores patrimoniais que tantas formas e designações tem tomado: património vernacular, património moderno, construções urbanas correspondentes a um tipo e suas variantes (como as casas burguesas portuenses ou as construções pombalinas), património industrial, bairros operários, entre outros.

Este património não-classificado tem, no caso de intervenção, um enquadramento legal (e muitas vezes programático) praticamente idêntico a qualquer construção nova – situação absurda que deixa estas construções à mercê de critérios economicistas e exigências regulamentares desajustadas. São visíveis nas cidades as consequências negativas deste quadro contribuindo para a destruição irreversível da sua identidade.

Urge enquadrar devidamente a atuação sobre uma pré-existência onde se reconheça valor(es), sob pena de os perder irremediavelmente. Importa por isso documentar práticas, valores e não-valores deste património, metodologias, conhecimento, projetos ou transformações que integrem pré-existências.

Iremos apresentar alguns casos de obra onde previamente se fez o Relatório de Inspeção e Diagnóstico e que foi fundamental para se conseguir que o custo da obra e o prazo fossem controlados e que as obras corressem de forma adequada. Estas obras tinham programas distintos e custos de construção muito controlados.

3.1. Casa Belos Ares

Esta casa burguesa portuense do tipo liberal encontrava-se num estado de conservação razoável (Costa, 2013b) (Figura 1). Foi possível recuperar e integrar inúmeros valores existentes (compartimentação, vãos, sistema construtivo, revestimentos, …), corrigindo anomalias e más intervenções realizadas ao longo do tempo.



Fig. 1 – Vistas Gerais da Casa Belos Ares

No piso 0 verificou-se a existência de paredes em granito, com vários elementos de cantaria em portas e janelas. Também se confirmou que as paredes exteriores eram rebocadas com barro e cal.

No piso 1 foi possível verificar a existência de paredes em granito (algumas delas revestidas a azulejo), em tabique, em madeira e em tijolo. Os pisos eram todos em madeira, com exceção da cozinha e do quarto de banho contíguo, alguns revestidos a alcatifa, outro a linóleo. O piso da cozinha era realizado em laje de betão armado e o do quarto de banho contíguo em granito.

No piso 2 foram realizadas sondagens às vigas de madeira do piso. Estas sondagens permitiram concluir que o pavimento é praticamente todo realizado em madeira, com exceção de dois compartimentos – um era revestido a tijoleira com duas texturas e outro era em betão. Os tetos estavam realizados em estuque com moldura lateral em gesso pintado a branco embora alguns dos compartimentos tivessem moldura central.

A visualização das vigas de madeira que realizavam os pisos e a possibilidade de efetuar uma série de ensaios com o Resistograph® (Figura 2), permitiu que se aproveitasse a quase totalidade das vigas de madeira, com reforço pontual em algumas situações. A estrutura portante estava em boas condições, com exceção de uma parede de tabique, que separava a escada principal da sala e que dava apoio ao piso do 2.º andar. Esta parede apresentava uma deformação pronunciada para fora do plano e esmagamento de uma ombreira da porta de acesso à sala, Figura 3. A intervenção neste caso passou pelo reforço pontual da parede, mas o material e o sistema construtivo, mantiveram-se os mesmos, Figura 4.



Fig. 2 – Ensaio com o Resistograph®



Fig. 3 – Casa Belos Ares - deformação visível da parede de tabique



Fig. 4 – Casa Belos Ares - reforço da parede de tabique

No piso 2, pavimento do 2.º andar e teto do 1.º, era praticamente impossível o acesso ao sistema construtivo usado para a realização do pavimento, atendendo à qualidade dos tetos em gesso em presença e à excelência do soalho, nomeadamente nos compartimentos à face do arruamento. Para ser possível o acesso aos elementos estruturais do piso as sondagens tiveram de ser feitas através do soalho do pavimento do 2.º andar, por tentativas e tendo em conta a implantação tradicional da estrutura desses mesmos pavimentos. Esta operação obrigou igualmente à realização de uma série de ensaios com o Resistograph®, tendo sido possível não só a compreensão do sistema estrutural, como a caracterização geométrica e mecânica das vigas de madeira que compõem o pavimento, Figura 5.

Em praticamente todos os pisos foi possível visualizar os materiais que compõem as paredes resistentes e algumas paredes não estruturais. Em certos casos recorreu-se a sondagens com ferramentas específicas.

Na cobertura teve-se acesso à cobertura do corpo alongado posterior e aí foi possível visualizar uma estrutura de cobertura tradicional, com asnas, varas e ripas, que dão apoio a telha marselha, Figura 6.

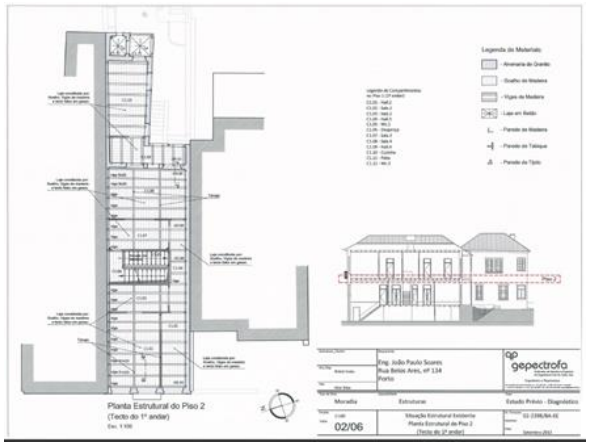


Fig. 5 – Casa Belos Ares - planta estrutural do piso 2



Fig. 6 – Casa Belos Ares - asna de cobertura

Por último, importa reforçar a importância da utilização do Resistograph® em zonas especificamente escolhidas. O Resistograph® é um instrumento que relaciona a energia despendida pela penetração de uma agulha a velocidade constante com a resistência da madeira à perfuração e que permite obter uma avaliação das zonas dos elementos de madeira que apresentam degradações, podridões ou vazios internos, e assim definir secções residuais úteis. Através da realização dos ensaios com este equipamento procurou-se, mais do que estimar propriedades mecânicas, analisar a eventual existência de apodrecimento do interior da secção transversal das peças.

A maioria das sondagens efetuadas nas paredes consistiu em observação direta das mesmas, dado o fato de a maioria delas estarem aparentes e na visualização através de prospeções efetuadas em locais específicos. Tais prospeções, sendo efetuadas a diversas cotas facilitaram a perceção das diferentes camadas de materiais, sua espessura e altura. Foi possível verificar que a quase totalidade das paredes exteriores era realizada em granito, encontrando-se a maior parte rebocadas, com cerca de 2,5 cm de espessura, a argamassa de barro e cal, e pintadas. As exceções estão no tardoz: a parede da fachada posterior é parcialmente realizada em estrutura de madeira, fasquio e chapa com um tramo mais recente em tijolo vazado simples. As paredes interiores são em tijolo, madeira e granito no piso 0, em tabique e granito no piso 1 e em tabique e granito no piso 2.

A intervenção mais (ou menos) visível foi a reposição do revestimento em ardósia no tardoz, Figura 7. Nas Figuras 8 e 9 apresentam-se duas imagens da obra acabada.



Fig. 7 – Casa Belos Ares – reposição do revestimento em ardósia no tardoz



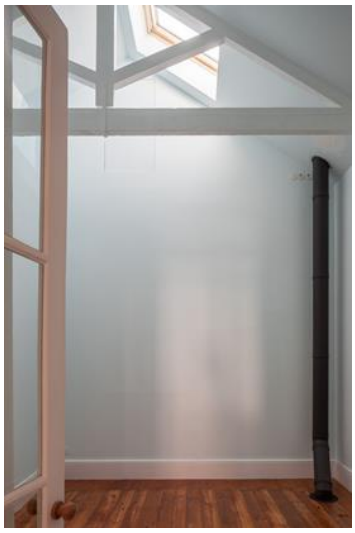


Fig. 8 e Fig. 9 – Casa Belos Ares – obra acabada

3.2. Casa Salabert

Trata-se da casa rural de apoio à quinta que pertenceu à família Andresen, hoje Jardim Botânico do Porto. Ocupada desde os anos 50 do século passado pela Universidade do Porto (UP), a construção foi sendo adulterada e ampliada ao longo dos tempos (Costa, 2014). A proposta de arquitetura recupera a mancha de implantação da casa documentada em 1925 e liberta os espaços interiores para salas de estudo que integram o E-learning Café do polo do Campo Alegre da UP, demolindo-se as construções anexas. Recuperou-se ainda a sua relação com os espaços exteriores e a integração no Jardim Botânico.

A existência de teto falso na maior parte dos compartimentos não permitia a visualização nem o acesso direto aos elementos estruturais do teto do rés do chão, ou seja, do piso do 1.º andar. Neste caso foi necessário, em grande parte dos compartimentos, proceder à remoção de algumas partes desse teto para ser possível essa visualização e o acesso aos elementos, sendo assim possível efetuar medidas dos componentes e proceder a ensaios localizados com o já referido Resistograph®. No teto do 1.º andar a situação repetiu-se.

Através destes acessos foi igualmente possível visualizar a estrutura do pavimento do piso 1, compreendendo o seu funcionamento estrutural e os materiais constituintes. Também neste piso foi possível visualizar os materiais

que compõem as paredes resistentes e de algumas paredes não estruturais. Esta facilidade de acesso também permitiu fazer uma campanha de ensaios com o Resistograph® em zonas especificamente escolhidas.

Parte deste piso é realizado com uma estrutura de betão armado formado por lajes aligeiradas e vigas que apoiam em pilares. Noutras zonas a laje apoia diretamente nas paredes de alvenaria de pedra. O corpo situado a norte é todo realizado em estrutura porticada de betão armado.

A inspeção efetuada à cobertura permitiu confirmar que esta era em estrutura de madeira, verificando-se numa zona a existência de uma treliça em estrutura metálica que teria sido introduzida para reforçar a viga principal que dá apoio ao teto desse compartimento.

Estas sondagens mostraram-se decisivas para o entendimento do funcionamento da estrutura de suporte dos tetos e os seus componentes.

As prospeções efetuadas, em locais específicos das paredes e a diversas cotas, facilitaram a perceção das diferentes camadas de materiais, sua espessura e altura. Para o mesmo efeito, foram ainda aproveitadas algumas falhas existentes nas paredes (devidos a queda de material ou executados anteriormente).

A partir da cobertura, foi possível confirmar os materiais constituintes das paredes (alvenaria de pedra ou madeira) e a sua espessura.

A partir do sótão (piso 2), para além da visualização da estrutura de suporte do teto do piso 1, compreendeu-se o funcionamento estrutural da própria cobertura. Da mesma forma, foi possível verificar o estado de conservação dos vários componentes da cobertura: asnas, madres, ripas, forro, etc.

Mais uma vez não se efetuaram sondagens às fundações uma vez que não se previa alterar a grandeza das cargas em jogo, nem eram visíveis anomalias que indiciassem problemas de assentamentos de fundações. Na Figura 10 apresenta-se um exemplo dos resultados obtidos nas sondagens efetuadas que permitiram a elaboração da planta estrutural do primeiro piso e na Figura 11 a solução proposta para a cobertura onde se aproveitou a maior parte dos elementos existentes – incorporando a proposta arquitetónica.

A execução da obra permitiu confirmar que as soluções construtivas existentes e os próprios materiais eram próprios de uma construção secundária, de apoio à principal. Como se pode na Figura 12 a parede de alvenaria ordinária era de má qualidade e a maior parte das madeiras e as fundações nas mesmas na altura da execução eram muito más o que obrigou ao seu reforço, Figura 13.

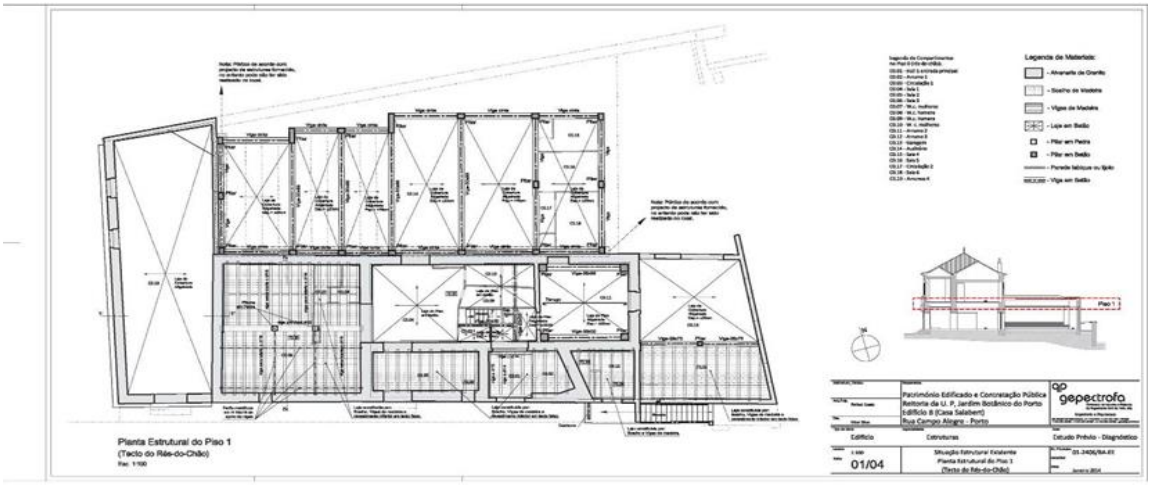


Fig. 10 – Casa Salabert – levantamento Estrutural do primeiro piso

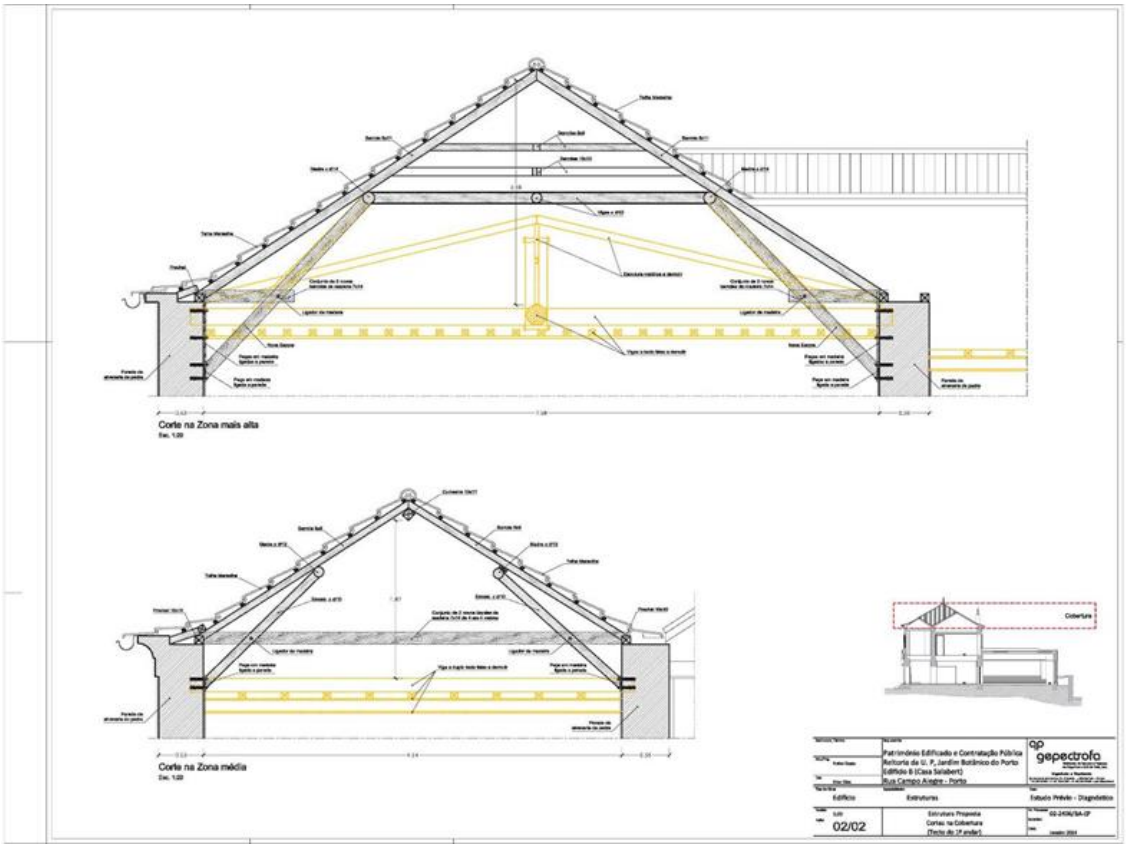


Fig. 11 – Casa Salabert – nova cobertura



Fig. 12 – Casa Salabert – vista geral das paredes de alvenaria



Fig. 13 – Casa Salabert – fundações das paredes de alvenaria

Na Figura 14 e na Figura 15 apresentam-se imagens da obra acabada, realçando-se na Figura 14 a utilização dos materiais e das soluções construtivas tradicionais.



Fig. 14 – Casa Salabert – vista geral da obra acabada



Fig. 15 – Casa Salabert – vista interior de uma sala acabada

3.3. Igreja de São Francisco - Évora

No caso de intervenções no património monumental deve-se ter como princípio procurar contribuir para a manutenção da sua integridade e autenticidade. Assim, quando se define numa primeira fase a estratégia de intervenção, o respeito pelos materiais e sistemas construtivos existentes deve ter subjacente a compatibilização entre a inovação do presente e o legado do passado, mesmo quando se introduzem materiais e técnicas novas. Estas intervenções devem ser sempre efetuadas com equipas multidisciplinares, que incluam técnicos das diversas áreas do conhecimento, como a arquitetura, a história, a arqueologia, o paisagismo, a conservação e restauro e outras especialidades, que respondam de forma qualificada às necessidades da prática da reabilitação. Deve-se entender que a atuação no património monumental obriga a que se tenha uma visão integradora, para além do objeto em si e de forma coordenada.

Neste caso particular foi mais uma vez realizado um Relatório de Inspeção e Diagnóstico (Costa, 2012) que deve ser o mais completo possível, embora se entenda que em obras monumentais, os condicionalismos existentes para a inspeção sejam imensos. Neste caso particular e referindo apensa um aspeto particular da intervenção, a da Capela dos Ossos, era praticamente impossível ter acesso às paredes e à laje de teto e por esse motivo as alterações funcionais devem ser antecipadamente avaliadas e apenas adotadas quando se garantem bons níveis de compatibilidade. Neste caso pretendia-se transformar a cobertura da Capela dos Osso num espaço museológico e o conhecimento dos sistemas construtivos e dos materiais existentes era nulo e o acesso a esse conhecimento era muito limitado. Por outro lado, havia uma premissa muito importante que era a de que a Capela dos Ossos nunca poderia ser colocada em causa, bem como o seu valor de Património cultural, o confronto apresentava-se na avaliação da compatibilização com a instalação de uma nova função, exigente do ponto de vista estrutural e com uma dificuldade acrescida na avaliação de forma não intrusiva do existente para este efeito. A Capela dos Ossos apresenta uma tipologia retangular composta por três naves de quatro tramos, sendo cobertas por abóbadas de aresta que se apoiam em pilares ritmadamente distribuídos, Figura 16. As paredes são todas cobertas de ossos pelo interior e, pelo exterior as dificuldades de acesso eram acrescidas pelo facto de que confinavam em todos os lados, com outros proprietários, não permitindo um acesso franco. Sendo por este motivo muito difícil a execução de sondagens, que permitissem identificar os materiais e praticamente impossível determinar as suas características mecânicas ou dos elementos estruturais dos quais eles eram parte integrante.



Fig. 16 – Capela dos Ossos (créditos: Aníbal Costa)

A viabilização da solução passou pela realização de um ensaio de carga que consistiu na avaliação da resposta estrutural de um conjunto de abóbadas da Capela dos Ossos ao longo de um carregamento gradual, até se atingirem 350 kg/m^2 (Costa *et al.*, 2014). Foi feito o registo dos deslocamentos verticais em vários pontos e avaliada a eventual formação de fissuras. Após o carregamento foi retirada toda a carga para avaliação da recuperação das deformações. A aplicação da carga foi feita recorrendo a sacos de cimento.

O ensaio de carga, realizado pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, consistiu no carregamento da abóbada, até uma carga de pelo menos 350 kg/m^2. Foi carregada uma zona correspondente a metade da área total da abóbada, através da colocação de sacos de cimento, uniformemente distribuídos na área carregada (ver Figuras 17a e 17b).

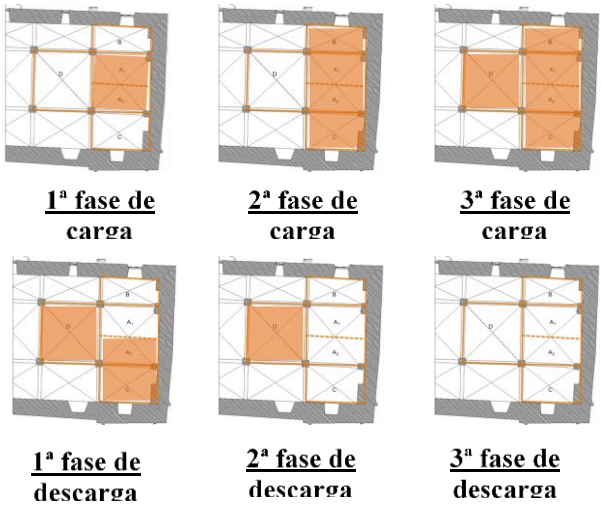


Fig. 17a – Resumo do carregamento usado no ensaio de carga (créditos: Hugo Rodrigues)



Fig. 17b – Carregamento com sacos de cimento (créditos: Aníbal Costa)

Para a medição de deslocamentos verticais foram utilizados 14 transdutores de deslocamento do tipo LVDT (Linear Variable Displacement Transducer) com uma precisão superior a 10-6 m. Os pontos de medição localizam-se junto às zonas onde era esperada uma maior deformada da abóbada e que foi carregada. Foi ainda considerado um LVDT a medir a deformação vertical de um pilar para controlo do sistema, Figuras 18a e 19b.

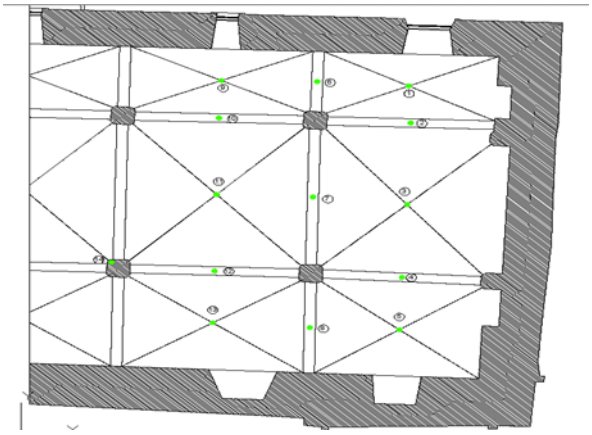


Fig. 18a – Planta com a indicação dos locais onde forma colocados os transdutores (créditos: Hugo Rodrigues)



Fig. 18b – Exemplo da colocação de um dos transdutores de deslocamento do tipo LVDT (créditos: Aníbal Costa)

Apresentam-se de seguida os registos das leituras de cada um dos LVDTs e a respetiva média, podendo-se observar na Figura 19 a evolução dos deslocamentos (positivos no sentido descendente) ao longo do tempo em que decorreu o ensaio.

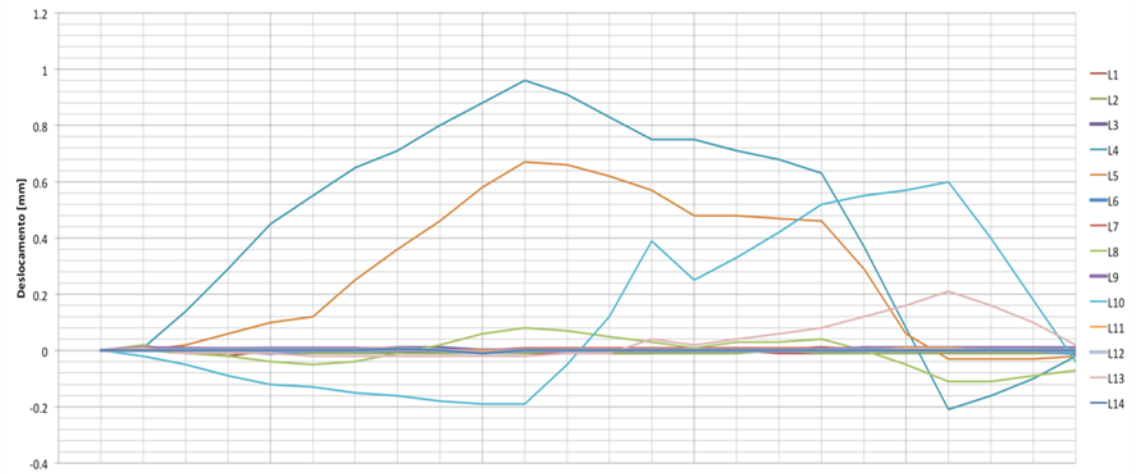


Fig. 19 – Resultados obtidos no ensaio de carga (créditos: Hugo Rodrigues)

Os resultados evidenciam um deslocamento máximo próximo de 1 mm para a carga total aplicada. Importa realçar que não seriam de esperar gráficos de força deslocamentos lineares, uma vez que tanto o posicionamento espacial das cargas como a sua resultante foram variando ao longo do tempo, ao invés de uma carga que permanece uniformemente distribuída e que apenas varia de valor. De facto, só nessa situação é que seria expectável obter gráficos de força-deslocamento com evolução linear no caso de a estrutura permanecer em regime linear-elástico. Deste modo, a avaliação da "linearidade" ou "quase-linearidade" de comportamento da estrutura só pode ser feita com recurso à análise dos deslocamentos residuais. Estes resultados permitiram

avançar com a obra e executar o museu na parte de cima da Capela dos Ossos, Figuras 20a e 20b. Por outro lado, permitiram igualmente conhecer e caracterizar as características resistentes deste Património.



Fig. 20a – Entrada do Museu executado em cima da Capela dos Ossos (créditos: Manuel Ribeiro)



Fig. 20b – Museu executado em cima da Capela dos Ossos (créditos: Manuel Ribeiro)

3.4. Sé de Lisboa

No caso da intervenção na Sé de Lisboa existiram Relatórios dos vários intervenientes no projeto (historiadores, arqueólogos, conservador restaurador, arquiteto, engenheiros das especialidades) que procuraram caraterizar a história da Sé de Lisboa ao longo dos tempos e as diversas intervenções a que esteve sujeita, para além de se procurar caracterizar os materiais e os sistemas construtivos que foram usados. Foi efetuado um levantamento das anomalias com algum detalhe, que se verificavam um pouco por toda a zona do claustro. Muitas dessas anomalias estavam relacionadas com intervenções recentes em que se tinha usado materiais não compatíveis com os existentes e isso era uma lição para a intervenção que se pretendia fazer. Por outro lado, a informação disponível sobre as diversas intervenções na Sé de Lisboa era imensa o que representava um enorme contributo para os Relatórios de Inspeção. Da parte das estruturas houve um Relatório de Inspeção e Diagnóstico, Figura 21 (Costa, 2013a), que procurou, como sempre, caraterizar os sistemas construtivos e os materiais, fazendo-se alguns ensaios no local e através dessa caracterização foi construído um modelo numérico que foi devidamente calibrado, a partir de ensaios de identificação modal, e que permitiu avaliar as hipóteses de intervenção esquematizadas pela arquitetura. A existência de escavações arqueológicas, na zona do claustro, ao longo de 20 anos, deu origem a um estaleiro que era importante arrumar e musealizar os produtos encontrados e a própria escavação.

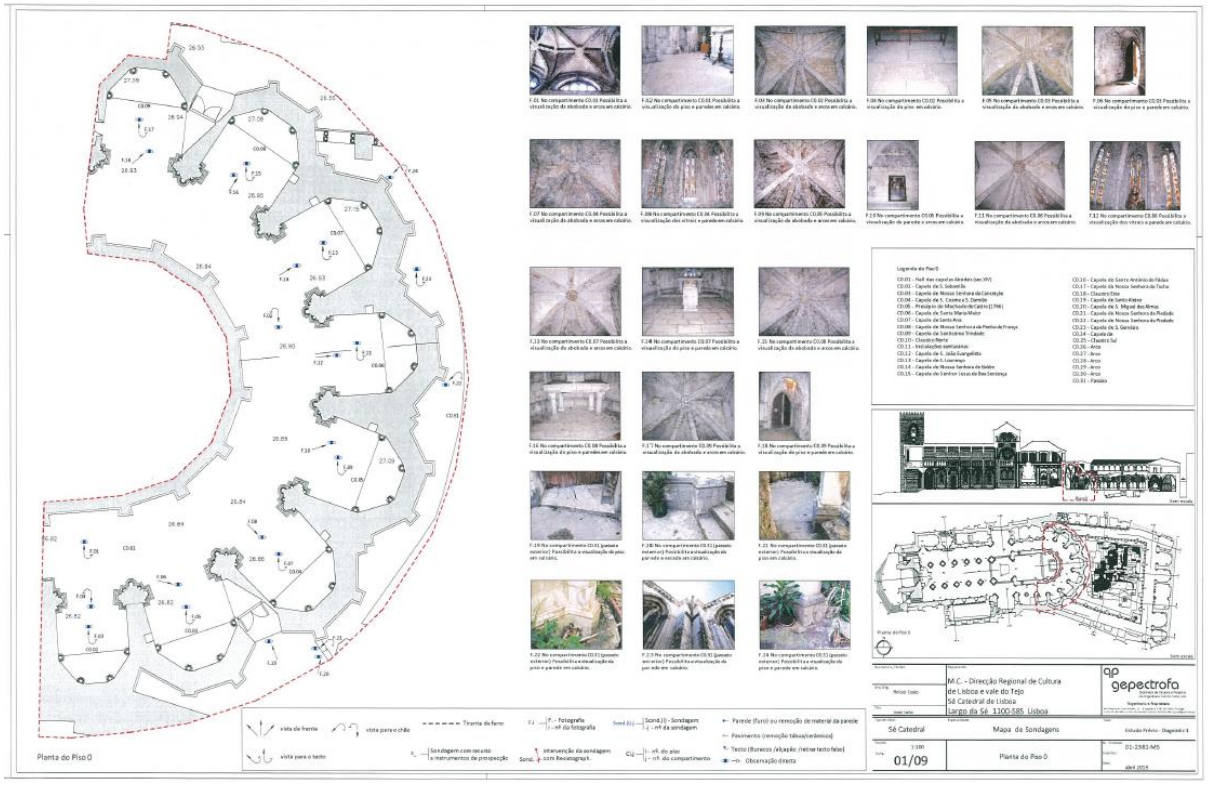


Fig. 21 – Relatório de Inspeção

A intervenção tinha os seus desafios uma vez que em termos topográficos, o terreno no exterior da Sé de Lisboa apresenta uma pendente de Norte para Sul, oscilando entre as cotas 33.06 (norte) e 17.48 (sul), Figura 22. O interior do claustro na zona das abóbadas, encontra-se a Norte na proximidade da cota 26.48, e o terreno no exterior à cota variável de 33.06 (poente) e 30.73 (nascente), enquanto do lado sul o interior está a uma cota de 26.06 e no exterior a uma cota de 20.53 (poente) e 17.48 (nascente). Apresentando, portanto, um desnível máximo de terras de cerca de 6,6 m para a Rua Augusto Rosa e de 8,5 m para a Rua das Cruzes, o qual é suportado pelas espessas paredes de alvenaria que realizam a muralha sul do claustro, que na altura da elaboração do Relatório era impossível conhecer e por outro lado também se desconhecia o que se poderia encontrar na escavação. As arqueólogas que faziam parte da equipa de projeto e que tinham escavado a Sé nos últimos 20 anos afirmavam que, em princípio, não se deveria encontrar nada, uma vez que era terreno de aterro.

Uma outra dificuldade é que existem capelas que ficam situadas debaixo do passeio da Rua a Norte.

A intervenção consistia em colocar o Museu junto à muralha sul, vide Figura 22, debaixo das galerias, neste caso, englobando somente duas das abóbadas extremas. Com base nos Relatórios de Inspeção efetuados e com as limitações próprias do conhecimento que se consegue obter nas inspeções em imóveis classificados procedeu-se à elaboração do projeto de execução, Figura 23.

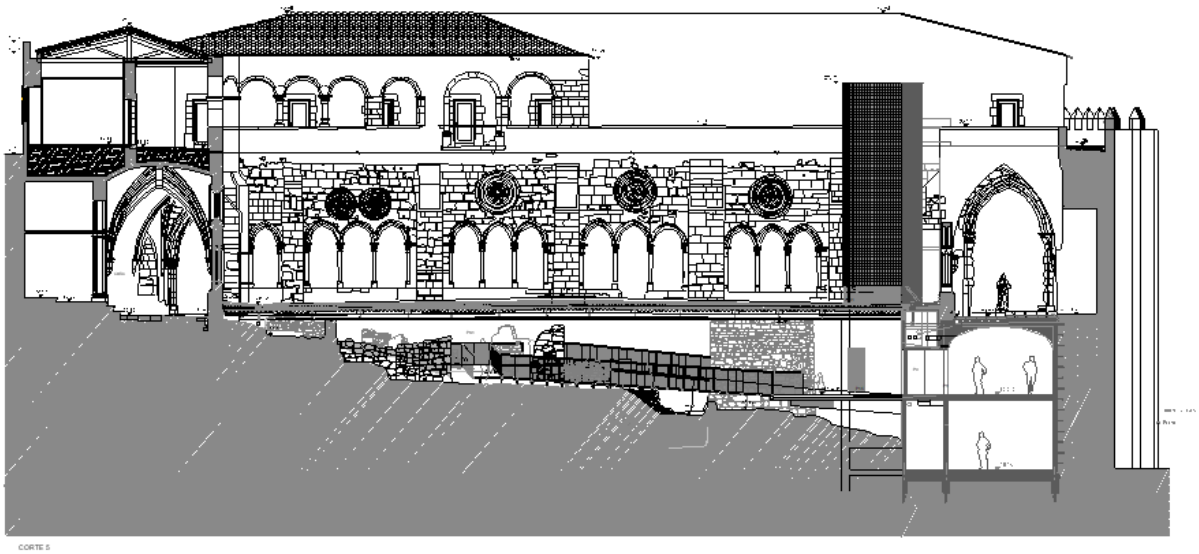


Fig. 22 – Corte na zona do claustro norte – sul

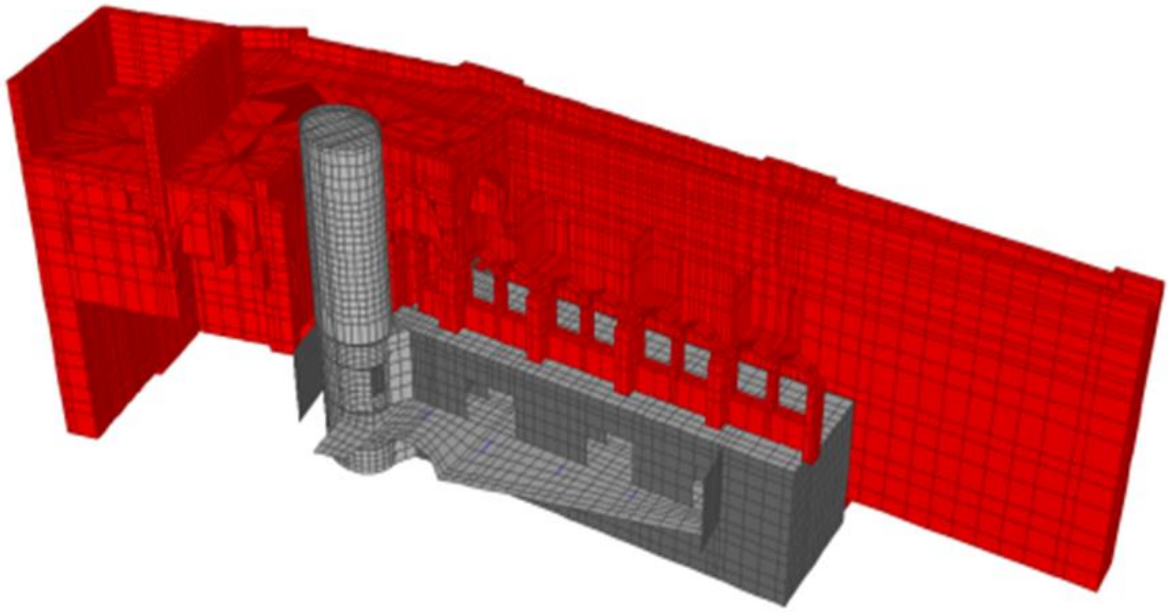


Fig. 23 – Projeto do Museu Arqueológico

Esta operação para além de exigir uma escavação arqueológica cuidada, em função do que se poderia encontrar, obrigava a um procedimento de escavação e contenção que tinha de ser bem definido para não dar origem a problemas de segurança. Foi adotado um procedimento que se esquematiza na Figura 24 em que se procurou definir os diversos passos a adotar na escavação e contenção para evitar esses problemas.

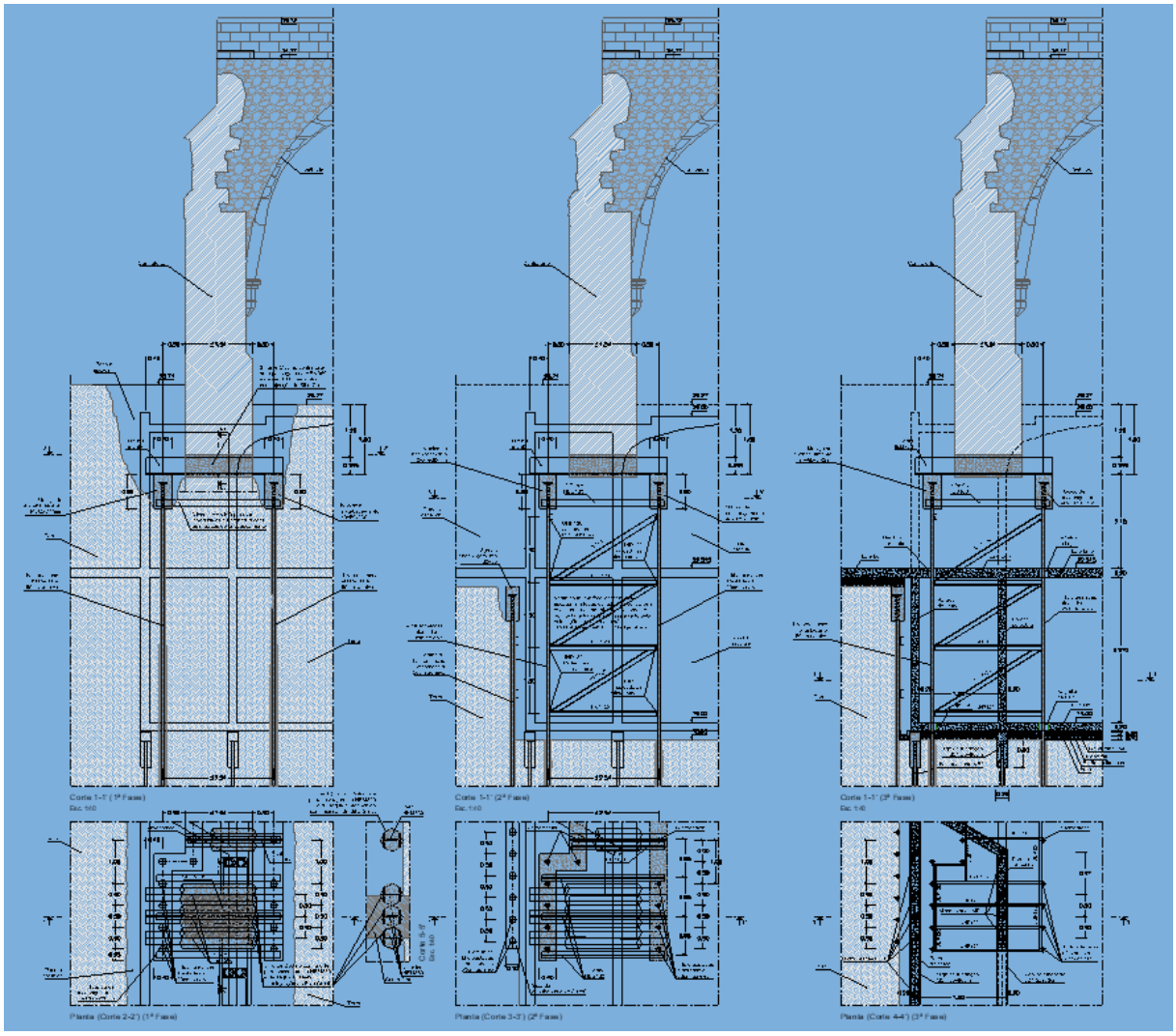


Fig. 24 – Procedimento a adotar na escavação e contenção do Museu Arqueológico

Na escavação para a instalação do Museu Arqueológico foram encontradas paredes e outros elementos alegadamente pertencentes à antiga Mesquita Islâmica, que se sabia existir por debaixo da Sé Catedral, que obrigou a alterar o projeto numa primeira fase para a integração desses elementos. Com a continuação da escavação apareceram outros elementos que mais uma vez levou a uma interrupção dos trabalhos para uma nova avaliação dos procedimentos a adotar.

Na Figura 25 apresenta-se imagens da obra da situação existente na altura da descoberta destes novos elementos.



Fig. 25 – Fotos da escavação na zona do futuro Museu Arqueológico

4. NOTAS FINAIS

As intervenções em Património são exigentes em termos da qualidade das soluções e da compatibilização com o valor Patrimonial cultural subjacente. Por este motivo, as decisões devem passar por várias avaliações do existente, bem discutidas entre a equipa projetista, tendo presente a história do edifício, o seu passado, o seu presente e principalmente o seu futuro em funcionamento. Alguns dos confrontos entre estes níveis de compatibilidade são colocadas à equipa projetista e têm, de ser decididos em obra, apesar da obrigatoriedade de execução do Relatório Preliminar, que envolve um Relatório de Inspeção e Diagnóstico bem detalhado. Este é um instrumento indispensável à execução de um bom projeto de execução, sendo um passo também muito importante para a execução de uma obra com qualidade, para além de um registo fundamental das características do existente e assim mais um contributo para a história da evolução da arquitetura e da construção. Preservar o património monumental significa conjugar diferentes áreas e técnicas, da arquitetura à engenharia, passando pela história, arqueologia, conservação e restauro, entre outras.

Neste particular foram apresentados quatro exemplos de casos, dois em casas tradicionais do Porto, onde se procurou evidenciar a importância de um Relatório de Inspeção que permita uma intervenção sustentável e económica e depois dois casos de intervenção em Monumentos, em que se procurou evidenciar as dificuldades deste tipo de intervenção uma vez que obriga na generalidade dos casos uma inspeção que não pode ser completa uma vez que há limitações inerentes ao fato de estarmos a lidar com edifícios classificados.

REFERÊNCIAS

GUEDES, João; COSTA, Aníbal; ARÊDE, António; PAUPÉRIO, Esmeralda, 2002 – **Reabilitação e reforço de estruturas património nacional**. Experiência da FEUP. Seminário Euro-Mediterrânico, Fórum UNESCO, Universidade Lusíada, Lisboa, junho de 2002.

COSTA, Aníbal; PAUPÉRIO, Esmeralda; CID, Pedro, 2002 – **Relatório de inspeção. Muralhas de Barcelos. Departamento de Engenharia Civil. Secção de Estruturas**. Porto: FEUP, maio de 2002.

COSTA, Aníbal, 2012 – **Relatório de inspeção e diagnóstico – Igreja São Francisco, Évora**. Trofa: Gepectrofa Lda.

COSTA, Aníbal, 2013a – **Sé Catedral de Lisboa. Relatório de inspeção e diagnóstico**. Relatório da Gepectrofa Lda., abril de 2013.

COSTA, Aníbal, 2013b – **Moradia na Rua Belos Ares. Relatório de inspeção e diagnóstico**. Relatório da Gepectrofa Lda., setembro de 2013.

COSTA, Aníbal, 2014 – **Casa Salabert**. Relatório de Inspeção e Diagnóstico. Relatório da Gepectrofa, Lda, janeiro de 2014.

COSTA, Aníbal; VARUM, Humberto; RODRIGUES, Hugo; FONSECA, Jorge, 2014 – **Relatório de ensaios de carga. Capela dos Ossos – Igreja São Francisco, Évora.** Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, setembro de 2014.

REABILITAÇÃO SUSTENTÁVEL: MITOS E FACTOS

SUSTAINABLE REHABILITATION: MYTHS AND FACTS




Jorge de Brito [1], José Silvestre [2]

(1) Professor Catedrático em Engenharia Civil no Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal
jb@civil.ist.utl.pt
(2) Professor Auxiliar em Engenharia Civil no Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal,
jose.silvestre@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

A sustentabilidade integra três pilares que devem ser considerados nas intervenções de reabilitação. A eficiência na gestão de recursos minimiza os impactes ambientais, a melhoria das condições de conforto aumenta a satisfação dos utilizadores, e ambos resultam em benefícios económicos. Esses são princípios básicos e gerais, mas a sua aplicação acrítica a cada caso concreto pode não resultar numa reabilitação de edifícios realmente sustentável.

Esta conferência irá por isso desafiar algumas diretrizes consideradas irrefutáveis, mas que poderão não conduzir sempre a intervenções sustentáveis. Será que que é sempre preferível reciclar ou reusar, em vez de reconstruir, mesmo quando o processamento dos resíduos requer um excessivo consumo de energia? Será que reabilitar é uma panaceia para todas as situações, mesmo quando não é económica e/ou ambientalmente sustentável? Será que não convém considerar sempre a alternativa da demolição e posterior reconstrução de um edifício, dado que a reabilitação pode nunca permitir que se atinja as condições mínimas de conforto térmico e os benefícios sociais associados? Realmente em muitos casos pode não ser possível cumprir os regulamentos em vigor, além de que a estética e a integração arquitectónica podem também obstar a que a opção pela reabilitação seja a mais acertada.

Hoje em dia, já é possível e desejável avaliar e demonstrar a sustentabilidade de uma operação de reabilitação. Apesar de a utilização de materiais naturais, locais ou com baixa energia incorporada seja um bom princípio, é fundamental ter uma perspetiva do Ciclo de Vida. Só uma avaliação do desempenho ambiental e económico ao longo de todo o ciclo de vida de cada material ou solução construtiva permite contabilizar todos os benefícios e cargas. Essa Avaliação do Ciclo de Vida deve considerar a vida útil estimada, o consumo (ou poupança) de energia operacional e/ou as intervenções de manutenção associados à solução, de forma a fornecer uma análise global e quantificada do seu desempenho no ciclo de vida. Dessa forma, é possível comparar em termos de sustentabilidade intervenções de reabilitação assumidas como sustentáveis (ex.: manter todos os elementos que seja possível, e usar apenas materiais tradicionais nos novos elementos) com alternativas que possam ser mais eficientes e/ou duráveis, mesmo que mais intrusivas. Só caso a caso é possível dar uma resposta de base científica que pondere todas as dimensões do desempenho.

Palavras-chave: Reabilitar / Sustentabilidade / Reutilização / Avaliação do Ciclo de Vida do Material / Desempenho

REABILITAR COM ECONOMIA E SEGURANÇA – COMPROMISSOS POSSÍVEIS

ECONOMY AND SAFETY IN REHABILITATION – POSSIBLE COMPROMISES



José Manuel Catarino

Investigador-Coordenador do LNEC, Portugal, jmcatarino@lnec.pt

RESUMO

Encontrar compromissos entre economia e segurança sempre foi um grande objetivo da engenharia de estruturas, quer para novas construções quer para intervenções de reabilitação. Quando se estabelecem critérios para a verificação da segurança estrutural em manuais, regulamentos ou normas, tem-se sempre em conta as suas consequências económicas: não queremos estruturas de baixa fiabilidade nem gastos excessivos para acréscimos marginais de segurança, em nome da sustentabilidade.

Palavras-chave: Reabilitar / Economia / Segurança / Eurocódigos

RESUMO ALARGADO

Ferry Borges e Mário Castanheta, no curso 101 do LNEC de 1968 sobre "Structural Safety", já apresentavam uma metodologia de definição da segurança no projeto de estruturas baseada na minimização do custo generalizado, obtido pela soma dos custos de construção com os custos de conservação e das consequências de danos causados por deficiências estruturais ao longo da vida útil, com base probabilística. Este procedimento de análise de custo benefício de diferentes estratégias de segurança, abrangendo todo o ciclo de vida das construções, é uma forma muito clara de encontrar compromissos de economia e segurança. Assim o curso 101 constituiu uma referência internacional da engenharia de estruturas e uma base para a elaboração de regulamentação/normalização internacional como os Eurocódigos Estruturais. É muito interessante a abordagem de Ferry Borges e Mário Castanheta ao aplicarem esta metodologia na perspetiva de investidores, autoridades públicas, projetistas e proprietários do edificado, permitindo uma reflexão sobre a visão adequada para a regulamentação/normalização do projeto de estruturas.

Existe muita biliografia sobre a definição de critérios de segurança para projetos de reabilitação. É consensual que o conhecimento da situação de uma construção, através de diagnósticos mais ou menos extensos, deve ser tido em conta nos critérios de segurança do projeto de reabilitação. É usual aceitar uma abordagem de quantificação de fatores de conhecimento, com base na extensão do diagnóstico, que permita reduzir os fatores parciais de segurança na verificação de estados limites comparativamente com o projeto de estruturas novas. Também o conhecimento do comportamento adequado de uma construção durante a sua vida pode ser considerado no modelo de segurança para o projeto de reabilitação.

O objetivo de diferenciar critérios de verificação da segurança para o projeto de reabilitação relativamente ao de estruturas novas não é uma preocupação estrita de viabilização económica de uma qualquer opção. Esta diferenciação estabelece racionalidade na comparação de estratégias de intervenções, ao envolver um período de análise que abrange o ciclo de vida da construção. O encontro das melhores soluções para este compromisso é controverso, como se verificou no passado recente a nível nacional, atestado pelas diferentes disposições legais aprovadas ou revogadas na última década.

A publicação da nova geração de Eurocódigos Estruturais é uma responsabilidade do CEN/TC 250. Este processo arrancou em maio de 2010, através de um contrato com a Comissão Europeia, com o principal objetivo de desencadear a atualização da primeira geração de Eurocódigos, passando a abranger a avaliação, reutilização e reforço de estruturas existentes, o fortalecimento dos requisitos relativamente à robustez, novos materiais e novas utilizações de materiais (como, por exemplo, o vidro, os polímeros reforçados com fibras e os betões de muito alto desempenho), novos tipos de estruturas (como, por exemplo, as estruturas tensionadas) e a incorporação de normas ISO na família dos Eurocódigos, como sejam as normas relativas à ação do gelo atmosférico sobre as estruturas e às ações das ondas e das correntes nas estruturas costeiras.

A entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho, que estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas, e dos diplomas legais que o decreto enquadra, introduz uma alteração muito significativa na engenharia de estruturas em Portugal, quer pela adoção dos Eurocódigos Estruturais (através do Despacho Normativo n.º 21/2019, de 17 de setembro, do Secretário de Estado das Infraestruturas), quer pela explicitação das situações em que se torna obrigatória a avaliação da segurança estrutural na reabilitação de edifícios (Portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro, da Secretária de Estado da Habitação).

O Decreto-Lei n.º 95/2019 prevê que sejam definidas as situações em que a reabilitação de edifícios fica sujeita

à elaboração de relatório de avaliação de vulnerabilidade sísmica e o eventual reforço dos edifícios, contribuindo deste modo para garantir que estas intervenções salvaguardam as questões de segurança estrutural, acautelando assim uma preocupação que vinha sendo manifestada pela comunidade científica relativa a esta sensível questão. A Portaria n.º 302/2019 discrimina as situações em que é obrigatória a elaboração desse relatório.

Estas disposições legais surgem em articulação com a substituição de regulamentos nacionais pelos Eurocódigos Estruturais, nas condições definidas no Despacho Normativo n.º 21/2019. Esta alteração é imprescindível para as medidas a adotar no domínio da vulnerabilidade sísmica, já que, quer as ações, quer a metodologia de análise e reforço, fazem parte dos referidos Eurocódigos. Este Despacho Normativo atribui ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), na qualidade de Organismo de Normalização Sectorial no domínio dos Eurocódigos Estruturais, a responsabilidade de proceder à divulgação das atualizações que considerar necessárias das listas de normas de Eurocódigos Estruturais em vigor, mediante avisos no Diário da República.

A Portaria n.º 302/2019 define a obrigatoriedade da elaboração do relatório de avaliação de vulnerabilidade sísmica do edifício, que estabeleça a sua capacidade de resistência relativamente à ação sísmica definida na NP EN 1998-3:2017 (e suas posteriores actualizações) para as condições do local, sempre que existam sinais evidentes de degradação da estrutura do edifício, sempre que a intervenção tenha por efeito uma alteração do comportamento estrutural do edifício ou sempre que a área intervencionada, incluindo demolições e ampliações, exceda os 25 % da área bruta de construção do edifício ou quando o custo de construção exceda em pelo menos 25 % do custo de construção nova de edifício equivalente. O relatório de avaliação da vulnerabilidade sísmica do edifício é ainda obrigatório, no caso de edifícios das classes de importância III ou IV, definidas nos termos da norma NP EN 1998 1:2010 (escolas, salas de reunião, instituições culturais, hospitais, quartéis de bombeiros, centrais elétricas), sempre que se verifique alguma das situações atrás descritas, com redução para 15 % dos limites referidos de 25 %. Quando o relatório de avaliação da vulnerabilidade sísmica do edifício concluir que este não satisfaz as exigências de segurança relativas a 90 % da ação definida na norma NP EN 1998 3:2017 é obrigatória a elaboração de projeto de reforço sísmico, ao abrigo da mesma norma.

Esta Portaria atribui ao LNEC a tarefa da publicação ou aprovação de disposições construtivas ou métodos de análise expedita da vulnerabilidade sísmica que apoiem a elaboração do relatório de avaliação da vulnerabilidade sísmica, para tipologias de edifícios, localizações e tipos de intervenção específicos. Neste âmbito estão disponíveis no portal do LNEC dois relatórios sobre “Metodologia para a Avaliação da Segurança Sísmica de Edifícios Existentes Baseada em Análises de Fiabilidade Estrutural” e “Guião de Avaliação da Segurança Sísmica de Edifícios Existentes de Betão Armado”. Estes trabalhos constituem o resultado de estudos com o objetivo de definir procedimentos alternativos expeditos que, não pretendendo substituir a aplicação dos Eurocódigos para a totalidade dos edifícios, permitem avaliar a segurança sísmica de forma mais expedita para um conjunto significativo de edifícios, comparativamente aos procedimentos estabelecidos nos Eurocódigos. O Guião resume os procedimentos alternativos expeditos, estando no primeiro relatório a fundamentação e a verificação da fiabilidade dos mesmos. Está também disponível no portal do LNEC um documento de apoio à utilização da NP EN 1998 3:2017 para estruturas de alvenaria, a que se seguirá a divulgação de procedimentos alternativos expeditos para a avaliação da segurança sísmica em alguns casos de estruturas de alvenaria.

LA RESTAURACIÓN DEL CLAUSTRO DE LA CATEDRAL DE PAMPLONA. 2015-2020

THE RESTORATION OF THE PAMPLONA CATHEDRAL´S CLOISTER. 2015-2020



Leopoldo Gil Cornet

Arquitecto del Servicio de Patrimonio Histórico de la Dirección General de Cultura-Institución Príncipe de Viana, del Gobierno de Navarra; Profesor y Académico, Espanha, leopoldo.gil.cornet@navarra.es

RESUMEN

La construcción del claustro gótico de la catedral de Pamplona se inició a finales del siglo XIII y concluyó a principios del XVI. Este claustro sustituyó al románico destruido en la Guerra de la Navarrería (1276).

Las decisiones tomadas para su restauración se han basado en una realidad evidente: el claustro es arquitectura y como tal debe ser restaurado; es un espacio singular alrededor del cual gira toda la actividad de la catedral y que está vivo; el claustro tiene el mismo uso para el que fue concebido hace ya más de setecientos años. Al uso religioso hay que añadir el de las visitas que conlleva el turismo cultural.

Siguiendo este principio, se han consolidado y restaurado los elementos de piedra que su estado de conservación lo permitía, se han sustituido aquellos elementos de piedra irrecuperables – pináculos, pilares –, se han repuesto elementos pétreos perdidos – pináculos y gárgolas –, se han reintegrado sillares y otros elementos constructivos con piedra artificial, y se han perfilado los maineles más estropeados con mortero de restitución para devolverles la dignidad perdida.

Únicamente se han realizado sustituciones cuando se trataba de rehabilitar funciones estructurales, constructivas y compositivas, y solamente de aquellos elementos que por su avanzado estado de deterioro habían dejado de cumplir su misión o de aquellos cuya conservación in situ resultaba imposible. La sustitución de elementos se ha realizado con el fin de garantizar la estabilidad, funcionamiento y el reconocimiento formal del monumento. En lo que respecta a los mal llamados bienes muebles – portadas, sepulcros, restos de pinturas murales – se ha realizado la minima intervención necesaria: limpiar, consolidar y proteger. Uno de los trabajos que ha tenido más repercusión ha sido la reposición, mediante reproducción facsímil en papel gel, de las pinturas murales que fueron arrancadas de las paredes del claustro, en 1947, para ser llevadas al Museo de Navarra.

La obra se ha dividido en cuatro fases que se corresponden con las cuatro alas del claustro. A su vez cada una de estas fases se ha subdividido en dos proyectos: uno que se podría llamar de obra civil – albañilería y cantería –, ejecutado por una empresa constructora especializada en restauración de monumentos, y otro de restauración, realizado por empresas de restauración de bienes muebles–piedra, policromías, escultura policromada.

Palabras-clave: Claustro Gótico / Catedral de Pamplona / Restauración

(RE)HABITAR A CIDADE CONSOLIDADA. O PORTO COMO LABORATÓRIO URBANO E ARQUITETÓNICO

(RE)HOUSING THE CONSOLIDATED CITY. THE PORT AS AN URBAN AND ARCHITECTURAL LABORATORY



Nuno Grande

CES/DARQ, Universidade de Coimbra, Portugal, nunogrande@ces.uc.pt / ngrande@darq.uc.pt

RESUMO

Ao longo das últimas duas décadas, os centros históricos de Lisboa e Porto foram alvo de processos de reabilitação, gerados por uma nova atratividade residencial e turística dos seus tecidos urbanos. Reabitar a cidade consolidada tornou-se símbolo de moda e cosmopolitismo, ainda que motivando processos frequentes de acelerada gentrificação urbana. Essa aceleração conduziu, muitas vezes, à destruição dos valores sociais, tipológicos e morfológicos desses tecidos, provocada pela aplicação acrítica de receitas imobiliárias e turísticas não compaginàveis com a identidade local.



Palavras-chave: Porto Histórico / Loteamento Tradicional / Reabilitação Frentes e Interiores / Edifício-lote Tradicional

O Porto histórico – que nos servirá de caso-de-estudo – é marcado por um padrão de loteamento residencial, de origem medieval, o qual foi sendo readaptado a novas exigências urbanísticas, sobretudo a partir da intervenção Almadina em finais do século XVIII. O mesmo padrão preencheu as artérias da cidade de frações com frentes estreitas (entre 4 e 6 metros) e profundidades extensas (em edificações que chegam a atingir os 25 metros e logradouros os 100 metros de fundo). Esse lote-edifício estreito e profundo, característico do Porto, representa um valor identitário da cidade, e, ao contrário do que se poderá pensar, constitui um excelente "molde" para formas contemporâneas de reabilitação, desde que mantida a relação dos espaços interiores com as fachadas remanescentes, as paredes de meação, e o ritmo do loteamento local.

Nesta comunicação, procuraremos exemplificar diferentes tipos de reabilitação que encaram o lote tradicional do Porto como um laboratório urbano e arquitetónico, estabelecendo pontes temporais entre o período do seu traçado (séculos XVIII-XIX) e a contemporaneidade. Esses exemplos partem da experiência da Pedra Líquida, atelier interdisciplinar que ajudei a fundar no Porto, e que foi recentemente galardoado em duas categorias do Prémio Nacional de Reabilitação Urbana 2020 – melhor projeto na área do Turismo e melhor projeto na Cidade do Porto. A partir desses projetos residenciais ou turísticos perceberemos como é possível reabilitar as frentes e os interiores do edifício-lote tradicional do Porto, nas mais diversas situações urbanas, neles estabelecendo padrões assumidamente atuais, embora consentâneos com a escala e a memória da cidade.

ABORDAGEM CULTURAL À PRÁTICA PROFISSIONAL NA CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DE PATRIMÓNIO EDIFICADO: PALACETE DOS CONDES DE SAMPAYO, EM ALHOS VEDROS, MOITA

CULTURAL APPROACH TO PROFESSIONAL PRACTICE IN CONSERVATION AND REHABILITATION OF BUILT HERITAGE: CONDES DE SAMPAYO MANSION, IN ALHOS VEDROS, MOITA




Sofia Aleixo [(1)], Victor Mestre [(2)]

(1) Universidade de Évora, Portugal: EArtes/DArq, CHAIA e pólo IHC-CEHFCi, Portugal, saleixo@uevora.pt / UNova Lisboa: FCSH - CHAM, Portugal, saleixo@fcsh.unl.pt / vmsa arquitectos Lda., Portugal, sa@mestrealeixo.pt;
(2) Universidade de Coimbra, Portugal, uc45979@uc.pt / vmsa arquitectos Lda., Portugal, vm@mestrealeixo.pt

RESUMO

A conservação e reabilitação no património construído requer uma acção multidisciplinar que procure entender os edifícios e seus contextos como resultantes de um percurso histórico onde a identidade foi sendo construída por pessoas, desde os seus habitantes aos seus curiosos visitantes. Entender os valores materiais e imateriais de um lugar, ou seja, entender o bem cultural, permitirá definir estratégias de acção e tomar opções fundamentadas que minimizem os impactos negativos de uma intervenção que se procure informada e que procure simultaneamente informar todos aqueles que condicionarão o seu futuro. Nesta comunicação, que o tempo ditou ter lugar num momento em que as visitas a obras estão extremamente condicionadas, optou-se por apresentar um projecto desenvolvido na vmsa arquitectos, cuja visita esteve agendada no âmbito desta conferência. Assim, se apresentará a metodologia de abordagem ao bem patrimonial, o Palacete dos Condes de Sampayo, em Alhos Vedros, Moita, edifício paredes-meias com o Moinho de Maré no rio Tejo e que se encontra em estado de semi-ruína. Concluir-se-á que para a salvaguarda deste lugar, como memória histórica para acolher um novo uso, a definição de uma estratégia multidisciplinar, definida a partir da interpretação dos valores culturais ainda percepcionados, combinando a tecnologia com os requisitos técnicos da sua consolidação estrutural, se revela essencial. Espera-se que a instalação do Museu Municipal da Moita venha a consolidar laços socioculturais com a comunidade, criando neste lugar uma integração dinâmica entre o contexto urbano e paisagístico.

Palavras-chave: Património Edificado / Valores Culturais / Contexto / Conservação e Reabilitação / Prática Profissional

ABSTRACT

The conservation and rehabilitation of the built heritage requires a multidisciplinary action that seeks to understand the buildings and their contexts as the result of an historical path where identity has been built by people, either their inhabitants either their curious visitors. Understanding the material and immaterial values of a place, i.e., the architectural heritage, will enable the definition of strategies based on grounded options in order to mitigate the negative impacts of interventions, aiming to further inform all those who have a role in its future.

In this communication, that time dictated to take place at a particular moment when visits to construction sites are extremely limited, it was decided to present a project developed at *vmsa arquitectos,* whose visit was scheduled within the scope of this conference. Thus, it will be presented the methodology for approaching the heritage asset *Palacete dos Condes de Sampayo,* in *Alhos Vedros, Moita*, a large and impressive building that extends an earliest tide mill at the river Tagus, and which is in a semi-ruined state. Finally, it will be concluded on the importance of interpreting the cultural values in presence for the definition of a multidisciplinary strategy, combining technology with the requirements of its structural consolidation of a building at general risk, which allows the safeguarding of this place, qualifying it historical memory to welcome a new use. We hope that the installation of the Municipal Museum of *Moita* will consolidate socio-cultural ties with the community, creating in this place a dynamic integration between the urban and the landscape context.

Keywords: Built Heritage / Cultural Values / Context / Conservation and Rehabilitation / Professional Practice

1. CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO COM VALOR CULTURAL

Para a caracterização da identidade dos lugares, contribuem os valores materiais e imateriais dos edifícios, construídos por pessoas – em primeiro lugar que os conceberam, que os construíram, que os habitaram, e por todos aqueles que fazem parte de uma comunidade que estima a sua história, a sua tradição e os seus antepassados. Só compreendendo a identidade de um lugar, se poderão definir estratégias de acção e tomar opções fundamentadas que minimizem os impactos negativos de uma intervenção que se procure informada e que procure informar todos aqueles que condicionarão o seu futuro.

A continuada prática profissional de conservação e reabilitação de património edificado na vmsa arquitectos tem perseguido uma metodologia de intervenção que se baseia numa abordagem cultural aos contextos em que se inserem os edifícios, desde o histórico-cultural, ao sócio-económico, passando pelo geográfico e paisagístico. A constituição de equipas pluridisciplinares contribui com soluções éticas e técnicas que reflectem um entendimento cultural holístico dos lugares onde se pretende intervir, salvaguardando os elementos considerados como portadores da identidade do lugar, da sua autenticidade, da sua integridade, enfim, da sua verdade.

O projecto desenvolvido para o Palacete dos Condes de Sampayo[1], situado no Largo do Descarregador, na Vila de Alhos Vedros, Concelho da Moita (Figura 4), apoiou-se numa metodologia de abordagem que reflecte este modo de pensar, de fazer, de trabalhar com a memória histórica na sua continuidade, entendendo este edifício e os seus contextos como resultantes de um percurso centenário. Trata-se de um edifício paredes-meias com o Moinho de Maré (SIPA, 2011) no rio Tejo, e actualmente em ruína parcial, aguardando-se para breve o início da obra. Ao não ser possível a sua visita no âmbito desta Conferência, optou-se pela divulgação do projecto baseada na memória descritiva do projecto de execução desenvolvido, numa aproximação à prática projectual.



Figura 1 – Moinho de Maré em Alhos Vedros - IPA.00006164, s/ data. In SIPA 2011

[1] Dono de Obra Câmara Municipal da Moita, inserindo-se a intervenção no Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano – PEDU, no domínio da Regeneração Urbana. A obra será faseada em dois momentos propondo-se travar o processo de deterioração estrutural com a maior rapidez possível, evitando a continuação da degradação. Enquadrar-se-á esta obra num projecto mais amplo da autarquia que tem um projecto de requalificação paisagística do Largo do Descarregador, fronteiro ao Palacete, tinha em Julho 2020 a decorrer o concurso público para obra.



Figura 2 – Palacete da Cova – IPA.00006164, s/ data. In SIPA 2011

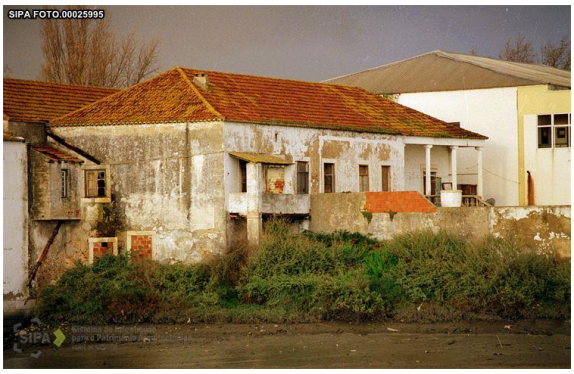


Figura 3 – Moinho de Maré em Alhos Vedros: Palacete da Cova – IPA.00006164, s/ data. In SIPA 2011

2. A RECONFIGURAÇÃO DO PALACETE CONDES DE SAMPAYO

Localizando-se a Noroeste da zona central do Núcleo Antigo da Vila de Alhos Vedros, o Palacete dos Condes de Sampayo, também conhecido por Palacete do Morgado da Casa da Cova (CMM, 2004, p. 83) encontra-se em estado de semi-ruína, tendo o seu último proprietário, e residente até 1910, sido D. Manuel de Sampayo e Castro (Conde Sampayo) (CMM, 2012, p. 1). É delimitado a Poente pelo Rio Tejo e a Nascente por antigas fábricas de cortiça, estando fisicamente ligado por um pórtico em cantaria com o edifício das antigas instalações da empresa "Guston", Confecções Lda.



Figura 4 – O Palacete dos Condes de Sampayo. Alhos Vedros. In GoogleMaps (2020)

2.1. Contexto(s)

O contexto histórico do Palacete dos Condes de Sampayo provavelmente estará relacionado com a estabilidade e desenvolvimento económico deste território a partir do século XV e sobretudo do século XVI quando a vila de

Alhos Vedros recebeu o Foral Manuelino. Esta vila ribeirinha, localizada na margem sul do Tejo numa reentrância do enorme arco interior que forma o denominado "Mar da Palha", tem o seu assentamento entre esteios. Alguns deles, transformados em canais de navegação, penetram terra adentro por entre salinas, terras baixas de cultivo e integram caldeiras de moinhos de maré. Associados a estes edifícios industriais, permanecem cais de pedra calcária, ou só a sua memória.

A vida marítima constituirá a primeira linha da organização social dos pequenos assentamentos urbanos ribeirinhos. Este é o caso da vila de Alhos Vedros, estruturada a partir do centro cívico e religioso com os seus edifícios estruturantes, de que se destaca a Igreja Matriz com as capelas anexas de São Sebastião e de São João, o pelourinho e os vestígios dos antigos Paços do Concelho e da Cadeia. A partir destes edifícios e respectivos espaços públicos estabeleceram-se as hierarquias da estratificação social e dos edifícios de apoio às actividades económicas, com ligações à ruralidade e à navegação ribeirinha.

Ao recuarmos ao tempo da ocupação primordial do território, percepciona-se que inicialmente se tratava de um conjunto de pequenas aldeias dispostas nas margens do Rio Tejo numa estreita e dependente relação com as suas águas. E esta implantação estará relacionada, entre outros factores, com o regime de marés e de ventos, aspectos fundamentais para as actividades marítimas de que dependiam. Entre os finais do século XV e os princípios do século XVI, observa-se uma progressão económica que consolidou este lugar urbano como estruturante no conjunto das aldeias ribeirinhas da margem sul.

Alhos Vedros, aquando da outorga do foral por D. Manuel a 15 de Dezembro 1514, agregava administrativamente um conjunto de aldeias sendo, contudo, o centro económico principal por onde se transaccionavam os produtos da produção e transformação agrícola assim como os resultantes da manufactura. A identidade cultural dos seus habitantes encontraria nas actividades marítimas uma substancial importância, não apenas na marinhagem, mas também na carpintaria naval de que se destacam os carpinteiros, os calafates mas também os ferreiros de aprestos marítimos. Estes ou outros ferreiros executariam também as alfaias agrícolas e ferravam os animais de trabalho indispensáveis nos diversos ofícios e carregos de diversa origem.

Em termos de administração primordial deste território, a Ordem de Santiago determinou o tipo de povoamento. Sendo uma ordem militar, impôs uma gestão administrativa e jurídica global ao território baseada no direito de aforamento de terras de que recebia rendas sendo parte destas entregues à Coroa e à Diocese de Évora. No topo da hierarquia estava o Comendador da Ordem, uma figura poderosa cujo poder se elevava sobre o do Município a ponto de aprovar os "vereadores e os juízes ordinários". As decisões resultantes de posturas e acórdãos teriam inclusivamente de ter a sua aprovação.

É nossa convicção que o facto da Ordem de Santiago ter administrado durante um largo período de tempo este vasto território da margem sul do Tejo, influiu na estrutura fundiária, nos meios e nos modos de produção, tendo influenciado o perfil sócio cultural das gentes destes lugares. Integrados nesta realidade permaneceram as famílias dominantes de onde tiravam os seus rendimentos, tendo algumas delas construído casas de campo, para onde se retiravam em determinados períodos do ano.

São conhecidas diversas quintas de recreio e de produção cujas casas se implantavam em lugares aprazíveis, junto das margens do rio ou junto de esteios navegáveis. No concelho da Moita, nomeamos entre outras a Quinta do Esteiro Furado junto à aldeia do Rosário. Esta Quinta exemplifica este tipo de casa senhorial com cais privativo, permitindo uma franca ligação directa por meios próprios à cidade de Lisboa, tendo igualmente um moinho de maré (CMM, 2004, p. 96). De um modo geral, estas Quintas terão surgido enquanto estruturas de apoio à

produção agrícola, algumas relacionadas com a agro-pecuária, a exploração de marinhas de sal, mais raramente com licenças régias, muitos especiais, de direito de possuir moinhos de maré e ou de vento para a moagem dos cereais, alguns associados aos fornos de produção de biscoito, para o abastecimento das primitivas caravelas, galeões e provavelmente as últimas fragatas da carreira da Índia e Brasil, anteriores aos navios a vapor.

As olarias com fundação romana nesta região a sul do Tejo rica em barreiros, também tiveram grande dinamismo nos séculos XV e XVI, sobretudo com o incremento no tempo da exportação do açúcar da ilha da Madeira, em que este produto muito apreciado na Europa era transportado em recipientes cónicos de barro, denominados "pão-de-açúcar". Esta tradição estará na origem do surgimento de um número significativo de fábricas de tijolo e telha na margem sul a partir do início do século XX.

Mas para além dos fornos cerâmicos, também os fornos de cal constituíram poderosas indústrias exportadoras. Se observarmos com atenção as construções anteriores ao advento do cimento, sobretudo após a sua generalização na segunda metade do século XX, a cal surge como principal agregante das argamassas utilizadas na construção dos edifícios. A extracção de pedra calcária para a indústria da cal e para a construção de edifícios constituiu durante séculos uma actividade de elevada relevância económica. A sua origem está associada a filões localizados em estruturas geológicas afastadas da zona ribeirinha onde predominam os solos areníticos e os conglomerados de rochas brandas do período Miocénico, ou seja, aglomerados argilosos compactados que integram cascas de animais marinhos como ostras, ameijoas, trilobites, etc.

Estas rochas brandas estão presentes na elevação de paredes de alvenaria de edifícios antigos, enquanto as rochas rijas, calcário do sistema montanhoso da Serra de Palmela e Arrábida, eram utilizadas em soleiras, ombreiras, padieiras, cornijas, socos, lambrins, degraus e lajedos, assim como em elementos artísticos. Internamente as paredes secundárias, de um modo geral, integravam um sistema construtivo em madeira com prumos e/ou pranchas estruturais complementados por fasquiados rebocados com areias peneiradas e cal. No período de transição do século XIX para o XX, foram surgindo as unidades fabris de tijolo e telha tendo estas influenciado as técnicas de construção iniciando a construção de paredes interiores de tijolo, substituindo os tabiques e engradados de madeira. No período do incremento da primeira industrialização da margem Sul, que exigiu a concentração de enormes contingentes de mão-de-obra, implicou a construção rápida de casas e nesse âmbito o tijolo industrial (inicialmente compacto ou burro, seguindo-se o de dois furos), tornou-se o produto mais utilizado, quer em paredes internas como externas.

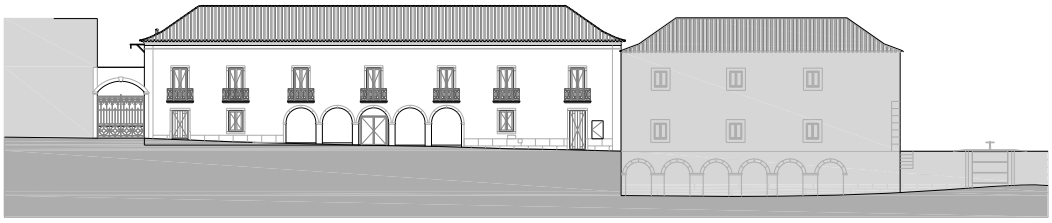
Apesar desta realidade ocorrer em praticamente todos os aglomerados urbanos do território da margem Sul, em contexto rural e até aos anos 60 do século XX, a opção tecnológica recaía, por motivos económicos, no adobe, fabricado no local da elevação da casa. Na maioria dos casos eram os próprios proprietários que os produziam, noutros casos eram utilizados sistemas mistos em que o tijolo era aplicado em padieiras de portas e janelas, enquanto arcos de descarga e mais raramente em paredes interiores.

2.2. Conhecer o Palacete Condes de Sampayo hoje: uma interpretação

Contextualizaram-se assim os materiais e técnicas construtivas presentes no Palacete Condes de Sampayo, tal como se estabeleceu uma aproximação ao contexto geográfico, histórico, social e cultural enquanto parte integrante da identidade arquitectónica deste edifício. Apesar de se saber pouco, no plano documental, sobre a

sua fundação, e sobretudo dos diversos ciclos de alterações[2] dos seus período de grandeza, decadência e abandono, procuramos ler na observação directa do seu estado actual de como poderá ter sido a sua espacialidade e expressão inicial e como terá evoluído até a actual volumetria.

É naturalmente um exercício especulativo arriscado, que implica recorremos à interpretação das estruturas paramentais derrubadas no interior para prefigurar a sua inicial estrutura espaciofuncional. Também a disposição dos vãos, sobretudo da fachada principal, onde se evidencia o sentido de simetria a partir da entrada principal reforçada pela arcaria do piso térreo, leva-nos a estabelecer comparações com outros edifícios seus contemporâneos.



ALCADO POENTE

Figura 5 – O Palacete dos Condes de Sampayo: fachada norte e ligação a Moinho de Maré.
vmsa arquitectos, 2019

Este edifício localiza-se paredes-meias com o Moinho de Maré do Cais de Alhos Vedros, património industrial não protegido[3], com fundação no século XVII (encontrou-se registo em 1631), onde se produzia farinha para a população local, mas principalmente para abastecer os fornos de biscoito de Vale de Zebro e a cidade de Lisboa (CMM, 2004, p. 97) através das embarcações do rio Tejo, que aqui acostavam[4]. Na ausência de conhecimento de uma maior investigação sobre este edifício, mas com grande probabilidade, atribui-se uma fundação modesta ao Palacete, e teria sido inicialmente a casa do moleiro. O período do seu enobrecimento será difícil de datar com rigor, mas admitimos que terá sido durante o século XVIII. Fica também a dúvida se nesse período se abriram os arcos na fachada ou se estes já existiriam e seria por estes que entrariam carroças e animais para carga de cereais e farinhas. Igualmente persiste a dúvida da data da duplicação do volume da casa para sul (tardoz), como também a leitura do edifício levanta a dúvida se o próprio moinho teria inicialmente apenas o piso das moendas, considerando a altura do cunhal em pedra dos alçados norte e poente. Por último, poderá o pé-direito do primeiro piso do Palacete ter sido elevado, conforme os princípios higienistas dos finais do século XIX e princípios do século XX, tendo neste mesmo período ou posteriormente se encerrado o que teria sido a galeria térrea.

Inquestionável será que um conjunto de alterações significativas teve lugar ao longo do tempo, revelando a descaracterização do conjunto arquitectónico enquanto casa senhorial, com destaque para a sua

[2] Os últimos terão tido lugar ao longo do séc. XX, entre os anos 50 e 80 (CMM, 2012: p. 2). Em 1990, a Câmara Municipal da Moita efectuou a "limpeza de rebocos de internos e externos do moinho" (SIPA, 2011).

[3] Com despacho de abertura do processo de classificação em 19 março 1991, o mesmo foi encerrado pelo então Presidente do IPPAR, em 24 Maio 2004 (SIPA, 2011), numa clara indicação de não valorização do património industrial tradicional.

[4] Em laboração até 1940, foi propriedade da família de Tristão Mendonça Furtado (os fidalgos da "Casa da Cova"). Terá sido nesse ano a edificação do primeiro piso (CMM, 2004, p. 97). Desde 1986 pertence à Câmara Municipal da Moita que aqui instalou um centro interpretativo onde se observa o funcionamento dos ancestrais equipamentos de moagem, dispondo desde intervenção de recuperação pela autarquia em 2007, de um espaço cultural para actividades diversas, com sala polivalente no piso superior.

recompartimentação, e a desanexação do terreno circundante perdendo a plataforma a sul que terá incorporado um jardim formal de recreio, comum em casas com aparato social.

Reforçamos que o relatado é impreciso e necessita de uma investigação complementar e aprofundada. No entanto, desenvolvemos, contudo, uma interpretação do que poderá ter sido o processo evolutivo do Palacete Condes de Sampayo.

2.3. Adaptação a um novo uso

Sobre o processo de reabilitação e adaptação do actual Palacete Condes de Sampayo a Museu Municipal da Moita, importa ter presente que a instalação do programa museológico tem por objectivo integrar o futuro espaço cultural na Rede Portuguesa de Museus. Este é um dado fundamental no desenvolvimento do projecto porquanto a distinção que se pretende para este edifício é proporcional ao grau de infraestruturação a instalar no edifício. Ou seja, os níveis de exigência no plano das condições técnicas para acolhimento da exposição de longa duração e de exposições temporárias, obriga a seguir princípios orientadores, normas e procedimentos ordenados por esta instituição (Camacho, IMC, 2007).

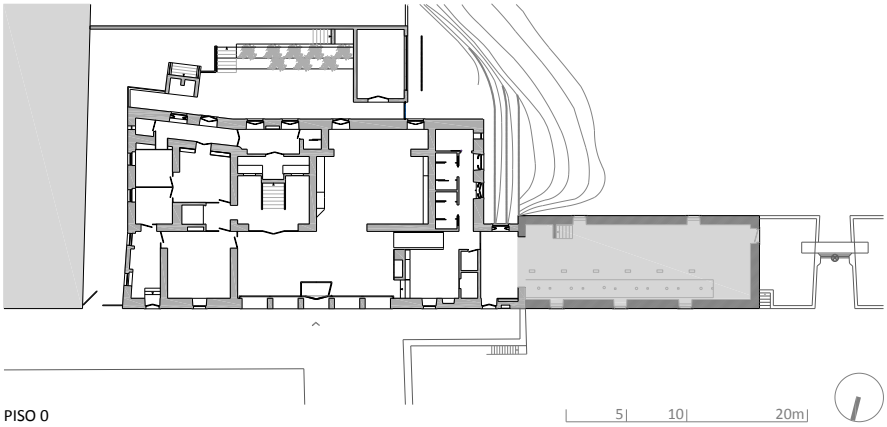


Figura 6 – Reconfiguração do Palacete dos Condes de Sampayo. Alhos Vedros: Piso 0
vmsa arquitectos, 2019

Intervir implica transformar, adaptar, reconfigurar espaços e circuitos de modo a preparar o edifício para um novo período de uso. E para que se concretize a transformação qualificada do actual conjunto arquitectónico, em elevado estado de degradação e implantado num contexto ambiental complexo, foi necessário estabelecer uma primeira abordagem patrimonial do edificado, respectivo contexto geográfico e sociocultural do lugar. A partir desta metodologia procedeu-se à elaboração do projecto de arquitectura em articulação com os projectos das especialidades. Este foi o caminho que se procurou implementar numa permanente comunicação com a Administração Autárquica e respectivos serviços técnicos, com particular destaque para a área da cultura.

Conhecer o edificado na sua componente física, ou seja, na sua materialidade e tecnologia, constituiu uma base fundamental para o compreender no plano da sua expressão e identidade arquitectónica de modo a salvaguardar a sua dimensão patrimonial no processo de transformação projectual. Na posse destes dados foi possível tomar decisões no âmbito da sua adaptabilidade às novas funções, sem comprometer o sentido estético do conjunto arquitectónico.

O projecto numa primeira fase procurou estabelecer relações de proximidade entre a identidade pré-existente e o novo uso, estabelecendo complementaridades onde se percepcionasse clareza da espacialidade no contexto arquitectónico-histórico e, simultaneamente, permitisse a autonomização de um discurso expositivo fluido e articulado. Neste sentido, procurou-se introduzir uma ideia de síntese espácio-funcional, optando-se pela grande dimensão, repondo no andar nobre o sentido dos salões palacianos, ordenados a partir do grande átrio do piso térreo e da escada de aparato, reposta enquanto citação arquitectónica. No piso térreo valorizaram-se igualmente os espaços de maior amplitude, onde pontuam arcos interiores de significativa dimensão, comuns no processo construtivo dos sobrados.

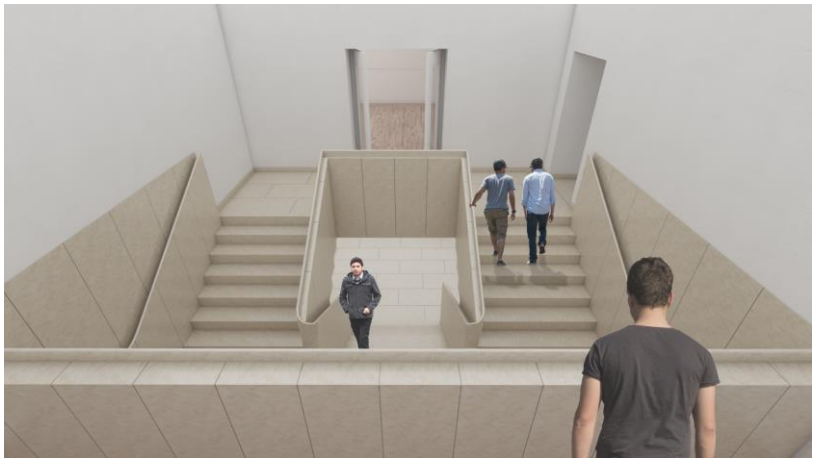


Figura 7 – Reconfiguração do Palacete dos Condes de Sampayo. Alhos Vedros: visualização de escadaria de aparato. vmsa arquitectos, 2019

No plano da fachada principal foi proposto o desentaipamento dos arcos de cantaria, incluindo a reconstrução de um deles que se perdeu numa das muitas alterações. A reposição da arcaria reabilitará a fachada, repondo a notoriedade arquitectónica entretanto perdida. Os arcos exteriores ficarão autónomos através da integração recuada da caixilharia, de modo a adquirirem profundidade, reforçando a leitura da centralidade da entrada. Internamente, a estes elementos corresponde o espaço do átrio que, por seu turno, ganha uma leitura ampla e luminosa para o exterior.

A redefinição espacial procura a optimização das actividades autónomas, de modo a funcionarem complementarmente sem constrangimentos. Referimo-nos respectivamente à exposição temporária a partir do átrio e salas contíguas, aos serviços educativos na ala nascente e pátio tardoz, às visitas ao Moinho de Maré igualmente a partir do átrio na ala poente e, finalmente, no piso superior, à exposição de longa duração. Em termos de macroestrutura espácio-funcional, esta disposição permite que a infraestruturação do edifício seja optimizada e, assim, o menos intrusiva possível nos elementos que permanecem.

2.4. Integração de materiais, sistemas e equipamentos

A introdução das indispensáveis e complexas tecnologias num edifício com estas características implica uma enorme disciplina na articulação das diversas especialidades. Por um lado, temos o cumprimento da legislação específica em vigor, por outro temos as exigências inerentes à integração na Rede Portuguesa de Museus, como ainda deveremos ser justos e equilibrados no plano da gestão financeira nas opções técnicas e equipamentos propostos, em termos de consumos energéticos e respectiva manutenção anual.

Todos estes dados são fundamentais para que a proposta de reabilitação do Palacete Condes de Sampayo e a

sua adaptação a Museu Municipal se configure num equipamento cultural público sustentável. Afinal, trata-se de duas fases de intervenção, onde numa segunda fase corresponderá à instalação da museografia dos espaços expositivos, implicando o estudo de cada área específica em função do tipo de temas e de identidade a expor.

Assim, o projecto que se desenvolveu privilegiou uma abordagem pragmática no sentido da intervenção estrutural - recuperação dos pisos, onde se encontra degradada, execução de uma nova estrutura da escada de acesso, intervenção no piso térreo e substituição integral da cobertura. Importa registar que se optou no por estrados de madeira no piso elevado apoiado em cantoneiras metálicas, tal como a armação das coberturas igualmente em madeira e apoios metálicos. Esta solução segue em linha com os princípios de reabilitação que consideramos adequados para edifícios com estas características técnicas e identidade patrimonial. A infraestruturação primária de redes estruturadas, permitirá uma grande flexibilidade de opções expositivas, incluindo as que dependem de multimédia. Também as opções do tipo de materiais de revestimento e/ou acabamento das superfícies acompanham esse princípio da flexibilidade com particular ênfase nas paredes, cujas placas em gesso cartonado permitem uma fácil e pouco onerosa reparação, sempre necessária nos processos dinâmicos de renovação das exposições.



Figura 8 – Reconfiguração do Palacete dos Condes de Sampayo. Alhos Vedros: visualização das salas de exposição. vmsa arquitectos, 2019

Os materiais aplicados nos pavimentos diferenciam os pisos, respectivamente o térreo em lajes e o superior em pranchas de pinho americano (em virtude do nacional ter dimensões reduzidas). As ombreiras e padieiras dos vãos estruturais manterão o betão aparente mas pintado de branco, numa referência aos vãos antigos com molduras de expressivas cantarias. Os tectos do piso térreo serão planos e em gesso cartonado, material também a aplicar nos tectos de "masseira" do piso superior, repondo o que terá sido a sua forma original. As escadas e os lambrins serão revestidos a cantaria da Serra da Arrábida. As caixilharias serão igualmente em madeira maciça composta por perfis de madeira executados em três lamelas e coladas a quente sob alta pressão, com vidro duplo laminado, à excepção do vão da entrada principal que será em aço. Ambas opções foram devidamente estudadas quanto ao seu desempenho térmico e acústico no âmbito do estudo global do edifício, em continuidade com o revestimento exterior do edifício cujas fachadas incorporam um novo reboco térmico com granulado de cortiça incorporado.

O pequeno pátio localizado no alçado sul procura recuperar uma pequena área para lazer e para actividades, desenvolvidas pelos serviços educativos. Para além do piso térreo, terão acesso a um *belveder* elevado sobre a caldeira do moinho. Este pequeno balcão coberto, procura reabilitar o balcão pré-existente e em processo de assentamento, devolvendo à leitura arquitectónica do Palacete a sua componente lúdica de espaço exterior de socialização. Sob este betão ficarão instaladas as necessárias máquinas de climatização protegidas da presença agressiva das brisas marítimas e integradas no contexto arquitectónico.



Figura 9 – Reconfiguração do Palacete dos Condes de Sampayo. Alhos Vedros: visualização do pátio a sul. vmsa arquitectos, 2019

As coberturas manterão o seu geometrismo, renovando-se a telha e introduzindo na pendente sul, entre telhados, um conjunto de painéis fotovoltaicos que constituirão um importante recurso energético optimizado para que este edifício contribua para a sustentabilidade ambienta, para a contenção de gastos energéticos, numa gestão que se deve querer exigente em edifícios públicos.

3. PRESERVAR A HISTÓRIA, AS MEMÓRIAS, A IDENTIDADE

A intervenção multidisciplinar de conservação e reabilitação do Palacete Condes de Sampayo, património relevante na comunidade de Alhos Vedros e nas comunidades ribeirinhas que partilham com esta Vila diversos moinhos de maré e palacetes de famílias singulares desta região, procura entender o edifício e seus contextos como resultantes de um percurso histórico onde a identidade foi sendo construída pelas pessoas. E se a identidade dos seus habitantes se perdeu no tempo, os registos materiais e as histórias relacionadas com o uso habitacional e industrial deste lugar fazem com que agora curiosos visitantes reclamem a possibilidade de visita e de usufruto deste património. Consideramos que, ao definir estratégias de acção baseadas nos valores materiais e imateriais de um lugar, opções de intervenção poderão ser ponderadas e fundamentadas minimizando potenciais impactos negativos.



Figura 10 – Reconfiguração do Palacete dos Condes de Sampayo. Alhos Vedros: visualização de fachada principal. vmsa arquitectos, 2019

Enquanto coordenadores e autores do projecto de arquitectura, criamos e gerimos as *guidelines* da intervenção, conceptuais, técnicas e culturais, onde todas as especialidades estão harmoniosamente agregadas de modo a não condicionar / invalidar os conteúdos programáticos a instalar. Este projecto de reabilitação e adaptação do Palacete Condes de Sampayo[5] reflecte em toda a sua amplitude este pressuposto uma vez que, em face de se pretender a integração do edifício numa estrutura museológica municipal, foram salvaguardadas as questões de ordem cultural em peças escritas e desenhadas do projecto, de todas as especialidades, que procuraram responder às exigências técnicas da sua consolidação estrutural, que se encontrava em risco generalizado, de modo a reabilitar este bem patrimonial qualificando-o enquanto memória histórica. Espera-se que a instalação deste novo uso, que dignificará e funcionará em conjunto com o edifício contíguo do Moinho de Maré, venha a consolidar laços socioculturais com a comunidade, criando um pólo dinâmico integrador do contexto urbano e paisagístico onde se integra.

REFERÊNCIAS

ALVES, Carlos F. Póvoa, 1992 – **Subsídios para a história de Alhos Vedros. Informações paroquiais de Alhos Vedros e Moita**. Alhos Vedros.

CAMACHO, Clara; Instituto dos Museus e da Conservação (coord.), 2007 – **Temas de museologia – Plano de conservação preventiva. Bases orientadoras, normas e procedimentos**. Lisboa: Instituto dos Museus e da Conservação. ISBN. 978-972-776-322-1.

Câmara Municipal da Moita, 2007 – **Retrato em movimento**. Moita: Câmara Municipal da Moita.

Câmara Municipal da Moita, 2012 – **Reabilitação do Palacete "Conde Sampayo" | Estudo prévio: memória descritiva.** 03 de Maio. Moita: Câmara Municipal da Moita / Divisão de Planeamento Urbanístico.

Câmara Municipal da Moita, 2014 – **Alhos Vedros no século XVI. Ed. comemorativa dos 500 anos do Foral Manuelino de Alhos Vedros**. Moita: Câmara Municipal da Moita. ISBN 978-989-98166-3-3

SIPA, 2011 – **Moinho de Maré em Alhos Vedros. Portugal, Setúbal, Moita, Alhos Vedros**. IPA.00006164. Disponível em http://www.monumentos.gov.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=6164

[5] Como nota final, reflectindo o actual contexto pandémico, note-se que o concurso de obra teve 21 demonstrações de interesse por parte de empresas portuguesas e espanholas, algumas de reconhecido curriculum na área de reabilitação, e acabou por ficar deserto. Sinais dos tempos?

ENCORE 2020

4º encontro de conservação
e reabilitação de edifícios



COMUNICAÇÕES

ENCORE 2020

4º encontro de conservação
e reabilitação de edifícios



Conservação do Património com Valor Cultural



Os trabalhos apresentados abrangem requisitos, conceitos, estratégias, soluções, metodologias e práticas específicas para edifícios e espaços urbanos com valor cultural; saberes e materiais tradicionais e novos materiais compatíveis e sustentáveis.

PEDRAS CARBONATADAS. SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS E SUA INFLUENCIA NA SUSCEPTIBILIDADE À DEGRADAÇÃO

CARBONATED STONES. SIMILARITY, DIFFERENCES AND THEIR INFLUENCE ON SUSCEPTIBILITY TO DEGRADATION

A. Rodrigues [(1)], A. P. Ferreira Pinto [(2)], B. Sena da Fonseca [(3)], S. Piçarra [(1,3)] M. F. Montemor [(3)]

(1) Escola Superior de Tecnologia do Barreiro, Instituto Politécnico de Setúbal, Portugal; alexjosrodr@gmail.com, *susana.goncalves@estsetubal.ips.pt*
(2) CERIS, Department of Civil Engineering, Architecture and Georesources, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, ana.santana@tecnico.ulisboa.pt
(3) Centro de Química Estrutural-CQE, DEQ, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, bruno.fonseca@tecnico.ulisboa.pt, mfmontemor@ist.ul.pt

RESUMO

As pedras carbonatadas foram, e são, variedades pétreas extensamente utilizadas no património construído corrente e com elevado valor cultural, que se caracterizam por possuírem composição química e mineralógica similar, mas ampla diversidade de propriedades e variabilidade de comportamentos, sendo imprescindível a compreensão desta diversidade para a sua adequada utilização na construção e conservação.

A durabilidade de variedades de composição química e mineralógica análoga (ex.: calcários e mármores) pode ser muito diversa. Uma pequena variação em determinada característica intrínseca pode influenciar de forma decisiva a sua susceptibilidade à degradação em algumas situações, sendo negligenciável noutras. A análise da susceptibilidade à degradação obriga necessariamente a um estudo abrangente e integrado de diversas características intrínsecas, dado que uma propriedade se isoladamente recolhida e interpretada pode levar a conclusões erróneas, dada a ausência de linearidade em muitos casos.

O estudo de calcários e mármores portugueses aplicados em património, a influência das suas características intrínsecas e a avaliação da variação das suas propriedades em processos de degradação serão discutidos. Através de alguns exemplos é demonstrada a necessidade de um olhar cuidadoso, caso a caso, sobre a influência das propriedades petrofísicas de cada variedade pétrea na sua susceptibilidade à degradação. Salienta-se a importância da existência de um conhecimento crítico, simultaneamente aprofundado e holístico, para a sua adequada selecção e abordagem em acções de diagnóstico e conservação.

Palavras-chave: Pedras Carbonatadas / Susceptibilidade à Degradação / Propriedades Petrofísicas / Calcários / Mármores

1. INTRODUÇÃO

A pedra é um material de construção milenar que tem sido utilizado pelo Homem com funções estruturais e ornamentais, com presença muito frequente em edifícios, tanto modernos como históricos, e em estatuária. Muito embora a diversidade de materiais pétreos disponíveis, com características adequadas à sua utilização na construção, seja grande, as variedades carbonatadas com origem metamórfica (mármores) e sedimentar (ex.: calcários, dolomias) têm sido aquelas cuja utilização tem sido mais frequente (Figura 1). Na generalidade dos casos, a proximidade de um afloramento rochoso prevaleceu como um dos principais factores para a sua utilização em determinado contexto (Delgado Rodrigues 1988; Dionısio *et al.* 2004). A facilidade de trabalho e de talhe (Aires-Barros 2001), não olvidando a apreciação pela sua qualidade estética e/ou durabilidade (Dionısio *et al.* 2004), resulta num extenso uso destas variedades, disseminado por todo o território nacional (Figura 1).



Figura 1 – Exemplos de uso de calcários e mármores em construção corrente, estatuária e monumentos

Embora a longa e intensa utilização da pedra tenha contribuído para a sua percepção como material de construção "eterno" (Brotóns, Tomás, Ivorra *et al.*, 2013; Murru, Freire-Lista, Fort *et al.*, 2018), a pedra degrada-se sob diversas formas e a diferentes velocidades, função das suas características intrínsecas (composição química, mineralógica, textura, micro-estrutura, características físicas, características mecânicas, etc.) e de factores extrínsecos (características das construções, da sua envolvente e do ambiente, etc.). Calcários muito porosos (origem sedimentar) apresentam tendencialmente uma maior susceptibilidade à degradação do que calcários menos porosos e do que as variedades carbonatadas cristalinas com baixa porosidade (mármores). Esta variabilidade é essencialmente determinada por diferenças nas características petrográficas (mineralogia e textura) e sistema poroso (Vázquez, Alonso, Carrizo *et al.*, 2013). Deste modo, o conhecimento das características intrínsecas com maior impacto na susceptibilidade à degradação é fundamental para permitir a adequada selecção e conservação destes materiais carbonatados, e na previsão do seu desempenho em serviço.

Pela sua vasta aplicação e representatividade no património português, no passado e presente, o artigo analisa a influência do espaço poroso e de características texturais para a avaliação do potencial desempenho e susceptibilidade à degradação de variedades carbonatadas, com especial incidência em calcários muito porosos e mármores calcíticos portugueses com presença significativa no património construído português. A susceptibilidade à degradação dos calcários é discutida por recurso a resultados obtidos em ensaios de gelo-degelo e dos mármores analisando o seu comportamento quando submetidos a choque térmico.

2. PEDRAS CARBONATADAS: COMPOSIÇÃO E ORIGENS

As variedades pétreas carbonatadas (ex.: os calcários e os mármores) são constituídas predominantemente por calcite ($CaCO_3$) e podem conter diversos minerais acessórios, com percentagem de ocorrência variável, sendo os minerais argilosos os que mais afectam negativamente o seu desempenho, particularmente quando na presença de água (Delgado Rodrigues, 1988). Algumas podem ainda integrar na sua composição dolomite ($CaMg(CO_3)_2$), ou ser mesmo maioritariamente constituídas por este mineral.

Sendo o mineral constituinte mais frequente a calcite, é frequente que a composição química seja idêntica entre pedras carbonatadas com diferentes origens (*i.e.* com diferentes processos de formação, *e.g.* ≈ 99% $CaCO_3$) (Aires-Barros, 2001; Ferreira Pinto, 2002).

Os calcários são variedades pétreas carbonatadas com origem sedimentar formadas através da compactação e cimentação de sedimentos carbonatados de diversas dimensões e naturezas, que podem apresentar diferentes texturas (dimensão, forma e arranjo dos grãos) dependendo do tipo de sedimentos e ambiente de sedimentação (Figura 2). Por sua vez, os mármores formam-se pela recristalização da calcite ou dolomite num contexto metamórfico (com efeito de elevada pressão e temperatura) (Figura 2), o que lhes confere reduzida porosidade e menor diversidade de propriedades. Muito embora a maioria dos calcários possuam características físicas e mecânicas muito distintas entre si, os mármores revelam alguma semelhança de comportamento quando comparados com calcários densos de baixa porosidade (Delgado Rodrigues, 1988).



Figura 2 – Diferenças texturais em calcários e mármores, dependentes da condição de formação (adaptado da classificação de Dunham em Al Omari, Rashid I. S., Qinna *et al*., 2016)

A separação entre calcários cristalinos e mármores baseia-se na presença ou ausência, respectivamente, de vestígios associados aos sedimentos, nomeadamente material fóssil e detritos biológicos (Figura 2). Durante o processo de metamorfismo ocorre a recristalização da calcite e da dolomite e a textura da rocha é alterada. Inicialmente, o metamorfismo promove a formação de cristais pequenos e à medida que vai progredindo os cristais aumentam de dimensão tornando-se reconhecíveis por observação visual. O mármore exposto a baixos níveis de metamorfismo terá cristais muito pequenos e à medida que o nível de metamorfismo progride os cristais aumentam de dimensão. A recristalização é o que determina a separação entre calcário e mármore e a presença dos cristais visíveis, que confere ao mármore uma textura granular e aparência característica que os distingue dos calcários. Este fenómeno ocorre em diferentes ambientes com condições variáveis e, por conseguinte, dele resultam diferentes variedades com maior ou menor grau de metamorfismo.

3. SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS: MÁRMORES E CALCÁRIOS

3.1. Propriedades Petrofísicas

Muito embora os mármores calcíticos e os calcários possam apresentar constituição química e mineralógica semelhantes, as diferenças texturais e do seu espaço poroso (por exemplo: porosidade, dimensão e forma dos vazios) determinam as suas características físicas e mecânicas, que são necessariamente diferentes. Consequentemente, estas diferenças – influenciadas pelo processo e ambiente de diagénese ou pelo tipo, grau e ambiente metamórfico – são condicionantes fundamentais que resultam numa susceptibilidade à degradação

distinta para cada variedade pétrea.

Os calcários apresentam grande diversidade de características físicas e mecânicas devido à variabilidade de condições, sedimentos e transformações químicas inerentes ao ambiente sedimentar de formação. Em contrapartida, os mármores caracterizam-se por serem tendencialmente mais homogéneos do que os calcários, possuírem muito reduzida porosidade (< 1%) e menor variabilidade de propriedades.

Diversos estudos têm identificado a porosidade como sendo uma das propriedades físicas mais determinantes do comportamento das variedades pétreas carbonatadas (Mamillan, 1958; Tourenq & Archimbaus, 1974; Delgado Rodrigues, 1988). Adicionalmente, boas correlações entre esta propriedade e as características mecânicas (ex. resistência à compressão, velocidade de propagação de ultra-sons) das variedades pétreas carbonatadas que não registam a presença condicionante de minerais argilosos tem vindo a ser observada (ex. Figura 3).

Os calcários que possuem elevada porosidade possuem sistemas porosos frequentemente constituídos por poros, enquanto que os calcários menos porosos e os mármores são predominantemente materiais fissurais. Este facto condiciona fortemente as diferenças de características mecânicas destes grupos de pedras, dado que a presença de fissuras reduz de forma muito mais significativa a resistência mecânica do que o mesmo volume de poros. Muito embora a maioria dos calcários possuam características muito distintas entre si, os calcários de baixa porosidade revelam alguma semelhança de comportamento quando comparados com os mármores (Delgado Rodrigues, 1988).

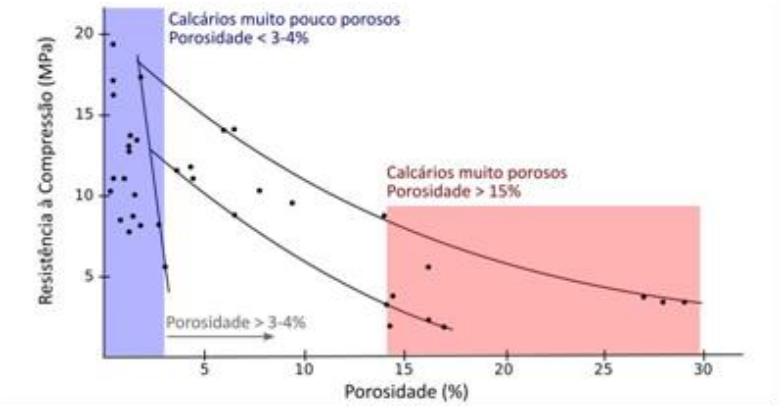


Figura 3 – Relação entre a porosidade e a resistência à compressão avaliada em provetes secos de calcários onde são evidenciadas duas zonas distintas correspondentes a variedades com reduzida porosidade e a variedades com porosidade superiores a 3 a 4% (Adaptado de: Delgado Rodrigues, 1988)

No presente estudo, são considerados calcários muito porosos aqueles que apresentam valores de porosidade superiores a 15%, critério adoptado por Delgado Rodrigues e Ferreira Pinto (Delgado Rodrigues e Ferreira Pinto, 2016). Estes calcários são os que revelam maior potencial de susceptibilidade à degradação e que, por isso, originam as situações mais difíceis para a prática da conservação e restauro e devem exigir cuidados adicionais na sua selecção para aplicação na construção.

3.2. Susceptibilidade à degradação

A água é um dos principais agentes de degradação das variedades carbonatadas consideradas, calcários e dos mármores, participando activamente em diversos mecanismos de degradação química, bem como em mecanismos que envolvem processos de variação de volume (ex: expansão térmica, formação de gelo, cristalização de sais solúveis). Estes últimos são muitas vezes responsáveis pelo desenvolvimento de fissuras, fracturas, deformação e perdas de massa, que podem pôr em risco a própria estabilidade de elementos integrantes da construção e obrigar à sua substituição ou ao recurso a acções de conservação intrusivas. Embora

os fenómenos originados pela acção do gelo e da cristalização de sais solúveis sejam bastantes diferentes, o seu potencial de desenvolvimento de danos está de igual modo relacionado com as tensões induzidas pela cristalização do gelo e dos sais, respectivamente.

A acção de ciclos gelo/degelo constituiu-se como um relevante processo de degradação da pedra durante o Inverno em diversas regiões. Durante a cristalização do gelo ocorre um aumento de volume da água (9 % vol. sob condições atmosféricas normais) quando esta passa ao estado sólido. Apesar do seu ponto de congelação ser 0 ^{o}C sob condições atmosféricas normais, no interior dos materiais porosos, a água congela a temperaturas inferiores, sendo as características do espaço poroso (distribuição de dimensão de poros, forma e interconectividade) a principal causa para a redução do ponto de congelamento e da intensidade dos danos produzidos. Quanto menor for a dimensão dos poros, mais forte é atracção da água para as suas paredes, promovendo condições para que o congelamento ocorra a temperaturas cada vez mais baixas. Deste modo, este ocorre preferencialmente no interior dos poros maiores, podendo os poros menores conter ainda água no seu estado líquido (Ruedrich, Kirchner e Siegesmund, 2011). Tendo em atenção que o espaço poroso das pedras é muito diverso e que pode integrar uma grande variedade de dimensão de poros, a cristalização do gelo ocorre de forma não simultânea e heterógena no seu interior.

A elevada porosidade registada em alguns calcários condiciona, não só as suas características mecânicas, como a sua susceptibilidade à degradação. A elevada permeabilidade e capacidade de absorção, em particular em casos com porosidade acima de 25% (Delgado Rodrigues e Ferreira Pinto, 2016), reduzem a sua resistência à degradação e colocam dificuldades à sua conservação (Delgado Rodrigues, 2001).

A muito reduzida porosidade dos mármores (0 a 1%) é a principal propriedade que justifica a elevada procura na utilização deste material de construção com excelentes características decorativas e a sua reduzida susceptibilidade à degradação por processos que envolvam a penetração de água ou outros agentes agressivos. No entanto, a exposição dos mármores a variações de temperatura pode desencadear alterações físicas relevantes que resultam no incremento da sua porosidade e da dimensão dos poros devido ao desenvolvimento de micro-fissuração e ao incremento das existentes. Este incremento de micro-fissuração reduz drasticamente as suas características mecânicas e torna os mármores mais susceptíveis à presença de colonização biológica, processos de dissolução, sulfatação, cristalização de sais e formação de crostas negras. De facto, a acção da temperatura tem sido referida como sendo a principal causa de degradação do mármore aplicado em fachadas de edifícios contemporâneos e em construções históricas e monumentais (Sassoni, Graziani, Ridolfi *et al.,* 2017). A com o comportamento térmico anisotrópico da calcite (e dolomite) (Siegesmund, Ullemeyer, Weiss *et al*., 2000) (veja-se a Figura 4(a)). Paralelamente ao eixo c, ambos os minerais possuem um coeficiente da ordem de 26 x 10^{-6} K^{-1}, no entanto, na direcção perpendicular a dolomite possui um coeficiente positivo da ordem de 6 x 10^{-6} K^{-1} e a calcite apresenta um valor negativo da mesma ordem de grandeza. Sob aquecimento, ambos os cristais expandem na direcção do eixo c, mas perpendicularmente têm comportamentos opostos. No arrefecimento, o mesmo ocorre mas no sentido inverso (Figura 4(a)). Estes comportamentos desencadeiam um estado de tensão tal que, quando este excede a coesão entre os cristais, ocorre o desenvolvimento de micro-fissuração nos limites de grão (Luque, Ruiz-Agudo, Cultrone *et al.*, 2011). Esta é a principal causa da ocorrência de duas formas de degradação características dos mármores: o "sugaring" (desagregação granular) – Figura 4(b) – e a deformação de placas de reduzida espessura utilizadas em lápides e no revestimento de fachadas contemporâneas.

Os mármores calcíticos são mais susceptíveis à expansão térmica do que os dolomíticos devido à sua maior anisotropia, *i.e*., devido às diferenças dos coeficientes de expansão térmica serem mais relevantes na calcite do que na dolomite – Figura 4(a).

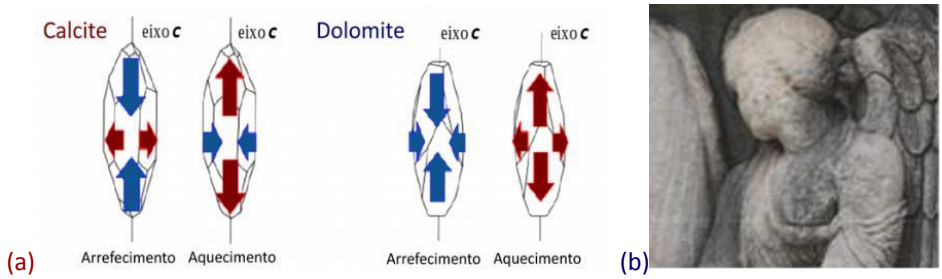


Figura 4 – Representação (a) esquemática da deformação térmica anisotrópica da calcite e dolomite (adaptado de: Zhang *et al.*, 2018; Steiger *et al*., 2011); (b) de 'sugaring' resultante do destacamento de cristais de calcite à superfície do mármore

A porosidade inicial e microestrutura dos mármores (por exemplo: dimensão, forma e orientação do grão) condicionam também a susceptibilidade (Luque, Ruiz-Agudo, Cultrone *et al.*, 2011). As pedras mais porosas possuem maior volume de vazios e fissuras disponíveis para impedir, ou reduzir, o estado de tensão desencadeado com os processos de deformação da calcite que ocorrem associados a variações de temperatura. Desde modo, quanto mais elevada for a porosidade inicial, menor serão as modificações macroestruturais, físicas e mecânicas desencadeadas pela variação de temperatura (Sassoni e Franzoni, 2014; Sena da Fonseca, Ferreira Pinto, Piçarra *et al.*, 2017).

4. MÁRMORES E CALCÁRIOS PORTUGUESES: ALGUNS EXEMPLOS

4.1. Características intrínsecas

Os calcários e os mármores calcíticos possuem frequentemente composições mineralógica e química pouco diversas como mencionado anteriormente (Figura 5(a) e Quadro 1), pelo que os valores de massa volúmica real se revelam muito semelhantes, da ordem de 2700 kg.m^{-3} (veja-se o Quadro 1). Porém, do ponto de vista da sua textura, é fácil observar a distinção entre estes dois grupos de pedras, dado que no mármore é visível a sua textura granular e a presença de cristais de calcite, resultante do processo de recristalização, ao contrário do que se observa nos calcários – Figura 5(b).

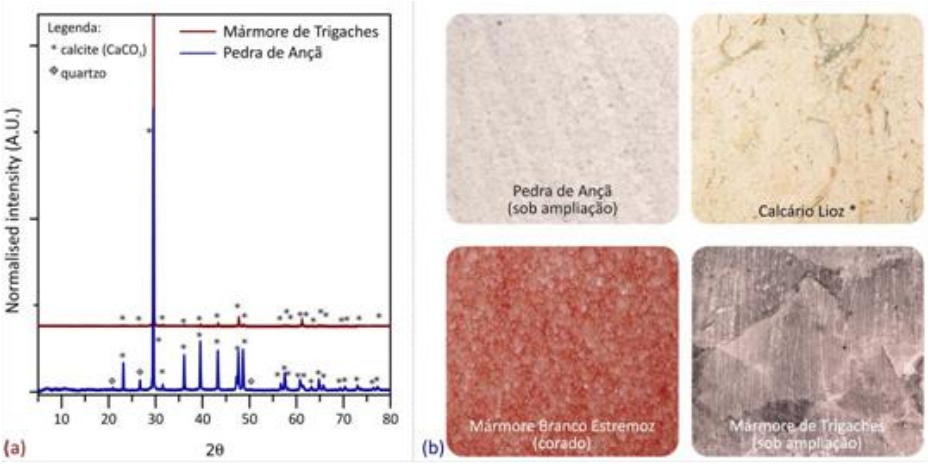


Figura 5 – DRX Ançã e mármore com mineralogia semelhante (a), exemplos de texturas distintas de pedras carbonatadas portuguesas (b) muito frequentemente utilizadas em património construído.
*Adaptado de catálogo das rochas ornamentais portuguesas

O Quadro 1 permite observar que os calcários e mármores são maioritariamente constituídos por $CaCO_3$, através da elevada percentagem de CaO. Porém, são também apresentados, a título de exemplo, valores de porosidade

de algumas variedades portuguesas, variando estes entre 1% a 27% para os calcários e entre 0,2 e 0,6% para os mármores. Esta gama de variação encontra-se dentro do expectável, dado que como supramencionado, os mármores caracterizam-se por possuírem muito reduzida porosidade (0-1%) e os calcários por poderem apresentar valores de porosidade muito varáveis (0-50%).

Quadro 1 – Composição química, massa volúmica real e porosidade: calcários e mármores portugueses

	Variedade	Composição química (%)								M.V.R.	P	V.P.U.
		MgO	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	K_2O	Fe_2O_3	P.R.	kg/m^3	%	m/s
Calcários	Anção*	0,61	53,55	2,8	0,23	0,03	0,12	0,11	42,5	2711 (±3)	27,2 (±1,1)	3200 (±100)
	Rosal**	0,10	55,91	0.22	0.1	0.08	0.05	0.05	43.82	2713 (±1)	16.0 (±0,2)	n.d.
	Boiça*	1,78	51,44	2,5	0,53	0,04	0,31	0,52	42,1	2710(±5)	9,6 (±1,1)	4750 (±200)
	Lioz*	0,59	54,59	1,04	0,13	0,02	0,11	0,17	43,0	2709 (±9)	0,9 (±0,2)	n.d.
Mármores	Branco Estremoz**	0,08	55,21	0,97	0,50	0,03	0,11	0,08	42,95	2703 (±2)	0,63 (±0,1)	n.d.
	Ruivina escuro**	0,18	55,07	1,07	0,36	0,05	0,12	0,09	43,42	n.d.	0,2 **	n.d.
	Trigaches escuro**	0,67	54,79	0,11	0,52	0,04	0,03	0,06	43,80	2708 (±3)	*0,49 (±0,07)*	n.d.
	Cinzento claro Trigaches**	0,95	54,59	0,08	0,23	0,06	0,06	0,10	43,88	2709 (±5)	*0,55 (±0,09)*	n.d.

Legenda: *M.V.R.* – Massa volúmica real; P – porosidade; *V.P.U.* – velocidade de propagação de ultra-sons; PR – perda ao rubro; (Ferreira Pinto, 2002); ** Catálogo das rochas ornamentais portuguesas (análise química; valor de porosidade de Ruivina escuro); † Sena da Fonseca 2018; Valor médio (± desvio-padrão); n.d. – não determinado

Estas diferenças de porosidade manifestam-se, entre outros aspectos, em capacidade de absorção de água (Figura 6) e permeabilidade distintas (Sena da Fonseca, Castela, Duarte *et al.* 2015), sendo expectável comportamentos muito diversos em calcários: desde uma muito rápida e elevada capacidade de absorção em calcários muito porosos (ex: Pedra de Ançã, Figura 6(a)), a uma capacidade muito reduzida ou quase inexistente em calcários de reduzida porosidade (ex: pedra Lioz, Figura 6(a)). Por outro lado, revelam-se semelhanças na capacidade de absorção de água entre alguns mármores e calcários muito pouco porosos, devido às semelhanças dos seus valores de porosidade e do seu espaço poroso, tendencialmente do tipo fissural (Figura 6(b)).

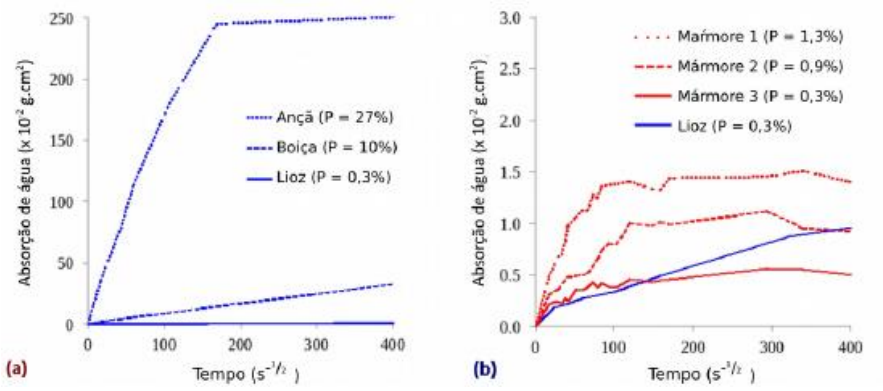


Figura 6 – Curvas de absorção de água por capilaridade determinadas em (a) três variedades de calcário e (b) num calcário pouco poroso (Lioz) e três variedades de mármore, diferindo a sua porosidade (P)

O incremento da porosidade afecta negativamente a qualidade da pedra e condiciona a sua capacidade de absorção de água e permeabilidade. De facto, as pedras podem ser divididas em classes com base nos seus valores de porosidade, absorção de água (Pinto, Alho, Moura *et al.* 2006) ou permeabilidade (Sena da Fonseca,

Castela, Duarte *et al.* 2015) que expressam a sua adequabilidade a determinada aplicação. Por outro lado, a porosidade e a sua influência na qualidade da pedra pode ser detectada através da velocidade de propagação de ultrassons (Figura 7(a)). A relação entre a velocidade de ultrassons medida numa dada rocha (v_r) e a velocidade da rocha "perfeita" (v_{rp}) permite definir um índice de qualidade (IQ) que quantifica a acção global das descontinuidades existentes no espaço poroso, tal como proposto em Tourenq & Fourmaintraux (1974). Com base nesta proposta, bem como do conhecimento da velocidade da rocha "perfeita", é possível estimar a contribuição dos poros (P_p) e fissuras (P_f) na porosidade total ($P = P_p + P_f$), Figura 7 (b). No caso dos calcários e mármores a velocidade da "rocha perfeita" é de 6600m.s^{-1} e corresponde à velocidade teórica máxima que pode ser obtida numa dada rocha, definida em função da sua composição mineralógica. A aplicação desta relação às pedras de Ançã e da Boiça permite obter valores IQ de 48% e da ordem de 70% (Ferreira Pinto 2002), respectivamente.

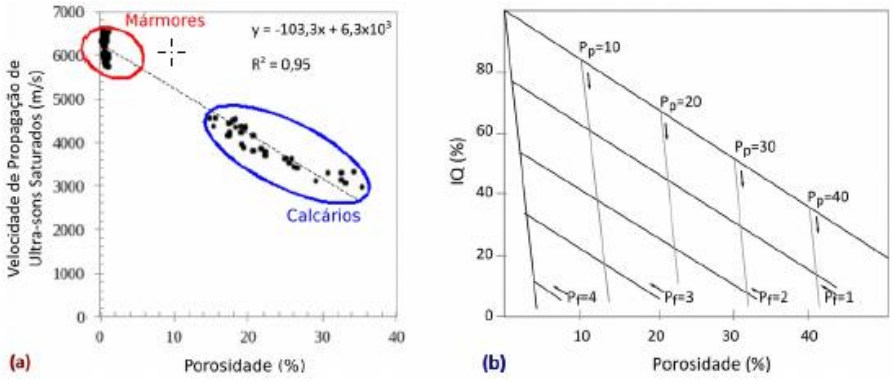


Figura 7 – Relação entre os valores de porosidade e da velocidade de propagação de ultra-sons em calcários e mármores portugueses (a); e (b) índice de qualidade (IQ) em função da porosidade (segundo Tourenq & Fourmaintraux, 1974)

Ao contrário do que ocorre no espaço poroso dos calcários, os valores de velocidade de propagação de ultra-sons nos mármores quando determinados (e comparados) no estado seco e saturado apresentam diferenças significativas (Figura 8(a)), ainda que a quantidade de água correspondente ao estado de saturação seja muito reduzida. Tal variação deve-se ao facto de o espaço poroso dos mármores ser tendencialmente fissural, sendo as fissuras descontinuidades mais ou menos planares, de espessura muito reduzida e com elevada superfície específica. Estas descontinuidades dependem das diferenças texturais dos mármores e de eventual fissuração interganular e intragranular que possam conter. Um exemplo ilustrativo destas diferenças é apresentado na Figura 8(b), onde as distintas texturas de três variedades de mármore foram evidenciadas por recurso à prévia impregnação das amostras com corante.

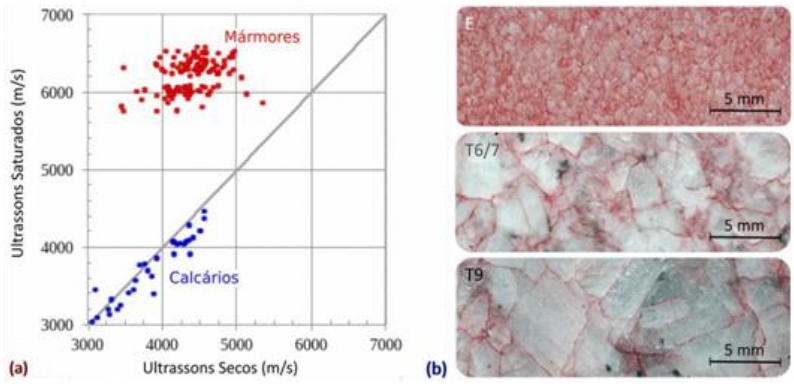


Figura 8 – (a) Medições de velocidade de ultra-sons efectuadas em calcários (P = 16%-33%) e mármores (P = 0,4 e 1,3%) determinadas no estado seco e saturado. (b) Exemplos de diferentes texturas de mármores portugueses (E, Branco de Estremoz; T6/7 e T9, dois tipos de mármore de Trigaches)

4.2. Susceptibilidade à degradação

A influência do espaço poroso e de características petrográficas (ex: textura) na susceptibilidade à degradação de variedades carbonatadas (calcários porosos e mármores) portuguesas com presença significativa no património construído português são brevemente apresentadas. As variedades analisadas não revelam expansibilidade hídrica significativa, razão pela qual não possuem um teor em minerais argilosos que condicione o a sua susceptibilidade à degradação, bem como o quartzo não se constituiu como um mineral acessório determinante das diferenças de comportamento analisadas. A susceptibilidade à degradação dos calcários é discutida por recurso a resultados obtidos em ensaios de gelo-degelo e dos mármores analisando o seu comportamento quando submetidos a choque térmico.

Verifica-se em diversos casos, como acima referido, que a susceptibilidade à degradação de calcários, com diferentes proveniências e porosidades (ex: Lioz P = 0,9%; Rosal P = 16%, Pedra de Ançã P = 27%), submetidos a ciclos de gelo/degelo é muito distinta e frequentemente apresenta forte dependência dos valores de porosidade (Lioz 144 ciclos; Rosal 25 ciclos; Pedra de Ançã < 25 ciclos) (Catálogo das rochas ornamentais portuguesas). O estudo de três variedades de Pedra de Ançã (calcário considerado frequentemente como sendo bastante homogéneo) provenientes de blocos recolhidos na mesma pedreira (A1, B2 e A2), evidenciou a diversidade de características intrínsecas passíveis de ocorrer entre variedades pétreas com a mesma origem, como se observa no Quadro 2, e a sua influência na suscetibilidade à degradação, Figura 9.

Quadro 2 – Propriedades dos calcários e mármores portugueses estudados

		M.V.R.	***n***	**P**	***n***	**T.A. 48h**	***n***	**C.S.**	***n***	**V.P.U.**	***n***
		kg/m^3		%		%		%		m/s	
Calcário (Pedra de Ançã)	A1	2685 (±1,5)	24	15,8 (±1,2)	24	5,8 (±0,5)	24	82,8 (±2,5)	24	4450 (±250)	24
	B2	2704 (±16,9)	24	22,4 (±1,2)	24	10,3 (±0,9)	24	96,3 (±4,2)	24	3880 (±150)	24
	A2	2697 (±1,5)	22	30,9 (±1,5)	22	14,5 (±1,2)	22	87,4 (±1,8)	22	3060 (±220)	24
Mármores	T9	2711 (±1,7)	20	0,49 (±0,07)	20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4096 (±280)	20
	T6/7	2708 (±4,2)	20	0,55 (±0,09)	20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4500 (±230)	20
	E	2717 (±1,0)	20	0,63 (±0,07)	20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3760 (±540)	20

Legenda: M.V.R. = Massa volúmica real; P. = porosidade; T.A.48h = teor de água 48h; C.S. = coeficiente de saturação; V.P.U. = velocidade de propagação de ultra-sons; valor médio (± desvio-padrão); n = número de provetes; n.d. = não determinado

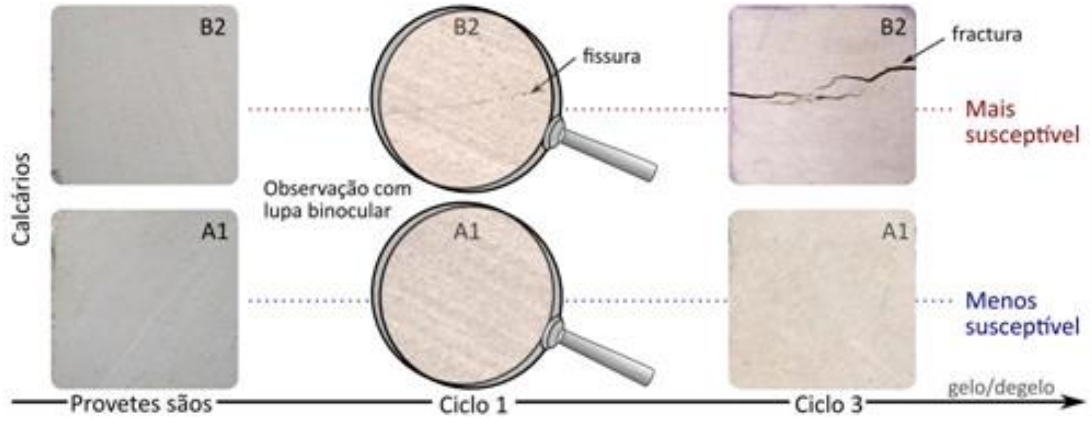


Figura 9 – Comparação visual entre dois conjuntos de pedra de Ançã submetidos a ciclos de gelo/degelo

A susceptibilidade das diferentes variedades de Pedra de Ançã à acção de três ciclos de gelo/degelo[1] é visível nas Figuras 9 e 10.

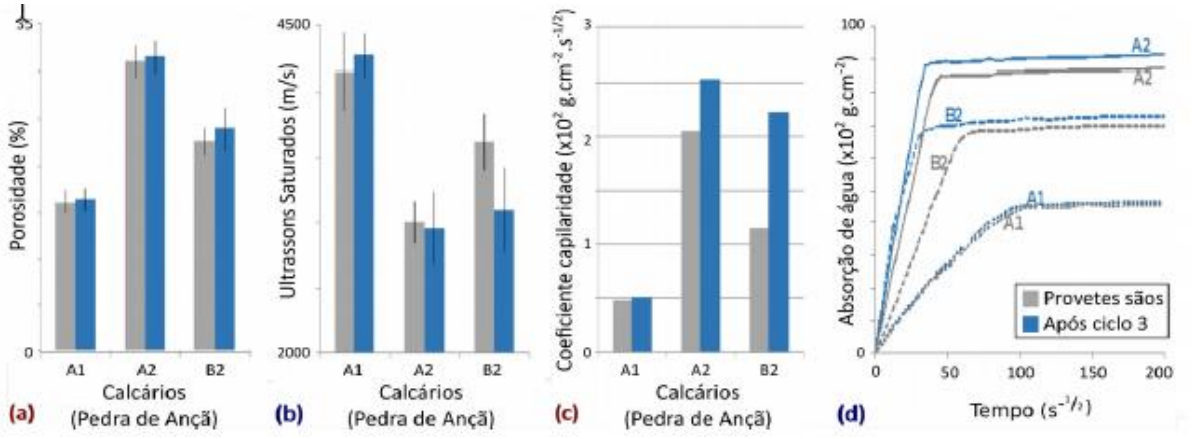


Figura 10 – Avaliação da variação das propriedades de diferentes calcários (pedra de Ançã) submetidos a três ciclos de gelo/degelo: (a) porosidade, (b) ultra-sons saturados, (c) coeficiente de capilaridade, (d) absorção de água ao longo do tempo

A observação visual dos provetes ensaiados e a variação da porosidade, da velocidade de ultrassons e das características de absorção de água evidenciaram efectivamente susceptibilidades à degradação consideravelmente distintas (B2 > A2 > A1, ex: Figura 9). Os resultados obtidos confirmam a influência da porosidade, dado que a variedade menos porosa (A1) foi a que revelou menor susceptibilidade à degradação, e evidenciam a influência da interconectividade do espaço poroso. Muito embora a variedade B2 possua um valor de porosidade intermédio (23%) entre os que caracterizam A1 (17%) e A2 (32%), foi aquela que revelou maior coeficiente de saturação (96,3%), ou seja, apresenta um espaço poroso fortemente interconectado que permite atingir um estado próximo da saturação através de imersão em água.

As diferenças de características intrínsecas dos calcários obrigam a um olhar cuidadoso sobre a influência das propriedades petrofísicas de cada variedade pétrea na sua susceptibilidade à degradação e nas acções de diagnóstico e conservação. Um exemplo dado por Ferreira Pinto (Ferreira Pinto, 2002) evidencia a influência das características do espaço poroso na susceptibilidade à acção da cristalização de sais de diversas variedades de pedras carbonatadas, sob a qual foi obtido incremento de susceptibilidade em ordem inversa aos valores de porosidade associados – Ançã (P = 27%) > calcário miocénico (P = 16%) > pedra de Boiça (P = 10%). Neste caso, as características do espaço poroso revelaram-se também particularmente relevantes e evidenciaram que a porosidade, ou outra característica por si só, dificilmente permite informar sobre a susceptibilidade à degradação, como é também suportado pelos resultados apresentados em seguida relativos ao estudo do comportamento de três variedades de mármores portugueses quando submetidos a choque térmico.

Duas variedades de mármores de Trigaches (T9 e T6/7) com diferenças texturais, Figura 8, e uma variedade de mármore de Estremoz (branco) (E) – Quadro 2 e Figura 8(b) – foram submetidas a uma acção térmica[2], revelando a variação de propriedades apresentada na Figura 11.

[1] Cada ciclo teve a duração de 24h, em que os provetes previamente imersos em água durante 48h foram condicionados durante 7h ± 1h a -18 ºC ± 2 ºC, ao que se seguiu um período de 17h ± 1h de imersão em água à temperatura ambiente.

[2] Aquecimento a 200 ºC (no estado saturado) durante uma hora seguido de arrefecimento à temperatura ambiente e a um novo aquecimento a 400 ºC (no estado seco).

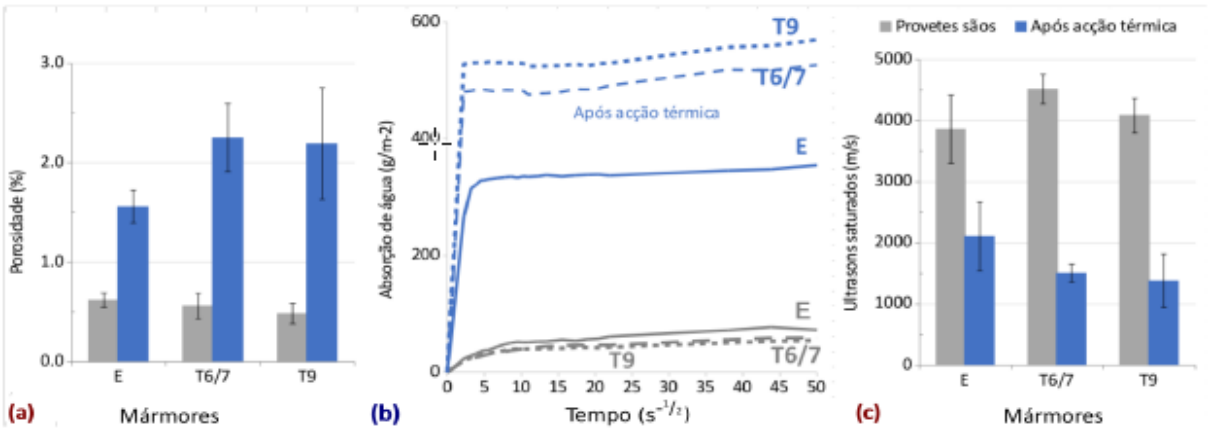


Figura 11 – Avaliação da variação das propriedades de três variedades de mármore submetidas a acção térmica: (a) porosidade, (b) absorção de água ao longo do tempo, e (c) ultra-sons saturados.

De acordo com os resultados ilustrados, a acção térmica terá potenciado a propagação da microfissuração pré-existente e aumento do espaço poroso em todos os casos devido essencialmente à anisotropia do coeficiente de expansão térmica da calcite segundo os seus eixos. Verifica-se que a susceptibilidade associada apresenta a tendência E < T6/7 ≈ T9, ao contrário da relação inicial entre as suas porosidades iniciais (T9 < T6/7 < E, Figura 11(a)). Neste caso salienta-se que as diferenças texturais, nomeadamente o tamanho do grão, revelaram um papel determinante na susceptibilidade à degradação por acção térmica uma vez que os mármores com maior dimensão de grão apresentaram, neste caso, uma maior alteração nas suas propriedades iniciais (porosidade, coeficiente de absorção capilar e velocidade de propagação de ultrassons, Figura 11). Se por um lado a reduzida dimensão de grãos (ex. em E) implica uma maior porosidade intergranular inicial e consequentemente a formação de uma maior quantidade de microfissuras nos limites dos grãos, a maior dimensão dos grãos de calcite (ex. em T6/7 e T9) conduz a uma maior dilatação diferencial absoluta de cada grão e microfissuras com maior impacto nestas propriedades.

Os resultados apresentados (calcários e mármores) evidenciam que uma pequena variação no valor absoluto de determinada característica intrínseca pode estar associada a uma significativa perda de coesão ou resistência mecânica num caso, sendo noutro negligenciável, dado que a ordem de grandeza de variação de propriedades é muito diferente. A variação da porosidade e da velocidade de ultrassons da Pedra de Ançã B2 (mais susceptível) é da ordem de 6% e -14%, respectivamente, enquanto que a variação da porosidade e da velocidade de ultrassons no mármore de Trigaches T9 é da ordem de 450% e -20%, respectivamente, correspondendo cada um dos casos a um estado de degradação avançado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma simples e breve, as principais diferenças e semelhanças entre calcários e mármores calcíticos com maior influência no seu desempenho na construção são: i) o facto de serem variedades maioritariamente constituídas por carbonato de cálcio; ii) revelarem valores de porosidade em gamas muito diferenciadas (calcários: 0-50%, mármores: 0-1%); e iii) o seu espaço poroso ser bastante diferente, sendo do tipo fissural nos mármores, enquanto que o dos calcários é tendencialmente constituído por poros.

No que respeita à influência destas características na susceptibilidade à degradação: i) nos calcários a relação com a porosidade e as características do espaço poroso são muito relevantes; ii) enquanto que nos mármores são as características texturais que geralmente mais influenciam, especialmente perante variações de temperatura. Em ambos os casos, as alterações físicas causadas tendencialmente resultam no incremento da sua porosidade e da dimensão dos poros. Porém, dentro de cada um deles, a ordem de grandeza de variação de

propriedades é muito diferente. Através dos dados recolhidos, conclui-se que um conhecimento crítico, caso a caso, simultaneamente aprofundado e holístico, é essencial para a sua adequada selecção e abordagem em acções de diagnóstico e conservação deste legado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo financiamento do projecto Project NanoCStoneH – Innovative nanocomposite for the conservation and consolidationof carbonate stone heritage (PTDC/ECI-EGC/29006//2017), CQE(UID/QUI/00100/2019) e CERIS (UID/ECI/04625/2019). Os autores agradecem a Maria Leonor Costa e Daniel Fonseca pelo apoio no trabalho experimental.

REFERÊNCIAS

'**Catálogo das rochas ornamentais portuguesas'**. URL: http://rop.lneg.pt/rop/ (Consultado a 10 Dezembro 2019).

AL OMARI M. M.; RASHID I. S.; QINNA N. A.; JABER A. M.; BADWAN A. A., 2016 – **Calcium carbonate**. In *Profiles Drug Subst Excip Relat Methodol*. 41, pp. 31-132.

BROTÓNS, V.; TOMÁS, R.; IVORRA, S.; ALARCÓN, J. C., 2013 – **Temperature influence on the physical and mechanical properties of a porous rock: San Julian's calcarenite**. *Engineering Geology*. 167, pp. 117-127.

DELGADO RODRIGUES, J., 1988 – **Proposed geotechnical classification of carbonate rocks based on Portuguese and Algerian exemples**. *Engineering Geology*. ELSEVIER: n.d. V, 25, pp. 33-43.

DELGADO RODRIGUES, J., 2001 – **Swelling behaviour of stones and its interest in conservation. An appraisal**. *Materiales de Construcción*. 51(263-64), pp. 183-195.

DELGADO RODRIGUES, J., FERREIRA PINTO, A. P., 2016 – **Consolidação de calcários muito porosos, problemas e perspectivas de solução**. Geonomos. 24(2), pp. 202-208.

FERREIRA PINTO, A. P., 2002 – **Conservação de pedras carbonatadas. Estudo e selecção de tratamentos**. Tese de doutoramento. Lisboa: Univ. Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.

LUQUE, A.; RUIZ-AGUDO, E.; CULTRONE, G.; SEBASTIÀN, E.; SIEGESMUND, S., 2011 – **Direct obser-vation of microcrack development in marble caused by thermal weathering.** *Environ-mental Earth Sciences*. 62, pp. 1375-1386.

MURRU, A.; FREIRE-LISTA, D. M.; FORT, R.; VARAS-MURIEL, M. J.; MELONI, P., 2018 – **Evaluation of post-thermal shock effects in Carrara marble and Santa Caterina di Pittinuri limestone**. *Construction and Building Materials*. 186, pp. 1200-1211.

PINTO, A.; ALHO, A.; MOURA, A.; HENRIQUES, A.; CARVALHO, C.; RAMOS J.; ALMEIRA, N.; MESTRE, V., 2006 – **Manual da pedra natural para arquitectura**. Direcção Geral de Geologia e Energia, p. 194.

RUEDRICH, J.; KIRCHNER, D.; SIEGESMUND, S., 2011 – **Physical weathering of building stones induced by freeze–thaw action: a laboratory long-term study**. *Environmental Earth Science*. 63, pp. 1573-1586.

SASSONI, E.; FRANZONI, E., 2014 – **Influence of porosity on artificial deterioration of marble and limestone by heating**. *Applied Physics A*. 115, pp. 809-816.

SASSONI, E.; GRAZIANI, G.; RIDOLFI, G. *et al*., 2017 – **Thermal behavior of Carrara marble after consolidation by ammonium phosphate, ammonium oxalate and ethyl silicate**. *Materials & Design*. 120, pp. 345–353.

SENA DA FONSECA, B.; CASTELA, A. S.; DUARTE, R. G. *et al*., 2015 – **Non-destructive and on site method to assess the airpermeability in dimension stones and its relationship with other transport-related properties**. *Materials and Structures*. 48(11), pp. 3795-3809.

SENA DA FONSECA, B.; FERREIRA PINTO, A. P.; PIÇARRA, S.; MONTEMOR, M. F., 2001 – **Artificial aging route for assessing the potential efficacy of consolidation treatments applied to porous carbonate stones**. *Materials & Design*. 120, p. 10-21.

SIEGESMUND, S.; ULLEMEYER, K.; WEISS, T.; TSCHEGG, E. K., 2000 – **Physical weathering of mar-bles caused by anisotropic thermal expansion**. *International Journal of Earth Sciences*. 89, pp. 170-182.

STEIGER, M.; CHAROLA, A. E.; STERFLINGER, K. 2011 – **Weathering and deterioration**. In Stone in architecture: properties, durability. (Eds. S. Siegesmund, R. Snethlage). Berlin: Springer.

TOURENQ, C.; FOURMAINTRAUX, D., 1974 – **L´Indice de qualité des roches, quelques applications**. In *Proceedings of the 2nd International Congress of the International Association of Engineering Geology*. Vol.1, IV-20. São Paulo, Brasil.

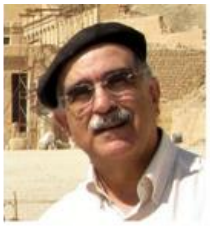
VÁZQUEZ, P.; ALONSO, F.J.; CARRIZO, L. *et al*., 2013 – **Evaluation of the petrophysical properties of sedimentary building stones in order to establish quality criteria**. *Construction and Building Materials.* 41, pp. 868-878.

ZEISIG, A.; SIEGESMUND, S.; WEISS, T., 2002 – **Thermal expansion and its control on the durability of marbles**. London: Geological Society, Special Publications. 205(1), pp. 65-80.

ZHANG, Z-J.; LIU, J-B.; LI, B., YANG, X-G, 2018 – **Thermally induced deterioration behaviour of two dolomitic marbles under heating-cooling cycles**. *Royal Society Open Science*. 5, p. 180779.

CRITÉRIOS E METODOLOGIA NA PREPARAÇÃO DE INTERVENÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE SUPERFÍCIES PÉTREAS EM PATRIMÓNIO CULTURAL

CRITERIA AND METHODOLOGY FOR THE PREPARATION OF CONSERVATION INTERVENTIONS IN STONE SURFACES OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS




J. Delgado Rodrigues [(1)], Patrícia Mestre M. Carvalho [(2)]

(1) LNEC (Ap.), Portugal, delgado@lnec.pt
(2) Conservadora-Restauradora, Portugal, patriciames@gmail.com

RESUMO

Os estudos preparatórios das intervenções em património são etapas essenciais que requerem investimentos significativos para identificar os problemas, para encontrar as causas que lhes deram origem e para definir as medidas que podem ajudar a resolvê-los, ou a minimizá-los. Esta fase pode revelar-se bastante complexa, pela diversidade de problemas e multiplicidade de actores, pelo que deve ser orientada por metodologias apropriadas, interdisciplinares, sustentadas em estudos criteriosos e em ambiente de diálogo e convergência de pressupostos e de objectivos, de forma a satisfazer os requisitos exigidos às intervenções feitas em património cultural.

Após enquadramento teórico, apresenta-se o conceito e uma metodologia de elaboração da informação técnica e científica para servir de base ao concurso de empreitadas para implementação das acções definidas em fase de diagnóstico. O conceito pressupõe que são definidos os objectivos a atingir e que são indicadas as restrições e obrigações a serem respeitadas em obra. A metodologia pressupõe a identificação das necessidades de conservação agrupadas em unidades espaciais onde os problemas e as acções se possam considerar relativamente uniformemente distribuídos de forma a simplificar e facilitar o diálogo com os operadores e a agilizar as subsequentes operações de selecção, acompanhamento e fiscalização.

A metodologia exige uma apresentação de propostas com abordagens específicas aos problemas identificados e indicação objectiva das acções que os resolverão, o que implica investimento dos concorrentes no estudo do caso, devendo por isso a qualidade da proposta ter um peso majorado nos critérios de selecção. Ou seja, os preços são analisados em pormenor, mas a metodologia recusa a simples selecção com base no menor preço e promove, antes, a avaliação das competências. Mesmo estabelecendo previamente as melhores soluções possíveis pode ocorrer um desastre patrimonial motivado por uma má escolha de operadores forçada por uma lei que (apenas) supostamente impõe a escolha pelo preço mais baixo, levando à aceitação de concorrentes sem a necessária preparação para a implementação de todas as tarefas exigíveis.

Palavras-chave: Intervenções de Conservação / Unidades de Conservação / Mapeamento de Unidades / Objectivos de Conservação / Património Cultural

1. A INTERVENÇÃO DE CONSERVAÇÃO E A SUA INERENTE COMPLEXIDADE

É consensual que uma intervenção de conservação em património cultural (PC) envolve múltiplas operações e diversos intervenientes e que deve ser operacionalizada de forma faseada, sem atropelo de etapas e sem concessões ao facilitismo e ao amadorismo. Em objectos de maior porte e significado, as intervenções podem atingir graus elevados de complexidade, onde as boas-práticas e a tradição não chegam para garantir a satisfação dos objectivos. Sendo natural admitir que cada caso é diferente do outro, importa salientar também que a simples extrapolação entre casos envolve riscos e que, por isso, não deve ser feita de forma acrítica e por simples cópia entre situações que, aparentemente similares, podem conter diferenças muito relevantes.

Como modelo, poderíamos dizer que uma intervenção de conservação deve ser enquadrada e preparada com a convergência de contributos vindos de duas grandes áreas do conhecimento: "ciências naturais e tecnologia" e "ciências sociais e humanidades". A primeira aporta o conhecimento dos componentes materiais e os seus contributos são caracterizados pela objectividade, enquanto que a última contribui com análises de valor, enquadramentos, julgamentos, opções e decisões, de natureza imaterial, que primam pelo seu carácter subjectivo e contingente. Esta convergência das diferentes valências é também a oportunidade de estabelecimento do diálogo entre a Ciência e a Sociedade, na perspectiva de procurar as melhores opções que preservem o bem cultural dentro dos parâmetros e objectivos definidos pela Sociedade.

Apesar de os resultados da contribuição das ciências naturais e tecnologias serem objectivos e, em geral, inequívocos, quando são feitos convergir com os pressupostos das ciências sociais, onde não existem soluções únicas e inequívocas, podem resultar numa diversidade de soluções, onde o carácter especulativo, a subjectividade e a controvérsia passam a ocupar uma posição significante. À incerteza mensurável dos dados científicos soma-se uma incerteza incomensurável introduzida pela subjectividade do diálogo com a Sociedade, donde pode resultar um enquadramento de acção excessivamente fluido e incerto, e propício à tomada de opções equivocadas ou, mesmo, espúrias.

A convocação de contributos de múltiplas áreas, seguindo metodologia apropriada e privilegiando o diálogo, é a forma mais robusta de evitar equívocos que conduziriam a soluções inadequadas e a resultados erróneos.

2. A INTERVENÇÃO DE CONSERVAÇÃO E AS SUAS FASES

Aceitando a complexidade como inerente a estas operações, a forma mais eficaz de lidar com ela é seguir uma metodologia faseada, onde as etapas sejam bem definidas e com uma sequência lógica que conduza de forma sustentada até à etapa mais crítica, a implementação das acções, pois é aqui que os pontos fortes e os pontos fracos da metodologia são postos à prova e onde os custos da impreparação e da falta de rigor assumem as maiores e mais definitivas consequências.

O mundo das intervenções em PC desenvolve-se entre dois extremos: i) casos, infelizmente os menos frequentes, com boa preparação, boa execução e boa documentação do antes, durante e depois da intervenção; ii) casos, infelizmente demasiado frequentes, de intervenções abusivas, desrespeitosas, mal preparadas e mesmo desastrosas. Entre os dois extremos, existe um vasto domínio suportado na ideia equivocada de que as intervenções de conservação podem ser abordadas com os processos e as metodologias da indústria da construção. Conforme as exigências e as bases de partida se aproximem de um ou do outro desses extremos, assim os resultados se aproximam mais ou menos do aceitável ou do desastre.

No património construído, a semelhança de tipologias, na sua componente material, pode ser um convite a fazer

o paralelismo com as construções correntes, mas a componente imaterial impede de forma absoluta e definitiva que tal analogia seja tida como aceitável. De facto, noções como projecto, normalização, especificações, documentos contratuais, requisitos processuais, qualificação dos profissionais, entre outras, requerem definições e conteúdos específicos para serem adaptadas ao tipo muito particular das intervenções em PC. Elas não podem, nem devem, de forma alguma, ser transpostas directa e acriticamente dos códigos seguidos pela indústria da construção.

Uma intervenção de conservação destina-se a resolver problemas que afectam os valores do bem cultural em dimensão tal que justifica a sua resolução. A percepção do grau em que tais valores são afectados, a significância do bem cultural e os meios disponíveis determinam o tipo de iniciativa a tomar, a qual, por sua vez, se deve desenrolar de forma a satisfazer as expectativas existentes sobre a recuperação desses valores. Dá-se, assim, como adquirido que uma intervenção de conservação, que se prepara para ser materializada na componente material, deve aparecer informada e enformada pela análise do contexto do bem cultural e deve procurar atingir objectivos que correspondam às expectativas que sobre ele foram (estão) criadas.

No esquema apresentado na Figura 1, os problemas aparecem em lugar central, como forma de traduzir a essência da proposta da metodologia que será abordada nesta comunicação e que se dirige essencialmente à componente material da solução dos problemas (lado esquerdo do esquema), mas assente no pressuposto de que outras metodologias e outros actores se ocuparam e se ocuparão das vertentes imateriais (lado direito). O esquema indica que os problemas são resolvidos com acções, mas impõe uma via própria para se chegar até elas. Sugere-se com ele, também, que as acções resultam da avaliação das soluções existentes e que devem resultar do confronto das opções disponíveis com os grandes objectivos e expectativas criados para a intervenção, e respeitando os princípios éticos aplicáveis.

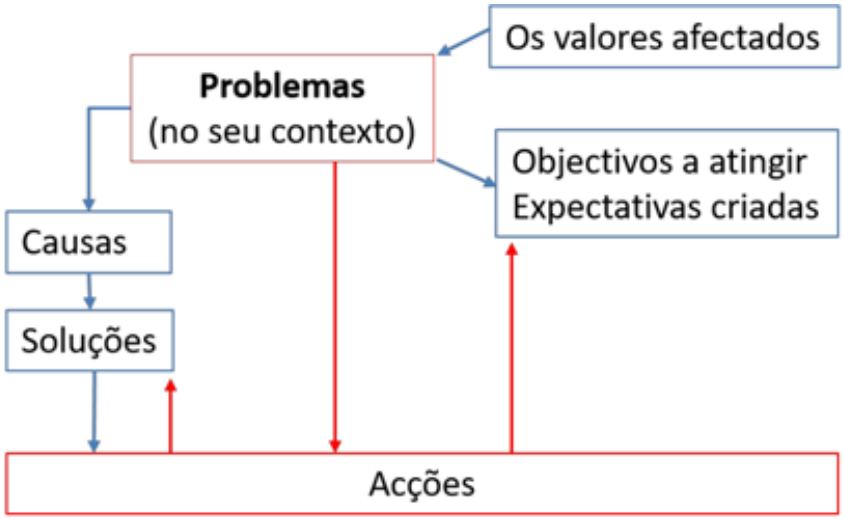


Figura 1 – Esquema simplificado onde se enquadra a preparação das intervenções de conservação em bens culturais. A metodologia desenvolvida no artigo dirige-se ao lado esquerdo do esquema, no pressuposto de que outras metodologias e outros actores se ocupam das restantes componentes do processo

Este esquema simplificado contém, implicitamente, um faseamento que começa pelo reconhecimento do problema e prossegue com a identificação das causas que lhe possam ter dado origem, pela pesquisa de soluções e pela definição de possíveis acções para a implementação destas. A avaliação de fenómenos materiais, verificados (problemas) ou planeados (soluções), só é possível com análises críticas dos seus impactes na e consequências para a conservação dos valores (obviamente imateriais), pelo que este esquema tem como actores principais os cientistas da conservação (tradução da terminologia mais consagrada de *conservation scientists*), nas diversas especialidades que possam ser chamadas a intervir. A identificação dos valores do

objecto e a avaliação da interferência que neles possam ter quer os problemas quer as soluções são aspectos essenciais da preparação das intervenções. Destas análises, e do seu confronto com as expectativas e os grandes objectivos de conservação pretendidos para o objecto, resultará a definição de objectivos parcelares e específicos para as acções a implementar.

O "projecto de conservação" aparecerá na sequência desse diálogo, constituindo-se como conjunto de regras e procedimentos que permitirão orientar na concretização dos objectivos específicos das acções, na prossecução dos objectivos maiores da intervenção.

É com estes pressupostos que aqui se sugerem algumas regras básicas para a fase que imediatamente sucede ao esquema acima comentado: a preparação da documentação técnica para lançar o concurso para uma empreitada de conservação e restauro.

2.1. Clarificação sobre aplicabilidade de algumas noções correntes

As actividades que precedem a implementação de uma empreitada são genericamente designadas como fase de projecto, sendo o projecto, em termos simples, o conjunto de toda a informação, regras, exigências e normativas que definem os termos em que o empreiteiro se deve mover para atingir os objectivos pretendidos. Na indústria da construção, o projecto é um documento exaustivo e determinístico onde não cabem inovações ou alternativas do empreiteiro, a menos que sejam explicitamente admitidas. O empreiteiro deve ser um executante fiel das determinações do projecto, o engenheiro de obra é o "tradutor" das determinações e garante de que são devidamente executadas pelo operário, em que este deve ser um executante competente, mas de quem não são esperadas especulações sobre os quês e os porquês do que lhe é mandado executar.

Admitindo, para simplificar, que uma intervenção de conservação deve ser precedida de um "projecto de conservação", importa desde logo salientar que tal projecto tem exigências e especificidades muito próprias, que invalidam um paralelismo em forma, conteúdo e implicações com os projectos tradicionais da indústria da construção. A diferença crítica está no final da linha, no executante das acções. Se na empreitada corrente está o operário, na intervenção de conservação está (ou deveria estar) um conservador-restaurador (C-R). Ora, este não deve ser apenas um executante competente, deve ser capaz de fazer um juízo crítico sobre os quês e os porquês e, em muitas situações, as suas contribuições podem ser a chave para a resolução dos problemas e para a adequada implementação das acções e cumprimento dos objectivos.

Neste enquadramento, um "projecto de conservação" deve ter como pressuposto que o executante final (o C-R) é um interlocutor e não um mero receptor passivo das instruções e exigências do "projecto". Como tal, a informação, as exigências e as determinações terão de ser preparadas e apresentadas como documento não-fechado, onde o último passo será encontrado, discutido e aprovado em fase de concurso e na passagem fase de implementação. Num "projecto de conservação", o diálogo das diferentes disciplinas envolvidas e entre actores, que é essencial nas fases de diagnóstico e definição das acções, continua a ser um instrumento importante nas fases de tomada de decisão e de implementação dessas acções.

Uma outra diferença essencial deve ser aqui mencionada. Se, num projecto convencional, a tónica é posta no rigor e eficácia das exigências feitas, num "projecto de conservação", a tónica deve estar na qualidade da informação coligida e apresentada e na clareza e rigor dos objectivos pretendidos.

Tomando a limpeza de uma superfície pétrea como exemplo, podemos dizer que, após caracterização dos problemas existentes, é mais importante e eficaz que o "projecto" defina os objectivos a atingir do que se alongue a perorar sobre os processos de limpeza e a determinar formas muito precisas de a executar.

Este conceito de abordagem à preparação das intervenções de conservação requer uma forma diferente de olhar para os problemas e necessita de algumas modificações nos moldes em que a informação relevante é coligida,

interpretada e apresentada. Esta diferença é mais sentida quando se compara a forma como essa mesma informação é usada para fins estritamente científicos. Uma discussão mais aprofundada deste tema está apresentada em (Delgado Rodrigues, 2015).

A terminologia a usar é um aspecto relevante em todo o processo de preparação de uma intervenção de conservação. Para além do necessário rigor e objectividade, exigências aplicáveis a qualquer que seja a metodologia de acção, num "projecto de conservação" importa que a terminologia escolhida tenha em conta a necessidade de ser eficaz em ambiente de obra, como veículo de transmissão de informação que contribua de forma real para a melhor operacionalização das acções. Assim, por exemplo, escolhem-se os termos "escama", plaqueta" e "placa", aos quais se podem atribuir intervalos de espessuras, não apenas para melhor descrever um fenómeno de deterioração, mas porque as abordagens práticas de conservação serão distintas para cada um desses grupos.

A cartografia das formas de deterioração é uma ferramenta essencial para as fases preparatórias e tem tipologias e formatos consagrados pelos investigadores destas matérias (Fitzner and Heinrichs, 2002), (Fitzner, 2004). Conforme discutido noutro local, (Delgado Rodrigues, 2015), esta forma de cartografar as formas de deterioração é apropriada para as fases de análise e caracterização dos problemas e de identificação das suas causas, mas não é funcional e não está adaptada para transmitir a informação relevante e ser um documento de interacção entre analistas, prescritores, decisores e operacionais. No capítulo seguinte apresentam-se e discutem-se com mais pormenor alguns dos pontos agora levantados.

3. O CONCEITO DE "UNIDADE DE NECESSIDADES DE CONSERVAÇÃO"

As metodologias habituais de mapeamento usam terminologia definida em glossários (por exemplo, ICOMOS-ISCS, 2008), eventualmente adaptada às situações específicas de cada caso, e usam as formas de deterioração, definidas nesses glossários, como unidades cartografáveis em documentos de síntese da caracterização do estado de conservação de objectos patrimoniais. "Escamas", "placas", "fracturas", "colonização biológica", "crostas negras", "sujidade pouco aderente" são exemplos de unidades que são habitualmente usadas em "projectos de conservação". Para se perceber as limitações desta forma de cartografar, atente-se na Figura 2, um pormenor do Arco da Rua Augusta, em Lisboa, onde se ensaiou pela primeira vez um novo conceito de mapeamento e de transmissão de informação.

A área posta em evidência pelo rectângulo sombreado está intensamente ornamentada com elementos tridimensionais, que definem microambientes muito diversos onde as diferentes formas de deterioração, nomeadamente a sujidade, se distribuem de forma muito complexa, de impossível mapeamento inequívoco. O nível de sujidade, por exemplo, pode variar de forma gradual entre extremos de intenso e baixo grau e, na maior parte desta área, a sujidade ocorre em zonas abrigadas, sem qualquer expressão na superfície directamente exposta e visível. Apreciação semelhante era aplicável a outras formas de deterioração que a afectavam.



Figura 2 – Arco da Rua Augusta, Lisboa. Exemplificação do conceito de "unidade de necessidades de conservação" numa área em que as formas tradicionais de mapeamento das formas de deterioração era claramente inviável

Nestas condições, a quantificação de cada uma das formas de deterioração era virtualmente impossível e a sua cartografia era impraticável pelas formas tradicionais habitualmente usadas. Face a estas dificuldades, levantava-se a questão: serão estas dificuldades (impossibilidades?) impeditivas de uma correcta caracterização dos problemas e de transmissão da informação aos futuros executantes da intervenção?

A esta pergunta genérica e crítica, foram contrapostas outras mais práticas e objectivas: "precisa o C-R de saber com rigor (ou em que grau) onde uma sujidade muda de intensa para moderada?"; "precisa o C-R de saber com rigor o local exacto onde cada grau ocorre?". A observação da forma como trabalham as equipas de conservação e restauro mostra que os trabalhos são abordados por áreas abrangentes, onde todos os problemas estão interligados e são resolvidos de forma integrada e completa. O método de limpeza não varia necessariamente conforme o grau de sujidade, mas é apenas a intensidade da acção e o tempo a ela dedicado que se ajustam a cada situação concreta. As estimativas de custo que os executantes fazem para seu uso interno (mesmo que o "projecto" especifique outras exigências) são feitas por unidades desta natureza, ou semelhante, seguindo uma abordagem do tipo: *Que meios preciso e que tempo vou gastar para levar aquela área a satisfazer os objectivos do "projecto"?*

No caso da Figura 2, a área assinalada seria (foi) considerada uma unidade de mapeamento. Os problemas que a afectavam foram descritos e caracterizados, a sua ocorrência foi estimada, os objectivos a atingir foram explicitados, mas apenas a área global da unidade foi mapeada e quantificada. Os preços a aplicar em fase de contrato foram dados para a unidade considerada na sua totalidade, incluindo todos os trabalhos necessários para atingir os objectivos definidos.

Esta metodologia tem vindo a ser aplicada num certo número de casos, com apreciação positiva dos donos de obra e dos empreiteiros, pelo que se considerou oportuno dar aqui uma divulgação mais pormenorizada visando a sua possível utilização por outros prescritores/"projectistas". Em capítulo posterior, apresentam-se alguns exemplos da aplicação prática dessa metodologia.

4. ALGUMAS SUGESTÕES DE SUPORTE À UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA

O objectivo operacional da intervenção de conservação e restauro é o de resolver problemas identificados, seja no objecto, seja na função que este desempenha ou no uso que lhe é dado. Dá-se aqui por assumido que estão devidamente estudados e caracterizados os aspectos relativos às componentes do uso/função e equacionados os valores afectados, seja pelos problemas, seja pela intervenção e/ou modificação que são propostas.

Em construções de alvenaria tradicional, as superfícies pétreas aparentes assumem frequentemente papel relevante na imagem do objecto, para além da importância intrínseca que apresentam como componentes da estabilidade e segurança dessas construções. Embora a resolução dos problemas associados à deterioração da pedra não possa estar dissociada da análise e resolução de eventuais problemas de estabilidade estrutural, assume-se nesta apresentação que tais problemas não existem ou, se existem, não são de molde a interferir com esta metodologia ou foram analisados em sede própria e serão resolvidos com metodologia apropriada.

O objectivo central da metodologia aqui apresentada é a elaboração de documentos destinados a serem incorporados no dossier de lançamento de concurso para selecção e contratação do empreiteiro que irá implementar as acções de conservação e restauro definidas e para auxiliar o dono-da-obra a supervisionar e a fiscalizar a intervenção propriamente dita. Para atingir estes objectivos, é necessário que os documentos produzidos:

- Sejam claros, não ambíguos e de fácil leitura e uso,
- Contenham a informação indispensável para entender a natureza e severidade dos diferentes problemas,
- Definam de forma inequívoca quais os objectivos a atingir,
- Indiquem quaisquer restrições ou limitações ao uso de procedimentos ou produtos, sempre que tal seja relevante.

Assim, por exemplo, é importante indicar qual o aspecto ou condição que as superfícies devem apresentar uma vez limpas, mas não é relevante precisar qual o método ou métodos a utilizar. Contudo, podem ser explicitadas restrições, como seja impedir o uso de escovas de aço ou de jacto de areia nessa limpeza. Para a consolidação de superfícies pode ser sugerido um produto e uma metodologia de tratamento, mas o mais importante é definir um objectivo, como seja uma profundidade de consolidação a atingir.

Os objectivos são elencados por tipo de acção a executar ou por tipo de superfície onde são executadas.

Aceitando que este modelo possa ser adaptado às especificidades de cada caso concreto, nas especificações técnicas preparadas segundo esta metodologia tem sido seguido o seguinte modelo-base:

i) Descrição dos problemas e interpretação das suas causas. Usa-se terminologia consagrada em glossários, mas são sempre identificadas e descritas de forma explícita todas as formas de deterioração encontradas em cada caso concreto, ilustrando a descrição com situações tiradas do próprio objecto;
ii) Para cada problema ou forma de deterioração são fornecidas indicações sobre os objectivos a atingir e sobre possíveis métodos de acção;
iii) Caso necessário, por exemplo se a consolidação for exigida, pode ser feito o enquadramento específico da acção para melhor apresentar os objectivos, os requisitos exigidos e os limites ou restrições a cumprir;
iv) O objecto é dividido em unidades razoavelmente homogéneas em termos de necessidades de conservação;
v) Para cada unidade é elaborada uma ficha com indicação da sua localização no objecto, onde se apontam os problemas nela identificados e se indicam os tipos de acções aplicáveis. No seu conjunto, estas fichas formam uma espécie de *check-list* que será de grande utilidade na preparação das propostas e que

servirá mais tarde para verificação e validação dos trabalhos executados;

vi) Cada ficha contém as informações pertinentes à caracterização dos (respectivos) problemas e nela podem ser indicadas ordens de grandeza de quantidades de algumas das formas de deterioração presentes. Por exemplo, "ocorrência de fragmentos instáveis: entre 3 e 9 por metro quadrado";

vii) Cada unidade é quantificada em termos da área envolvida, habitualmente sem correcção para a tridimensionalidade. Para evitar ambiguidades e conflitos, esta condição deve estar claramente indicada no documento produzido;

viii) Os preços devem ser dados de forma específica para cada uma das unidades em causa. A análise da sua razoabilidade deve ser feita dentro de cada unidade e pode ser um elemento a ter em conta na apreciação da abordagem que o concorrente se propõe usar para atingir os objectivos definidos.

A formação, competência e experiência da equipa executante da intervenção são elementos decisivos para atingir os objectivos definidos e devem, por isso, ser integrados no leque de parâmetros de avaliação das propostas para selecção do contratante. Elementos curriculares das equipas e experiência da empresa são aspectos habitualmente considerados que permitem ajuizar sobre a formação e experiência, mas não é fácil daí concluir sobre a competência, nem perspectivar quais as que dão maiores garantias de melhor poder executar a empreitada. Na perspectiva desta metodologia, considera-se que as próprias propostas devem ser informativas a este respeito, pelo que é exigido maior esforço na sua preparação e maior valorização dos seus conteúdos no peso da selecção do adjudicatário.

Nesta medida, é solicitado aos concorrentes que indiquem os materiais/produtos e descrevam de forma suficientemente clara os procedimentos a aplicar a cada situação concreta para atingir os objectivos definidos. Por isso, não são admitidas explicações do tipo "as acções serão executadas segundo as regras das boas práticas", nem mesmo "segundo o estipulado no caderno de encargos". Estas exigências implicam que o concorrente faça a sua própria análise da situação e que a sua proposta reflicta de forma clara o seu posicionamento perante os problemas identificados, bem como a metodologia, programação e meios humanos e materiais que pretende usar para atingir os objectivos da intervenção. Esta concepção de concurso só é possível quando se admite, como foi acima indicado, que a futura empreitada será executada por (ou sob directa e estrita responsabilidade de) um conservador-restaurador devidamente formado e preparado.

5. ALGUNS ASPECTOS PRÁTICOS

Como acima se refere, a aplicação desta metodologia pressupõe que existe conhecimento suficiente sobre os problemas e que as soluções aplicáveis foram razoavelmente definidas e equacionadas. Caso isso não se verifique, é de toda a prudência investir algum esforço adicional no aprofundamento dos conhecimentos, pois um voluntarismo excessivo, sem bases sólidas, pode resultar no incumprimento de objectivos e em prejuízo para os valores do bem cultural.

A metodologia aqui proposta seria, assim, a transposição da informação existente para documentos adaptados aos procedimentos concursais. Assumindo que o modelo-base ficou perceptível no capítulo anterior, apresentam-se, agora, algumas considerações sobre a documentação gráfica, que é a componente mais característica desta metodologia e a que, porventura, carece de explicação mais aprofundada.

A base da descrição e documentação dos problemas são ainda as formas de deterioração, mas perspectivadas em consonância com a complexidade técnica da sua resolução. Elas são, também, as bases elementares para suportar a definição das soluções e implementação das acções. Na Figura 3 apresenta-se um exemplo aplicado a um grupo de formas de deterioração muito comuns em património pétreo.

a. Depósitos superficiais de sujidade Camada resultante da acumulação de materiais estranhos, mais ou menos coesos e com aderência e interacção com o substrato variáveis. Em termos de intensidade, esta tipologia foi dividida em três graus:		
a1. Véu ligeiro de sujidade	Leve estrato de sujidade, com a superfície pétrea ainda facilmente perceptível.	
a2. Depósitos densos e aderentes	A sujidade é intensa e já oculta a superfície. A coesão pode ser significativa.	
a3. Depósitos espessos e crostas negras	Depósitos de cores muito escuras e notoriamente coesos. Fortemente aderentes ao substrato, com o qual chegam a ter interacção clara.	

Figura 3 – Exemplo de léxico aplicável a formas de deterioração devidas a sujidade mais ou menos intensa. As categorias e os graus usados devem ter conteúdo informativo com correspondência no tipo e intensidade dos procedimentos de conservação a adoptar

São formas de sujidade que habitualmente ocorrem associadas, quase sempre apresentando transições mais ou menos graduais de intensidade entre elas, pelo que se agruparam sob uma designação comum – "depósitos superficiais de sujidade". O grupo foi dividido em três graus de intensidade, que servem para balizar as metodologias de limpeza a adoptar, mas as descrições das formas e os textos que as acompanhem devem apontar todas as subtilezas com possíveis implicações práticas, nomeadamente as graduações de severidade dos problemas e outras singularidades relevantes.

A inspecção cuidada do objecto a ser intervencionado permitirá verificar que existem áreas diferenciadas em termos da extensão e severidade dos problemas que as afectam e que, por isso, é razoável pressupor que vão exigir meios diferenciados, em tipo e custo, para resolver os respectivos problemas. É tarefa do prescriptor identificar áreas onde os problemas se encontram distribuídos de forma razoavelmente homogénea, diferenciando-as das áreas vizinhas que apresentem diferenças nos tipos ou na severidade dos problemas. A decoração das superfícies, a valia artística, ou mesmo a função dos elementos podem igualmente justificar a criação de unidades específicas, sempre que o envolvimento do trabalho de conservação exija diferenciação significativa no tipo ou no grau dos esforços a envolver. Como acima se designou, estas são as "unidades de necessidades de conservação", que são elementos essenciais para transmitir a informação necessária aos futuros concorrentes para prepararem as suas propostas, sendo também, como se disse, ferramentas importantes para a supervisão e controlo da futura intervenção. Na figura 4 apresenta-se uma fachada da igreja do Mosteiro dos Jerónimos onde estão exemplificadas algumas unidades deste tipo.



Figura 4 – Fachada sul da igreja do Mosteiro dos Jerónimos com algumas das unidades de necessidades de conservação em que foi dividida. O tipo e intensidade dos problemas são factores discriminantes, como o são, também, a ornamentação e a valia artística. No final, todo o objecto deverá ficar coberto com unidades deste tipo, sem sobreposições, sendo criadas tantas quantas as necessárias para esse efeito

As unidades deverão ser mapeadas sobre levantamento gráfico, sempre que possível, admitindo-se que possa ser usada fotografia rectificada, como no exemplo exposto. É importante ter a medição bastante aproximada do valor da área de cada unidade definida, pois esse é um elemento essencial para a formulação de preços e para o controlo da execução financeira do projecto. As unidades são numeradas dentro do conjunto assim criado e toda a informação relevante é coligida em ficha individualizada para cada uma delas. As Figuras 5 e 6 apresentam um exemplo aplicado a uma das unidades desse conjunto.

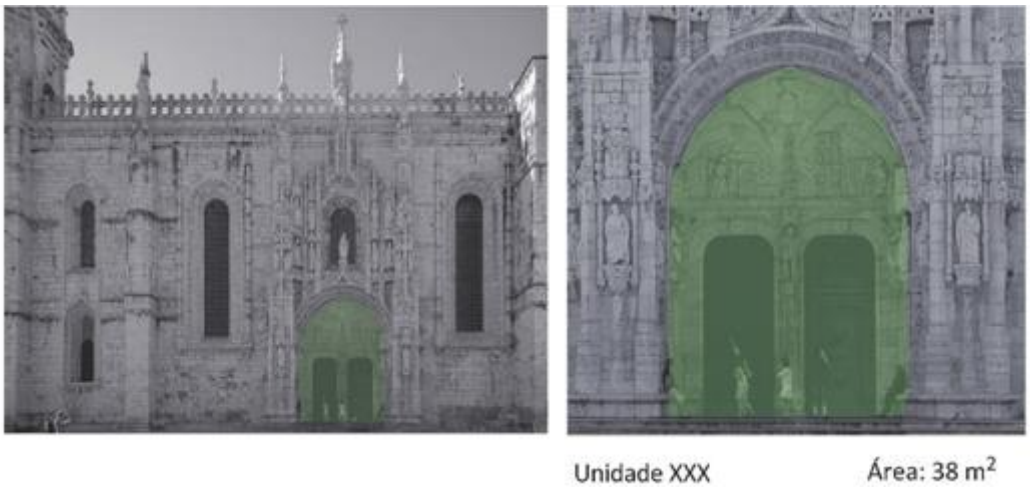


Figura 5 – Localização da unidade no conjunto. A informação deve permitir a localização inequívoca e a dimensão da área deve ser explicitada, para identificação sem ambiguidades

Importa ter sempre presente que o principal objectivo desta tarefa é o de fornecer o máximo possível de informação aos concorrentes para que eles possam dispor de suporte técnico e científico tão aprofundado quanto possível para que eles possam elaborar propostas credíveis e bem fundamentadas. Será também importante sublinhar que, para além da informação fornecida, cada concorrente desenvolva o seu próprio

processo de recolha de informação durante a fase de concurso, para o que lhes deve ser dado acesso à inspecção directa do objecto submetido a concurso.

Unidade XXX



Descrição

Porta geminada, ornamentda, respectivas ombreiras e tímpano do portal sul. Intervencionada no início da década de 1990.
Unidade com depósitos superficiais de sujidade, zonas mais escuras nas áreas mais abrigadas, depósitos de dejectos de aves, nidificação destas e casulos de insectos.
Levemente erodida.
Pontuada com pequenas incrustações e eflorescências salinas.
Apresenta-se com manchas gordurosas de origem desconhecida e de alteração cromática da superfície pétrea. Apesar das escassas juntas abertas, a unidade tem, no entanto, vários remendos, reconstruções de elementos escultóricos e juntas em argamassas de cinzenta entre outras.
Unidade com fissuras, várias fracturas e lacunas.
Os ornamentos encontram-se em pulverização e com ocorrências de lascagem (de <3/m² a >9/m²). Disseminada com infraestruturas (e.g. sistema anti-aves, cabos eléctricos).
Apresenta marcas resultantes de vandalismo (e.g. pastilhas elásticas, pingos de tinta, urina) maioritariamente ao nível da base.

Acções necessárias

Limpeza geral de todos os depósitos sujidade, incluindo os mais espessos e escuros, dos dejectos de animais/vandalismo e das nidificações. Remoção e/ou tratamento estético das incrustações e das manchas. Rectificação, saneamento e eventual substituição dos remendos, das reconstruções e juntas não-funcionais ou tratamento estético dos mesmos. Colmatação das fissuras, fracturas e lacunas. Análise da estabilidade dos elementos fracturados, considerando a possibilidade de reforço dos mesmos. Tratamento das zonas com lascagem. Passivação das zonas mais fragilizadas. Tratamento das infra-estruturas.

Áreas: 38 m². Área medida na projecção ortogonal.

Figura 6 – Exemplo de unidade de necessidades de conservação. As fotos ilustram os principais problemas identificados e ajudam a melhor perceber a informação escrita. Esta deve ser o mais completa possível para permitir antecipar quais os trabalhos de conservação que são requeridos para resolver os problemas. A tipificação das acções necessárias resume as grandes linhas de acção, mas não substitui a necessidade de os concorrentes fazerem a sua própria análise e de elaborarem as suas propostas de acção

A definição dos objectivos a atingir com as acções de conservação é um aspecto crítico em toda a metodologia. Eles devem ser enumerados e explicados, se necessário for, em capítulo próprio, e podem ser precisados ou melhor ilustrados no material gráfico. Na Figura 3, por exemplo, quando se descrevem as formas de deterioração, pode também ser incluída informação que ajude a melhor perceber qual a condição final que se pretende para cada tipo de anomalia.

6. NOTAS FINAIS

Embora a metodologia aqui proposta seja compatível com qualquer processo de concurso e de selecção do Adjudicatário, ela só fará total sentido se o objectivo for a selecção da proposta que melhores garantias ofereça de virem a ser atingidos os objectivos pretendidos. Nesta perspectiva, os aspectos técnicos da proposta, a programação da intervenção e a constituição das equipas devem ter papel majorado na classificação dos concorrentes, não devendo nunca ser o preço, só por ser mais baixo, que deve prevalecer nessa classificação.

Antes de existirem no País técnicos capacitados para realizar actividades de conservação e restauro em património construído, as intervenções eram realizadas por empresas do ramo da construção civil. Estas empresas continuam a ter espaço para nele intervir, mas é importante perceber e delimitar o seu campo de acção, pois elas não estão capacitadas para se substituírem aos profissionais de conservação e restauro. Como norma, quando os valores culturais do objecto prevalecem sobre a estrutura e a materialidade, as intervenções deveriam ser sempre executadas sob responsabilidade de um conservador-restaurador, mesmo as que requerem intervenções mais pesadas a executar por empresas especializadas (coberturas, reforço de fundações, consolidação estrutural e outras). Para mal do património cultural, a regra é quase sempre a inversa, isto é, prevalece a lógica da indústria da construção, porque essa componente induz custos mais avultados, sendo as actividades de conservação e restauro remetidas para uma subalternidade de subempreiteiro, não raro com preços esmagados e condições de trabalho precárias ou mesmo inadequadas.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Dra. Maria João Revez a leitura crítica do manuscrito.

REFERÊNCIAS

DELGADO RODRIGUES, José, 2015 – **Defining, mapping and assessing deterioration patterns in stone conservation projects**. *Journal of Cultural Heritage*. 16 (3): 267-75. https://doi.org/10.1016/j.culher.2014.06.007.

FITZNER, Bernd, 2004 – **Documentation and evaluation of stone damage on monuments**. In 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone. Stockholm. 677-90.

FITZNER, Bernd, HEINRICHS, K., 2002 – **Damage diagnosis on stone monuments – Weathering forms, damage categories and damage indices**. Working Group "Natural Stones and Weathering". https://doi.org/10.1127/1860-1804/2007/0158-0519.

ICOMOS-ISCS, 2008 – **Illustrated glossary on stone deterioration patterns**. Paris : France.

CARATERIZAÇÃO DE UMA CONSTRUÇÃO ERUDITA EM ADOBE

CHARACTERIZATION OF A CLASSIC ADOBE BUILDING





Nuno Nobre [(1)], Jorge Mascarenhas [(2)], Lurdes Belgas [(3)]

(1) Câmara Municipal de Ourém, Portugal, nuno.nobre@cm-ourem.pt
(2) Instituto Politécnico de Tomar, ISISE, Portugal, jmascarenhas@ipt.pt
(3) Instituto Politécnico de Tomar, ISISE, Portugal, lbelgas@ipt.pt

RESUMO

A construção em adobe é uma forma muito antiga de construção. Dada a simplicidade e versatilidade de edificação foi empregue em muitas construções da arquitetura popular em Portugal, no entanto há pouco conhecimento sobre a construção em adobe de edifícios eruditos, como casas senhoriais (palacetes) e outras.

A construção erudita de adobe em Portugal aparece muito associada ao período da Arte Nova. Neste artigo, são dados a conhecer alguns dos resultados obtidos na investigação de uma construção senhorial em adobe – o Casal Francisco José, localizado no Ribatejo.

Palavras-chave: Adobe / Construção / Património / Patologia / Arquitetura Popular

RESUMO ALARGADO

INTRODUÇÃO: O EDIFÍCIO CASAL FRANCISCO JOSÉ

O edifício em estudo, denominado Casal Francisco José, localiza-se em Valada do Ribatejo. Foi construído em 1901 a mando de Francisco Ribeiro de Oliveira, por Júlio Augusto Marques, mestre-de-obras e autodidata que, inspirando-se em revistas francesas e livros de arquitetura contemporâneos, foi responsável pelo projeto e construção deste edifício. O edifício, enquadrado numa quinta, possui dois pisos, planta retangular e cobertura de duas águas.

O registo Arte Nova é evidente logo no exterior do edifício, onde foi possível reconhecer de imediato as características típicas desse estilo: a fachada principal simétrica e a escadaria em leque a ela adoçada; a balaustrada corrida na parte superior, sobre um entablamento com um friso de duas fiadas de azulejos com flores; as janelas geminadas; os cunhais com pilastras caneladas; o corpo central estreito encimado por uma imagem em porcelana, onde sobressaia volumetricamente um balcão engradado em forma de bacia e os frontões curvos e recortados, na parte superior dos alçados laterais (Figura 1 e 2).

Em termos construtivos, este edifício também reflete os progressos ocorridos na construção no período de viragem do século, em que a maquinaria tracionada pelo vapor tornou acessível novos produtos, como a cal hidráulica, e novos componentes, como o tijolo furado produzido em série.

Numa zona de solos aluvionares, a cal hidráulica tornou, sempre que possível, a construção com terra crua, como são os casos das paredes em adobe, mas também nos revestimentos exteriores que em rebocos de terra simulavam pedra nas molduras no soco, nas pilastras nos cunhais ou nas cornijas.

O tijolo furado, que devido aos furos se tornava um componente leve, permitia construir paramentos resistentes por a argamassa penetrar nos seus furos, sendo ainda muito adequado para as partes delicadas da fachada de adobe, como nas exuberantes cimalhas, nos panos de peito das janelas, nos arcos de ressalva dos vãos (curvo e reto) e ainda nos remates laterais dos mesmos (Figura 3).

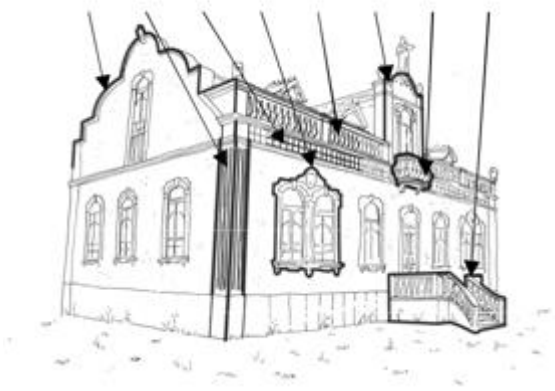


Figura 1 – Perspetiva da edificação

Frontão curvo recortado; Pilastra canelada; Friso de azulejos; Janelas geminadas; Balaustrada; Corpo central estreito; Volume composto pela bacia; Escadaria em leque.

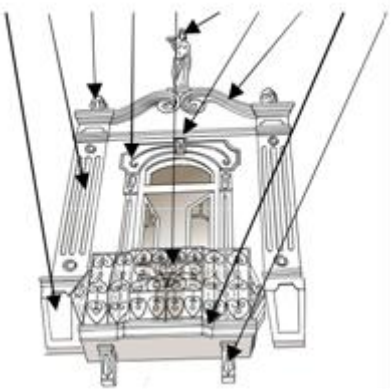


Figura 2 – Pormenor do corpo central estreito

Plinto das pilastras em consola; Pilastra canelada; Pinhas de porcelana; Verga recortada, decorada com gavinhas; Serralharia em "balão"; Figura de mulher em porcelana, com livro; Pedra de fecho com flor; Pedimento recortado; Mísulas de pedra decorada com folhas de acanto; Consola de pedra recortada.

Pelas mesmas razões este tipo de tijolo era também utilizado em frontais, conseguindo-se paramentos delgados,

mas resistentes, que serviam de travamento às paredes de adobe exteriores e de suporte das cargas dos paramentos laterais do corpo central estreito (Figura 4).

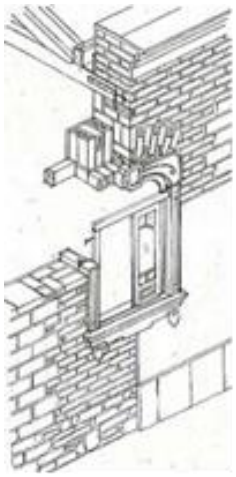


Figura 3 – Detalhes da conjugação da alvenaria de adobe com a alvenaria de tijolos de dois furos



Figura 4 – Detalhe do travamento da parede de fachada em adobe com um frontal interior, realizado com tijolos furados.

CONCLUSÕES

O edifício Casal Francisco José é uma construção do início do século XX com bastante interesse arquitetónico. Foi pertença de um ilustre cidadão do Cartaxo que, a par de um construtor esclarecido e autodidata, teria procurado seguir as tendências provenientes da Europa Central, sendo hoje um exemplo da Arte Nova nesta zona do País. Pela descrição das características arquitetónicas apresentadas neste artigo, são claras as evidências de que o edifício representa a arquitetura do estilo Arte Nova. Também o sistema construtivo encontrado parece coerente com este estilo de arquitetónico.

Nota

Artigo completo publicado no dossier do ENCORE 2020 da *Revista Al-Madan*, n.º 23, 2020.

SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS E INTERVENÇÕES DE REABILITAÇÃO NA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL OPERÁRIA DA CIDADE DE LISBOA

CONSTRUCTIVE SOLUTIONS AND REHABILITATION INTERVENTIONS IN LISBON WORKER HOUSING CONSTRUCTION





Maria João Falcão Silva [1], Manuel Baião [2]

(1) LNEC, Portugal, mjoaofalcao @lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, mbaiao@lnec.pt

RESUMO

O desenvolvimento das questões habitacionais acompanhou um conjunto de transformações tecnológicas, económicas, sociais e políticas, indissociáveis do processo de industrialização operado na Europa durante o século XIX. Em Portugal, a Revolução Industrial aconteceu algum tempo depois do que foi registado em outras cidades europeias como Londres e Paris, sendo de registar, por exemplo, que em Lisboa a grande transição para uma sociedade industrializada se operou em 1850. Contudo, apesar de ser uma época de grandes mudanças e evoluções, o progresso industrial não conseguiu dar uma resposta rápida e eficaz ao problema da falta de alojamento, sendo os operários obrigados a acomodarem-se em espaços vagos da malha urbana: i) palácios e conventos existentes e abandonados pelas ordens religiosas, na sequência das expropriações ordenadas pelo regime; ii) pátios operários; ou iii) vilas operárias. Os pátios operários apresentam características formais e funcionais que correspondem a um espaço exterior resultante da construção da casa em seu torno e cujo período de construção se estende desde o século XVI até meados do século XX. As vilas operárias surgem como resultado da evolução morfológica dos pátios.

No presente artigo pretende-se, numa primeira fase de enquadramento da temática, descrever os tipos de construção habitacional operária, fazer o levantamento do património com interesse existente, e apresentar a sua localização e formas de inserção na malha urbana. Numa fase seguinte identificam-se as diferentes soluções construtivas patentes nas construções operárias existentes nas cidades de Lisboa e do Porto. Para finalizar apresentam-se alguns exemplos de intervenções de reabilitação operadas neste tipo de construção, perspetivando-se desenvolvimentos futuros do estudo de investigação apresentado.

Palavras-chave: Construção Habitacional Operária / Soluções Construtivas / Reabilitação de Edifícios

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das questões habitacionais acompanhou um conjunto de transformações tecnológicas, económicas, sociais e políticas, indissociáveis do processo de industrialização operado na Europa no século XIX. Em Portugal o fenómeno da Revolução Industrial aconteceu algum tempo depois de outras experiências europeias. No entanto, o progresso industrial não conseguiu dar uma resposta rápida e eficaz ao problema da falta de alojamento, apesar de ser uma época de grandes mudanças e evoluções, sendo os operários obrigados a acomodarem-se em espaços vagos da malha urbana (Antunes, 2002). A edificação de habitação para as classes operárias observada nas cidades de Lisboa e do Porto constituiu, no final do século XIX e início do século XX, uma forma disruptiva de dar resposta, com um mínimo de dignidade, ao crescimento observado na população residente nas cidades. De facto, no final do século XIX a população das maiores cidades do país era constituída, maioritariamente, por uma classe operária trabalhadora, proveniente de meios rurais, com reduzidos recursos financeiros e privada de acesso a habitação de custo reduzido e compatível com os seus parcos rendimentos (Teixeira, 1994). Não existindo apoios governamentais nem, tão pouco, a capacidade financeira para conseguir habitar nos bairros novos que iam sendo gradualmente criados, tanto no centro das cidades como em zonas um pouco mais periféricas, teve que ser, nos primórdios, a própria população operária a resolver, ainda que de forma bastante precária, e pelos seus próprios meios, a falta de alojamento existente para a classe trabalhadora (Ildefonso, 2008).

No presente artigo pretende-se enquadrar a temática, descrevendo diferentes tipos de construção habitacional operária que foram coexistindo em Portugal nos finais do século XIX e no início do século XX. Mais se adianta que serão também identificadas algumas soluções construtivas registadas na cidade de Lisboa. Para finalizar são apresentados alguns exemplos de intervenções de reabilitação que tem vindo a ser perspetivadas e operadas neste tipo de construções com vista a melhorar a sua habitabilidade, permitindo, já em pleno século XXI, que continue a ser disponibilizada habitação digna e acessível a uma população cada vez mais diversificada.

2. HABITAÇÃO OPERÁRIA EM PORTUGAL

No final do século XIX a população das grandes cidades europeias era constituída na sua grande maioria por uma grande classe operária trabalhadora com recursos muito escassos e sem acesso a habitação de baixo custo e condições com o mínimo de dignidade (Teixeira, 1994). No princípio do séc. XX, assistiu-se em Portugal a um grande movimento de pessoas que saíram das aldeias e se fixaram nas cidades, sobretudo nas de Lisboa e do Porto. Este fenómeno social teve como causa principal a implantação do caminho de ferro, que permitiu uma maior facilidade de transporte de pessoas e de mercadorias através do território nacional. Paralelamente, nas cidades desenvolveu-se a indústria, que usou também o comboio para fazer movimentar os seus produtos e que empregou a mão-de-obra barata que se lhe apresentava em abundância. Foi assim que surgiram alguns núcleos industriais nas cidades, que se situaram preferencialmente em locais que dispunham de acessos fáceis ao caminho de ferro. Posteriormente, foram-se seguindo as iniciativas dos privados, as sociedades cooperativas e, finalmente com a 1.ª República, os designados bairros sociais.

Nas maiores cidades do país, Lisboa e Porto, a habitação para a classe operária construída entre o final do século XIX e o início do século XX compreendia os pátios, as vilas operárias, as "ilhas" (com maior preponderância no Porto) e os bairros sociais. A distinção entre as referidas formas de habitação diz respeito ao aprofundamento, à designação e à definição de variações (Pereira, 1994). Tendo em conta o contexto que as originou, e o modo como evoluíram, nem sempre é possível dissociar de forma objetiva as tipologias mencionadas, muito embora se considere que possam representar diferentes estádios de evolução de uma mesma condição (Ildefonso, 2008).

2.1. Pátios

Os Pátios Operários (Figura 1) surgem, numa primeira fase, associados aos espaços residuais não ocupados em construções existentes, mediante o pagamento de rendas muito reduzidas aos proprietários. Encontram-se localizados maioritariamente nos bairros mais antigos da cidade, preenchendo até ao limite o espaço disponível em zonas construídas, e também em bairros periféricos e em zonas industriais (Fontainhas, 2015). A densificação da ocupação, associada a diversas deficiências construtivas, acabava, a seu tempo, por comprometer as condições de habitabilidade e salubridade dos espaços (Pereira e Buarque, 1995). O desenvolvimento económico observado em Lisboa em consequência da revolução industrial permitiu criar condições para uma evolução do cenário observado potenciando a construção de tipologias habitacionais um pouco maiores e com melhor qualidade construtiva. Existiam, contudo, alguns casos de construção de pátios de raiz não se distinguindo muitas vezes das vilas que posteriormente foram surgindo (Pereira, 1994).



Figura 1 – Pátio Operário: a) do Paulino; b) do Beirão (acesso); c) do Bastos (acesso), adaptados de (Google images, 2020)

2.2. Vilas

As Vilas Operárias (Figura 2) surgem, como evolução dos pátios, para alojar classes mais baixas da população urbana por iniciativa de pequenos proprietários e/ou de industriais que construíam habitação para os seus operários (Silva, 2016). Em termos de implantação consideram-se diferentes tipos que vão desde simples blocos acompanhando a via pública até edifícios com dimensões muito significativas podendo estar em parte destinados a usos não habitacionais / equipamentos e integrando bairros operários e económicos (Silva, 2013). A distinção entre os vários tipos de vilas operárias permite reconhecer os condicionalismos que lhes deram origem e que possibilitaram a sua evolução de formas mais simples e menos qualificadas para formas mais complexas e com maior nível de qualificação (Ildefonso, 2008). Materializam-se em edifícios de pequena cércea que usualmente se desenvolvem em piso térreo ou acrescidos de um piso elevado (algumas vezes atingindo um segundo), dispondo-se em torno de um espaço comum, em pátio ou rua, de carácter privado (Ildefonso *et al*.; 2019).



Figura 2 – Vila Operária: a) Elvira; b) Romão da Silva; c) Bela Vista, adaptados de (Google images, 2020)

2.3. Ilhas

As "ilhas" (Figura 3) são por definição uma unidade de construção espontânea, não identificada com nenhum tipo de construção urbana ou rural pré-existente (Matos e Rodrigues, 2009). São constituídas, na sua forma mais simples, por uma fila de casas com um piso apenas, sendo construídas em quintais da habitação burguesa da época, com acesso por um corredor ou túnel da casa construída à face da rua. Este tipo de habitação tornava-se

de tal forma eficiente economicamente que foi adotado mesmo em locais onde não existia aparentemente restrição espacial (Teixeira, 1996). A construção de casas em fila permitia um aproveitamento intensivo do solo, controlo e redução de custos. As ilhas dispunham de compartimentos sanitários no fundo do lote comum a todos os habitantes (Oliveira, 2015). As "ilhas" sendo o modelo de habitação operária usado no Porto proliferaram pela cidade tendo surgido através de operações de loteamento, muitas vezes em zonas urbanas consolidadas que, com o passar do tempo terão entrado em decadência, não são na sua génese e contextualização únicas (Teixeira, 1996).


a) b) c)

Figura 3 – "Ilhas": a) São Vitor; b) Bela Vista [12]; c) Glória, adaptados de (Google images, 2020)

2.4. Bairros

Posteriormente, o espaço interno das "vilas" e das "ilhas" foi-se articulando com a estrutura urbana, e estas formas de habitação operária, inicialmente segregadas, foram evoluindo, a par com os primeiros surtos de cooperativismo e do associativismo, para Bairros Operários (Figura 4) (Teixeira, 1994).


a) b) c)

Figura 4 – Bairros: a) Estrela d'Ouro; b) Grandella; c) Arco do Cego, adaptados de (Google images, 2020)

Estes bairros introduzem uma tipologia nova no tecido da cidade, que pelo volume ou pela complexidade da estrutura atingem uma escala que as impõe ao nível do espaço da cidade. A sua dimensão, articulada com o carácter de autonomia que guardaram conduziram à incorporação de elementos de equipamentos coletivos, como cinemas (Pereira, 1994). É de registar que a maior parte destes bairros operários era de muito má qualidade havendo, no entanto, alguns casos notáveis, em que foram construídos bairros e pátios para operários com uma qualidade muito superior aos demais. Já nos anos 1930 na capital Lisboa, verificou-se um crescimento constante da cidade. Atendendo ao grande surto de habitação privada observado, bem como ao ressurgimento parcial de uma política de obras públicas, surge uma necessidade crescente de habitações a custos controlados acompanhadas de equipamentos (comércio e indústria). Como exemplo destes bairros, também para estratos da população mais modestos e incorporando habitação a custos controlados (Figura 5).


a) b) c)

Figura 5 – Habitação a custos controlados: a) Benfica; b) Alvalade; b) Olivais, adaptados de (Google images, 2020)

Nas décadas de 1950 a 1970, começaram a construir-se na periferia das grandes cidades portuguesas sem qualquer licenciamento "bairros clandestinos" (Figura 6) onde, em algumas circunstâncias, se reproduziram algumas tipologias particulares das vilas operárias. A maioria dos residentes vinha do interior do país à procura de melhores condições de vida na capital e encontrava nesses bairros casas baratas e a distância reduzida dos locais de trabalho. Nestes "bairros" habitavam os estratos sociais desfavorecidos e a população imigrante ou retornada das colónias ultramarinas (Pereira e Buarque, 1995). Na sua generalidade cresciam de forma desordenada e marginal. Sobreviveram, em muitos casos, à passagem das décadas, com alguns rasgos de modernidade, muito embora por vezes ainda meio clandestinos.


a) b)

Figura 6 – Bairros clandestinos: a) Cova da Moura; b) S. João de Brito, adaptados de (Google images, 2020)

3. VILAS OPERÁRIAS DE LISBOA

Considerando a sua grande evidência na cidade de Lisboa, considera-se o âmbito da presente secção orientada para as construções habitacionais operárias do tipo vilas. Salienta-se a grande importância dada a este tipo de construções na atualidade nomeadamente para fins turísticos.

3.1. Localização

As vilas operárias surgem como conjuntos de edifícios pouco diferenciados que ocupam espaços não edificados em zonas periféricas (e/ou industriais) da cidade ou no interior de quarteirões, em terrenos que se encontravam desvalorizados ou em zonas com densidade habitacional reduzida. Muitas vezes ocupando as traseiras dos edifícios das artérias principais, com passagem estreita nas fachadas dos mesmos ou constituindo ruas particulares, são pouco percetíveis a partir das ruas principais. Apesar de as vilas terem proliferado na cidade de Lisboa de forma relativamente dispersa, sendo possível identificar várias situações pontuais isoladas, verifica-se a existência de algumas concentrações e/ou aglomerados principais (Figura 7) concomitantes com o desenvolvimento das atividades industriais do final do século XIX, designadamente nas zonas de: i) Chelas; ii) Alcântara; iii) Graça; iv) Penha-de-França; v) Alto do Pina.

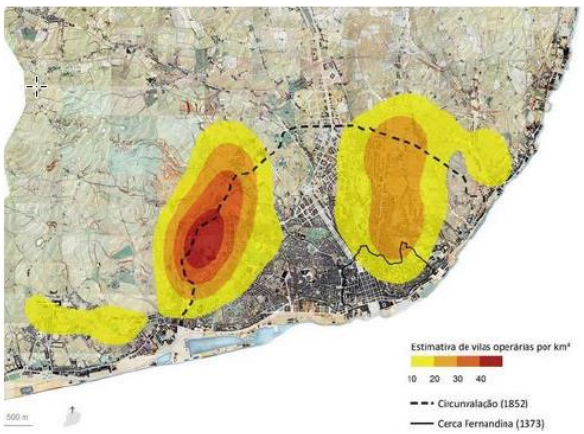


Figura 7 – Vilas operárias na cidade de Lisboa, adaptado de (Antunes, Lúcio, Soares *et al.*, 2015)

3.2. Tipificação de soluções

As vilas operárias, não tiveram a sua génese na mesma época nem tão pouco foram empreendidas pelos mesmos intervenientes. Neste sentido, e à luz do que foram sendo os enquadramentos económicos, sociais e culturais observados no final do século XIX e início do século XX, distinguem-se diferentes modelos de implantação urbana (Figura 8), destacando-se (Pereira, 1994; Ildefonso, 2008): i) edifícios tipo bloco e/ou em banda (simples ou dupla) que acompanhavam a via pública (Figura 8a); ii) edifícios formando pátio com contacto com a via pública (Figura 8b); iii) edifícios construídos atras de outros edifícios; iv) edifícios construídos no logradouro de outros confinantes com a via e/ou formando rua particular dentro de logradouro (Figura 8c); v) edifícios com dimensão considerável podendo estar em parte destinados a usos não habitacionais / equipamentos e integrando bairros operários e económicos (vila à escala urbana).



Figura 8 – Tipificação genérica de modelos de implantação urbana: a) Vila Elvira; b) Vila Romão da Silva; c) Vila Bela Vista, adaptado de (DMHDL, 2016)

A distinção entre os vários tipos de vilas permite reconhecer os condicionalismos que lhes deram origem e que possibilitaram a sua evolução de formas mais simples e menos qualificadas para formas mais complexas e com maior nível de qualificação. No que se refere à construção propriamente dita, as vilas operárias traduzem estruturas muito simples, que apenas revelam alguma originalidade nas relações que as suas unidades funcionais estabelecem entre si (Ildefonso, 2008).

As vilas materializam-se, usualmente, em edifícios de área reduzida (usualmente tipologias T1) e cércea também reduzida que se desenvolvem em pisos térreos (Figura 9a) ou, algumas vezes, acrescidos de um piso elevado, dispondo-se em torno de um espaço comum de dimensões muito reduzidas, em pátio ou rua, de carácter privado (Figura 9b) (Ildefonso *et al.*, 2019). Concretizam características que antecipam algumas das soluções posteriormente consideradas e aplicadas em grande escala nos domínios da arquitetura e da construção modernas, principalmente no que se refere à utilização racional e funcionalidade dos espaços para habitação (Pereira,1994). Com vista à rentabilização dos espaços era muito frequente o recurso a escadas e galerias exteriores, algumas vezes passadiços em ponte, o que permitia redistribuir as circulações (Figura 9c).



Figura 9 – Características gerais das vilas operárias: a) cércea reduzida; b) espaço comum de dimensões reduzidas; c) circulações exteriores, adaptado de (Google images, 2020)

À semelhança do que era corrente em determinadas circunstâncias, e em outros edifícios da época, é incorporada decoração mais elaborada sobre as fachadas com vista a atribuir alguma graciosidade a uma

construção fundamentalmente utilitária. Neste sentido, desde os elementos de pura ornamentação como o estuque, o azulejo (Figura 10a) e o tijolo (Figura 10b) usados nas fachadas ou a madeira nos remates das coberturas, até aos elementos em ferro (Figura 10c) aplicados nas escadarias, galerias e guardas, o gosto decorativo manifesta-se com alguma variabilidade consoante a origem e as possibilidades do seu proprietário (Ildefonso, 2008). Excecionalmente, nas situações em que os destinatários das habitações não eram provenientes das camadas operárias mais pobres, identificava-se uma riqueza decorativa que muitas vezes atingia a ostentação. Nessas situações os elementos construtivos apresentavam um desenho cuidado e um nível de qualidade formal e espacial superiores, também observado na organização interior das habitações (Ildefonso, 2008) (Ildefonso *et al.*, 2019).



a) b) c)

Figura 10 – Características particulares em vilas operárias: a) decoração em azulejo; b) detalhes em tijolo; c) elementos exteriores em ferro, adaptado de (Google images, 2020)

4. INTERVENÇÕES DE REABILITAÇÃO EM VILAS OPERÁRIAS DE LISBOA

No final da década de 80 do século XX é tornado público o Estudo dos Pátios e Vilas de Lisboa com o objetivo de conhecer a situação real dos pátios e vilas de lisboa e perspetivar linhas orientadoras e de atuação para a salvaguarda de casos a preservar. O estudo permitiu selecionar os casos considerados críticos, segundo graus de urgência, previamente definidos para serem objeto de intervenção, recuperação e/ou reconversão (Câmara Municipal de Lisboa, 1988). Já em 1990, e na sequência do trabalho desenvolvido, são listados os núcleos habitacionais, vilas e pátios, considerados como apresentando interesse patrimonial a preservar. Só mais recentemente, e com um hiato de mais 20 anos relativamente aos estudos referidos, é que a reabilitação de alguns pátios e vilas operárias de Lisboa se começou a tornar uma realidade (Câmara Municipal de Lisboa, 1993; Pereira, 1994). Na atualidade poucos exemplos ainda restam desta solução urbana e de habitação a custos reduzidos para a população operária. As vilas operárias resistentes ao tempo, à degradação e à demolição tornaram-se exemplo de memória urbana, social e cultural. Com o intuito de preservar essas memórias afigura-se como da maior importância, mantendo as suas características originais, proceder-se à sua reabilitação, nomeadamente ao nível da recuperação das suas habitações em alinhamento com os padrões urbanos atuais. Neste sentido, as vilas devem ser dotadas de resistência aos sismos, conforto térmico, conforto acústico e demais requisitos que se imponham considerar face às disposições regulamentares atualmente vigentes.

4.1. Principais anomalias

As vilas operárias da cidade de Lisboa assistiram a uma grande degradação que não foi acompanhada, ao longo dos anos, pelos cuidados de manutenção e preservação adequados. No que se refere às principais anomalias presentes, em vilas operárias ainda existentes na cidade de Lisboa e objeto de reabilitação e/ou reparação recente, passam-se a referir algumas das mais relevantes e condicionantes para uma estratégia de intervenção adequada com vista à revitalização das referidas vilas (Paiva, Aguiar, Pinho, 2006; Ildefonso, 2008; Santos, 2012; Oliveira, 2015): i) ao nível da estrutura – fissuração de extensão variável (na grande maioria dos casos com corrosão das armaduras associada), deformações, elementos podres (madeiras); ii) ao nível da cobertura – elementos (telhas e caleiras) partidos, infiltrações, colonização biológica, ausência parcial ou total de

revestimento adequado, elementos de suporte (madeira) podres ou corroídos; iii) ao nível das paredes – comportamento global (fissuração, esmagamento, abaulamento, degradação das características mecânicas, inadequação face às exigências térmicas e acústicas), revestimentos (degradação, empolamento, apodrecimento, desagregação, fissuração, criptoflorescências, colonização biológica, manchas, descasque), iv) ao nível das caixilharias – condensações, descolamentos, deformações, folgas e frestas, elemento partidos e/ ou danificados, acumulação de detritos ou sujidade, colonização biológica, degradação, infiltrações (Figura 11).



Figura 11 – Algumas anomalias identificadas em vilas operárias de Lisboa, adaptado de (DMHDL, 2016)

4.2. Níveis de intervenção

O Regulamento Geral das Edificações (RGE) surge como uma proposta de revisão para os conteúdos do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), aprovado pelo Decreto-lei n.º 38382, a 07 de agosto de 1951. O RGE, na sua versão mais atual propõe as intervenções realizadas nas operações de reabilitação possam ser classificadas em quatro níveis de complexidade crescente (Nível I, Nível II, Nível III e Nível IV). De uma forma objetiva as intervenções propostas para as vilas operárias em estudo (identificadas na Figura 8 e apresentadas em 4.4) contemplam três níveis: i) mínima (Nível de intervenção I), ii) ligeira (Nível de intervenção II); iii) profunda (Nível de intervenção III). Designam-se intervenções de grau I situações que correspondem, por exemplo, à manutenção da compartimentação original, fechando e relocalizando alguns vãos de portas, introduzindo apenas alterações na fachada traseira (tardoz) – ampliações. No caso de intervenções de grau II considera-se, por exemplo, o encerramento ou relocalização de portas interiores, ampliações na fachada de tardoz, e a demolição e/ou construção de paredes divisórias interiores, permitindo a fusão de compartimentos originais distintos e a criação de novos, podendo enquadrar os casos em que se verifica absorção parcial do fogo contíguo, permitindo a ampliação da habitação e da sua configuração original. Nas intervenções de grau III consideram-se as alterações referidas previamente e correspondem a uma ampliação muito significativa da estrutura habitacional que inclui a fusão de fogos distintos no mesmo piso e/ou entre pisos.

4.3. Intervenções de reabilitação

As intervenções de reabilitação a considerar sobre alguns exemplos de construção habitacional operária existente em Lisboa devem consistir: i) na melhoria das condições de habitabilidade do espaço construído; no reforço de medidas de segurança estrutural, considerada em risco; iii) no reforço de medidas de segurança contra incêndios; iv) na manutenção da imagem e a identidade do conjunto (recriação de características construtivas originais). Os principais projetos de reabilitação empreendidos em vilas operárias de Lisboa corresponderam a intervenções de reabilitação total, ou seja, incidindo nas fachadas e no interior dos edifícios – ocupados ou devolutos – e nos espaços comuns, salientando-se: i) alteração do número de fogos (usualmente redução); ii) introdução de circulações verticais; iii) introdução de instalações sanitárias (IS) ou instalação de IS ventiladas e quando possível iluminadas naturalmente; iv) recuperação de coberturas, incluindo a substituição das estruturas de madeira, caso a mesma estivesse deteriorada, utilizando os mesmos materiais; v) reforço e consolidação estrutural tentando usar processos construtivos originais; vi) reparação de caixilharias de madeira,

caso a mesma estivesse deteriorada, ou substituição de caixilharias de alumínio, caso as caixilharias originais tivessem sido substituídas por este material; vii) substituição de redes de abastecimento de água e esgotos e melhoria das redes de eletricidade e de telecomunicações (caso existissem); viii) conservação e restauro de fachadas; ix) transformação de fachadas posteriores com novos vãos, terraços e varandins; x) reparação de fissuras nas paredes e aplicação de acabamentos em conformidade com as cores originais das fachadas; xi) implementação de estacionamento privado (Ildefonso, 2008).

4.4. Exemplos práticos

Os principais objetivos das intervenções de reabilitação e/ou recuperação sobre a construção habitacional operária, mais concretamente sobre as vilas operárias, compreendem: i) promoção da memória dos pátios e vilas de Lisboa e da sua importância no alojamento de camadas operárias da população nos períodos compreendidos entre finais do século XIX e o início do século XX; ii) promoção da reabilitação e/ou recuperação das habitações de acordo com os atuais padrões urbanos, dotando-as sempre de resistência estrutural (sísmica), conforto térmico e conforto acústico; iii) promoção da melhoria do espaço público; iv) incremento da oferta de habitação a rendas acessíveis, como modelo de ocupação intergeracional, dinamizando o mercado de arrendamento e a fixação de população mais jovem, diferenciada e diversificada nessas zonas. Tendo em conta o apresentado previamente apresentam-se, alguns exemplos de vilas operárias localizadas na cidade de Lisboa que apresentam diferentes tipos de implantação na malha urbana (conforme esquematizados na Figura 8), sobre os quais tem vindo a ser propostas intervenções de conservação e reabilitação (Figura 12 a Figura 14).



Figura 12 – Vila Elvira: a) existente; b) Proposta de reabilitação/conservação do edificado e requalificação de espaço público envolvente, adaptado de (DMHDL, 2016)



Figura 13 – Vila Romão da Silva: a) existente; b) Proposta de reabilitação/conservação do edificado e requalificação de espaço público envolvente, adaptado de (DMHDL, 2016)



Figura 14 – Vila Bela Vista: a) existente; b) Proposta de reabilitação/conservação do edificado e requalificação de espaço público envolvente, adaptado de (DMHDL, 2016)

Em termos de intervenções efetuadas e/ou perspetivadas referem-se: i) ampliações das zonas posteriores das habitações que possibilitam, na maior parte dos casos, a colocação de instalações sanitárias com abertura direta para o exterior ou de uma zona digna de prolongamento da cozinha com iluminação natural ou de espaço para dormir, vestir e arrumação de roupa de casa, em compartimento autónomo ou, ainda, aumento do espaço disponível para zona de estar/reunir e jantar; ii) construção de paredes divisórias interiores que permite a individualização de espaços e ganhar compartimentos, de circulação/separação e de higiene pessoal e para trabalhar, estar ou de arrumos; iii) demolição de paredes divisórias de compartimentos possibilita ligar fogos distintos (permitindo a majoração da área útil da habitação), a construção de escadas interiores e mais espaços autónomos dentro das habitações; iv) encerramento de vãos interiores, em algumas circunstâncias, promove a individualização e a autonomização dos espaços, permitindo atribuir-lhes privacidade e intimidade; v) intervenções em sótãos com vista à adaptação da sua ocupação inicial (total para zona de estar habitável acessível através de escada interior ou parcial para zona de arrumos, acessível através de alçapão).

5. CONCLUSÕES

As políticas Europeias sobre reabilitação urbana devem debruçar-se sobre o desafio de reconciliar a conservação patrimonial com o progresso social tendo em conta o desenvolvimento económico sustentável. As intervenções de reabilitação no património edificado em geral, e nas construções habitacionais operárias em particular, não pretendem apenas conservar e reabilitar o que corresponde à construção propriamente dita ou a sua vertente habitacional e ambiental, dirigindo-se também à requalificação urbana e social do edificado com valor patrimonial. De facto, pretende-se que as intervenções operadas procurem salvaguardar tradições, memórias e comportamentos das populações diretamente afetadas, bem como potenciar a reconversão e revitalização das estruturas sociais da cidade.

Desde há algumas décadas que, a grande maioria das áreas relacionadas com a era da industrialização na cidade de Lisboa, tem vindo a apresentar elevada degradação, bem como um desajustamento em termos construtivos, no que se refere às tecnologias e práticas mais recentes, o que tem vindo a obrigar a repensar a sua sobrevivência e adequação fase às exigências funcionais contemporâneas. Para dar resposta às solicitações mais recentes tiveram inicio algumas iniciativas em prol da reabilitação e/ou recuperação da construção habitacional operária de Lisboa, em particular as vilas operárias. Estas iniciativas têm-se vindo a intensificar de forma gradual e eficiente, o que muito tem contribuído para a preservação das memórias de tipologias habitacionais muito específicas e características da revolução industrial e bastante disseminadas pela cidade de Lisboa.

As intervenções que tem vindo a ser empreendidas e/ou a empreender, seja por iniciativa da Câmara Municipal de Lisboa, seja por iniciativa de particulares tem vindo a permitir a recuperação deste património com tanta

história e tradições associadas. Com o desenvolvimento e implementação de estratégias de reabilitação e/ou recuperação, nas suas várias vertentes, procura-se garantir uma

REFERÊNCIAS

ANTUNES, F., 2002 – **Habitação operária – Pátios e vilas de Lisboa: A experiência da cidade operária industrial**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: FA-UTL.

ANTUNES, G.; LÚCIO, J.; SOARES, N.; JULIÃO, R., 2015 – **Pátios e vilas operárias – Causalidades da disseminação espacia**. Valores da Geografia. Atas do X CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA. Lisboa: Associação Portuguesa de Geografos. pp. 62-67. ISBN: 978-989-99244-1-3.

CÂMARA MUNICIPAL LISBOA, 1988 – **Estudo dos pátios e vilas da cidade de Lisboa: proposta**. Lisboa: Direção dos Serviços de Habitação, Gabinete de Estudos Olissiponenses.

CÂMARA MUNICIPAL LISBOA, 1993 – **Plano de pormenor dos pátios e vilas considerados património a preservar e reabilitar**. Lisboa: Direção Municipal de Reabilitação Urbana, Departamento de Reabilitação Urbana da Colina do Castelo, Divisão de Reabilitação Urbana Pátios e Vilas.

DMHDL, 2016 – **Pátios e vilas: edificado municipal**. Direção Municipal de Habitação e Desenvolvimento Local. Lisboa: CML. Apresentação ppt, 61 pp.

FONTAINHAS, S., 2015 – **Lugares com identidade e memória: os pátios e vilas operárias de Lisboa como fundamento de um projeto**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: FA-UTL.

Google images, 2020 – https://www.google.com/, acedido em janeiro de 2020 com busca orientada para:

i. pátios operários

https://www.google.com/search?q=p%C3%A1tios+oper%C3%A1rios&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNRASQGi2shLVZ5R7mo7Ijg2fM05Ig:1579889533613&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi_vr2T65znAhVTAGMBHZBPBckQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1366&bih=654

ii. vilas operárias

d&biw=1366&bih=654&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNQte8DayVBbvclqeVJiypdBQu0XfA%3A1579889538448&sa=1&ei=gjMrXt-DG9TqxgPXyISQAg&q=vilas+oper%C3%A1rios&oq=vilas+oper%C3%A1rios&gs_l=img.3...250258.250977..251805...1.0..0.295.1061.0j4j2.....0....1..gws-wiz-img.....0i8i7i30j0i8i30.e-x-ddo2VV8&ved=0ahUKEwjfzOSV65znAhVUtXEKHVckASIQ4dUDCAY&uact=5

iii. bairros operários

https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&biw=1366&bih=654&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNQdU8ERtD1HKaZ2BIKIT99o5uwxQQ%3A1579889852641&sa=1&ei=vDQrXoHoJsWWa9-3qsgB&q=bairros+oper%C3%A1rios&oq=bairros+oper%C3%A1rios&gs_l=img.1.0.0.110622.113853..116868...1.0..0.388.3847.0j10j4j4.....0....1..gws-wiz-img.....35i39j0i67j0i131j0i30j0i8i30.ViB29whdp1M

ILDEFONSO, S., 2008 – **Vilas operárias em Lisboa, emergência de novos modos de habitar: o caso da Vila Berta**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: FA-UTL.

ILDEFONSO, S.; MACHETE, R; FALCÃO, A.; HEITOR, T., 2019 – **A proto-habitação social na cidade de Lisboa: uma leitura integrada da vila operária no contexto urbano atual**. *urbe Revista Brasileira de Gestão Urbana*. 11. e20170201. https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.AO05.

MATOS, F.; RODRIGUES, R., 2009 – **As ilhas do Porto: lugares de resistência**. *Observatorium. Revista Eletrónica de Geografia.* 1, pp. 33-57.

OLIVEIRA, C., 2015 – **Habitação operária proposta de reabilitação: o caso das ilhas do Porto**. Dissertação de Mestrado. Covilhã: UBI.

PAIVA, J.; AGUIAR, J.; PINHO, A., 2006 – **Guia técnico de reabilitação habitacional**. Lisboa: INH e LNEC. ISBN: 978-972-492081-8.

PEREIRA, N., 1994 – **Pátios e vilas de Lisboa, 1870-1930: a promoção privada do alojamento operário.** *Análise social*. vol. xxix (127), pp. 509-524.

PEREIRA, N., BUARQUE, I., 1995 – **Habitação operária**. Lisboa: Livros Horizonte. 1.ª edição.

SANTOS, A., 2012 – **Sistema de inspeção e diagnóstico de caixilharias**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: IST-UI, Academia Militar.

SILVA, M., 2013 – **Pátios e vilas da zona ribeirinha oriental: materialidade, memória e recuperação urbana**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: ISCTE – IUL.

SILVA, M., 2016 – **Pátios e vilas de Marvila e Beato: modos de vida de um movimento antigo**. *Cadernos do Arquivo Municipal*. Lisboa: CML. 2.ª série, n.º 6, pp-143-170. ISSN 2183-3176.

TEIXEIRA, M., 1994 – **As estratégias de habitação em Portugal, 1880-1940**. *Análise social*. vol. xxvii (115), pp. 65-89.

TEIXEIRA, M., 1996 – **Habitação popular na cidade oitocentista – As ilhas do Porto**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica.

MODELO DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE INTERVENÇÕES DE REABILITAÇÃO EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS

MULTI-CRITERIA SUPPORT DECISION MODEL FOR REHABILITATION INTERVENTIONS SELECTION IN PUBLIC BUILDINGS





Maria João Falcão Silva [(1)], Paula Couto [(2)], Fernando Pinho [(3)]

(1) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, pcouto@lnec.pt
(3) CERIS, FCT-UNL, Portugal, ffp@fct.unl.pt

RESUMO

A reabilitação de edifícios surge como uma oportunidade do setor da construção se readaptar, apostando na requalificação do património existente e, se possível, melhorando a sua qualidade com base em princípios de sustentabilidade. De forma a ultrapassar a complexidade de uma tomada de decisão nesta área, por vezes é necessário recorrer a metodologias de apoio como, por exemplo, os modelos baseados em Análise Multicritério. A estruturação deste tipo de modelos ajuda na tomada de decisão em problemas com pouco nível de definição e, geralmente, envolvendo múltiplos pontos de vista. Este processo permite auxiliar os agentes decisores na definição de quais as intervenções prioritárias a executar, minimizando o seu impacto, enquanto se procura reduzir a despesa e maximizar o investimento efetuado por fundos públicos.

O trabalho desenvolvido compreende a descrição do edifício a reabilitar objeto do estudo, a apresentação de soluções de intervenção específicas e o desenvolvimento de um modelo de apoio à decisão sobre que intervenção realizar. O modelo é baseado numa análise multicritério, tendo sido definidos os objetivos e os critérios orientadores da decisão. Esta análise multicritério utilizará a metodologia MACBETH, devidamente apoiada por uma ferramenta informática, que permite auxiliar o agente decisor na definição das soluções de intervenção prioritárias. Os resultados obtidos, e devidamente justificados, têm como objetivo demonstrar a utilidade desta metodologia, que é bastante promissora no apoio à tomada de decisão, relativa a eventuais intervenções de reabilitação em edifícios públicos de interesse patrimonial.

Palavras-chave: Análise Multicritério / Apoio à Decisão / Reabilitação de Edifícios

1. INTRODUÇÃO

A reabilitação de edifícios públicos e a sua adaptação à atualidade pode ser considerada uma temática sensível, já que representa um estímulo da maior importância para a arquitetura e a engenharia, categorizando-se como uma oportunidade de reintegrar e preservar os testemunhos do passado na vida contemporânea. Na verdade, intervir em edifícios públicos, com o peso cultural e histórico que estes normalmente têm, pode ser um grande desafio, tanto pela responsabilidade de preservar o seu valor, como também porque o objeto intervencionado é um bem comum da Nação. Por esses motivos, a tomada de decisão de intervir e como o fazer pode tornar-se uma tarefa com alguma complexidade associada (Morettin, 2012). De forma a minimizar a complexidade da tomada de decisão, torna-se necessário recorrer a metodologias e / ou ferramentas de apoio à decisão, como sejam os modelos baseados em Análise Multicritério (AM). A estruturação deste tipo de modelos permite o apoio à decisão pública em problemas complexos, com pouco nível de definição, que geralmente envolvem pontos de vista múltiplos, sendo possível estabelecer uma linguagem comum de argumentação e discussão das perspetivas e pontos de vista defendidos pelos diversos atores e/ou intervenientes, facilitando a geração de novas oportunidades de decisão e alternativas de escolha, tendentes a ultrapassar as eventuais divergências de pontos de vista. Este processo permite auxiliar o agente decisor na definição de quais as intervenções prioritárias a executar, minimizando o impacto das mesmas, ao mesmo tempo que se reduz o custo e se maximiza o investimento público (Barcelos, 2019).

O presente artigo compreende um enquadramento conceptual com particular enfoque no processo de tomada de decisão, na Análise Multicritério e na metodologia MACBETH. Posteriormente apresenta-se o caso de estudo, um edifício público pertencente a um Monumento de Interesse Público (MIP), sobre o qual se implementa uma análise multicritério para apoio à decisão de intervir na reabilitação do mesmo. A análise referida utiliza as funcionalidades de escolha contidas no software de apoio à decisão da metodologia MACBETH, que permite apoiar o agente decisor na definição de quais as intervenções prioritárias a implementar. Os resultados obtidos permitem demonstrar a utilidade desta metodologia, bastante promissora no apoio à tomada de decisão sobre eventuais intervenções de reabilitação em edifícios públicos.

2. ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL

2.1. Processo de tomada de decisão

Uma tomada de decisão pode ser descrita como uma “escolha entre diferentes alternativas”. Esta definição é, de certa forma, demasiado simplista, porque não se trata de um ato isolado, em que o decisor decide por uma de entre várias opções, mas sim de todo um processo (Estrela, 2014). Em cada decisão que tem de ser tomada surgem dificuldades, nomeadamente: i) complexidade; ii) incerteza; iii) diferentes pontos de vista (isto é, diferentes atores); e iv) objetivos múltiplos. Uma boa decisão não é aquela que origina necessariamente o melhor resultado, mas sim a que é tomada a partir da compreensão do problema como um todo e de uma cuidadosa análise dos pontos importantes que fazem parte dele. Os resultados podem ser positivos ou negativos, independentes da qualidade da decisão (Clemen, 1991; Clemen e Reilly, 2001), e maximizar a previsão das suas consequências é um ponto muito importante no processo de tomada de decisão (Bana e Costa, 1993).

De facto, o processo de tomada de decisão é complexo e engloba diversos fatores e condicionantes que aumentam a sua incerteza, o que faz com que os decisores procurem minimizar os seus riscos mediante a adoção de diversos mecanismos e técnicas. Estes fatores têm maior influência no processo quanto mais complexa for a decisão e, por consequência, nas repercussões que podem surgir a partir do momento em que se decide (Barcelos, 2019). De forma a atenuar a complexidade do problema é necessário recorrer a metodologias efetivas

que permitem organizar os problemas complexos numa estrutura, para que o processo de análise decorra da maneira mais eficaz (Bana e Costa e Beinat, 2010).

2.2. Análise Multicritério

Uma AM pode ser definida como um conjunto de procedimentos, cujo objetivo é analisar um grupo de alternativas, sobre múltiplos critérios, para resolver um determinado problema (Gomes, 1999). Esta é uma abordagem quantitativa que permite apoiar o processo de tomada de decisão a vários níveis, de modo a potenciar nos decisores uma visão abrangente e estruturada do problema. O uso da AM pode ser visto como uma forma de refletir o raciocínio e as diferentes convicções dos variados intervenientes no processo de decisão, sobre cada um dos temas levantados de forma individual. Esta ferramenta é usualmente utilizada como forma de definir prioridades e / ou recomendações, de analisar situações em que existe conflito ou para originar orientações de natureza operacional (Clemen e Reilly, 2001; Salvado, Falcão Silva e Couto, 2017). Durante o processo de desenvolvimento de uma AM, torna-se possível encontrar soluções que sejam viáveis para um grupo de critérios diferentes que podem ter objetivos opostos (ex.: maximizar a qualidade *vs* minimizar os custos) (Barcelos, 2019). A implementação de uma AM é um procedimento recorrente não-linear composto por diferentes etapas, podendo o número de etapas variar de acordo com o tipo de AM que se utiliza, uma vez que cada uma delas tem as suas próprias características especificas. No entanto, podem ser identificadas cinco etapas críticas (Figura 1) (Salvado, Falcão Silva, Couto; 2017), que concretizam três fases: estruturação, avaliação e recomendações.

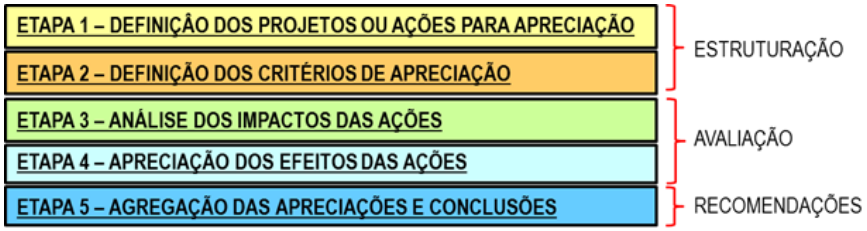


Figura 1 – Sistematização de Análise Multicritério, adaptado de (Salvado, Falcão Silva e Couto, 2017)

Na ETAPA 1 procede-se ao levantamento do inventário dos elementos destinados à comparação, em fase de programação ou depois de implementados. A ETAPA 2 compreende a definição dos objetivos e respetivos critérios de apreciação, refletindo as preferências dos intervenientes e os diferentes pontos de vista. Na ETAPA 3 efetua-se uma estimativa quantitativa ou uma descrição qualitativa do impacto, com a construção da matriz de avaliação do impacto (critérios *vs* ações), e a possibilidade de combinar critérios qualitativos e quantitativos através de escalas de classificação calibradas. A ETAPA 4 compreende a avaliação dos impactos, em que são combinados elementos factuais e objetivos relativos aos impactos. Nesta mesma etapa, um grupo de especialistas deve atribuir uma ponderação a cada um dos critérios, para que se possam considerar todos num modelo final global. Por último, na ETAPA 5 calcula-se a pontuação global de cada ação através da soma das multiplicações de cada pontuação elementar do critério pela sua ponderação, sendo possível considerar três abordagens diferenciadas (pessoal, coligação ou compromisso) à agregação das apreciações (Salvado, Falcão Silva, Couto, 2017).

2.3. Metodologia MACBETH

O acrónimo MACBETH resulta de “Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique”, o que pode ser traduzido como: medição da atratividade por uma técnica de avaliação baseada em categorias (Bana e Costa, De Corte e Vansnick, 2003; Bana e Costa, Angulo-Meza e Oliveira, 2013). O MACBETH apoia-se na análise de juízos qualitativos para a construção dum modelo de avaliação quantitativo de valores, permitindo quantificar o grau de preferência que o decisor tem sobre um conjunto de alternativas possíveis e facilitar o caminho da

ordenação ordinal para a modelação de preferência cardinal, sendo uma mais-valia para o decisor quantificar o interesse das opções possíveis (Costa e Vansnick, 1995; Bana e Costa, Oliveira e Oliveira, 2012). A abordagem MACBETH assenta num modelo de agregação de valor aditivo simples, que se caracteriza pela sua simplicidade, isto é, pela precisão no processamento da importância relativa entre critérios, por evitar complicações no processo das agregações ordinais e ainda por abranger parâmetros técnicos de fácil interpretação e explicação (Bana e Costa, De Corte e VansnicK, 2003). A aplicação do MACBETH considera uma avaliação parcial, seguida de uma avaliação global. A primeira é obtida com a definição de funções de valor ou escalas de preferências para avaliar o desempenho das opções em cada um dos critérios, enquanto a segunda surge com o somatório da aplicação de coeficientes de ponderação (pesos) a essas mesmas avaliações parciais (Equação 1) (Caetano, 2018):

$$V(a) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i V_i(a) \quad (1)$$

em que: V(a) representa a avaliação global da opção "a"; λ_i representa o peso do critério "i"; e V_i (a) representa a avaliação parcial da opção "a" no critério "i" (Bana e Costa, Oliveira e Oliveira, 2012).

A metodologia MACBETH compreende uma sequência de Fases (subdivididas em etapas), mais ou menos aplicáveis e ajustáveis a diferentes tipos de tomadas de decisão (Direção Geral de Política Regional da Comissão Europeia, 2003; Dodgson, Packman, Pearman *et al*., 2009; Macharis *et al*., 2009; Comissão Europeia e Observatório QREN, 2013b): i) Estruturação (enquadramento; identificação de alternativas; identificação de objetivos e critérios); ii) Avaliação (avaliação de cada alternativa relativamente a cada um dos critérios; obtenção dos pesos dos critérios; obtenção dos pesos finais de cada alternativa); e iii) Recomendações (análise dos resultados; análises de sensibilidade, nos pesos, e de robustez).

Para além das principais diretrizes da utilização desta metodologia, todos os intervenientes envolvidos beneficiam do carácter construtivo e participativo que a abordagem MACBETH proporciona. Seja ao nível do setor público, seja no domínio das organizações privadas, as decisões não são, senão excecionalmente, da responsabilidade de apenas um indivíduo (Barcelos, 2019).

2.4. *Software* M-MACBETH

Para a análise da informação recolhida ao longo de todo o processo da tomada de decisão é usual utilizarem-se *softwares* informáticos que, para além de facilitarem o trabalho dos decisores, permitem que se conclua o estudo de uma forma rápida, consistente e credível (Bana e Costa *et al*., 2012). A metodologia MACBETH possui um *software* de apoio designado M-MACBETH que permite verificar a consistência dos juízos atribuídos, alertar quando são detetadas inconsistências e, caso necessário, sugerir recomendações com vista a tornar todos os julgamentos consistentes (o conjunto de julgamentos é inconsistente quando não existe solução possível para o problema). Após a definição de todas as matrizes de julgamentos, e não existindo inconsistências, são criadas as funções de valor e as escalas de preferência (Caetano, 2018). Cabe ao decisor organizar os critérios por ordem decrescente de atratividade, para que seja possível o processo de atribuição dos coeficientes de ponderação, sendo que o *software* verifica também a consistência dos dados introduzidos e sugere correções caso seja necessário. De seguida, é feita a análise e validação por parte do decisor e são obtidas as pontuações globais. Uma das maiores vantagens do uso do *software* M-MACBETH é que permite analisar quanto cada opção é fraca ou forte em cada critério. Por fim, destaca-se a capacidade do *software* realizar análises de sensibilidade e robustez (Bana e Costa, De Corte e Vansnick, 2003; Ishizaka e Nemery, 2013; Karande e Chakraborty, 2014).

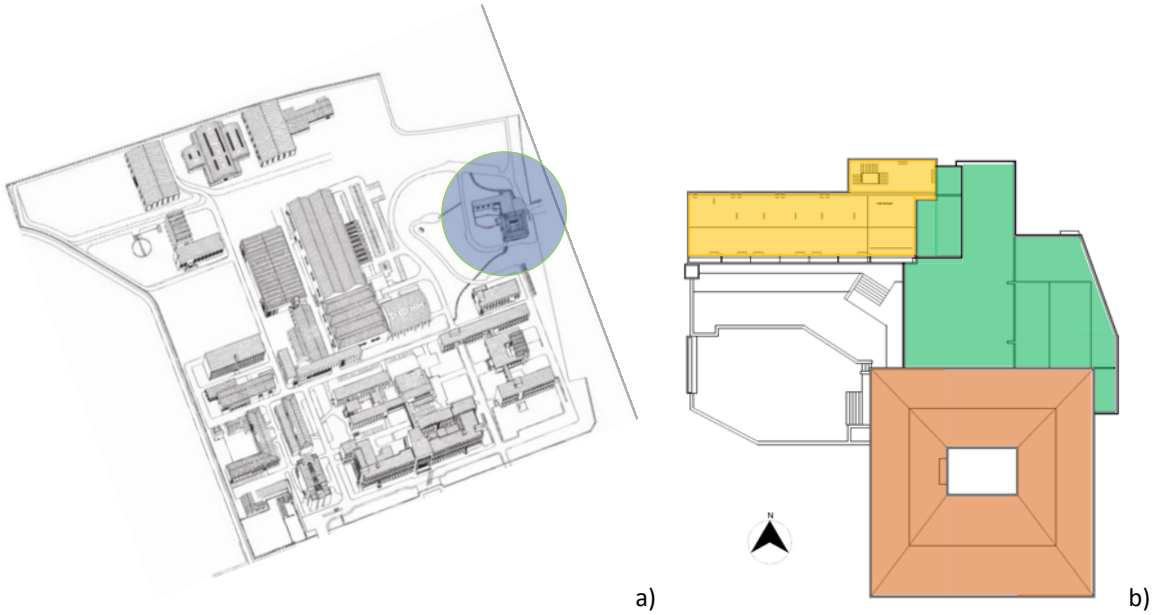
3. APLICAÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO A UM EDIFÍCIO PÚBLICO

Para que se possa definir, de forma fundamentada, a prioridade nas intervenções de reabilitação em edifícios públicos, dada a complexidade da tomada de decisão e o financiamento com recurso a fundos públicos,

considera-se a aplicação da metodologia de AM recorrendo ao MACBETH, com utilização do *software* M-MACBETH.

3.1. Descrição do caso de estudo

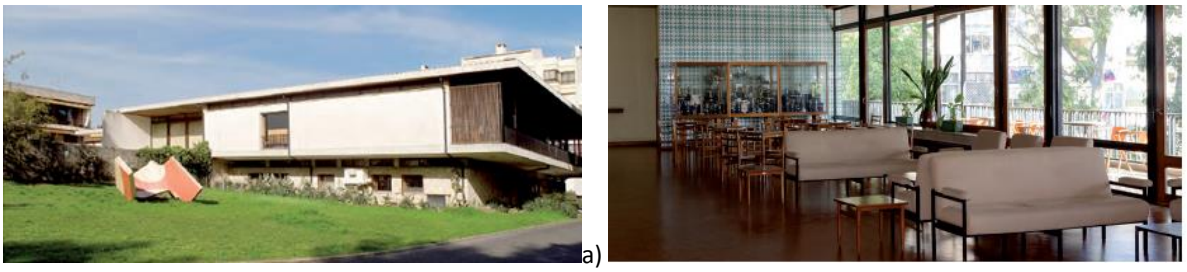
Com projeto de Januário Godinho de Almeida (1910-1990) e de João Henrique de Mello Breyner Andresen (1920-1967), o edifício estudado foi inaugurado a 19 de dezembro de 1966, e está integrado numa instituição pública de investigação, classificada como Monumento de Interesse Público (MIP) em 2012 (Figura 2a). Desde a sua génese destinou-se a acolher os serviços de apoio social dos trabalhadores da referida instituição pública, bem como alojar investigadores visitantes estrangeiros. Trata-se de um edifício composto por 3 blocos, ligados interiormente, com entradas externas independentes (Figura 2b).



a) b)

Figura 2 – Caso de estudo: a) Localização do edifício no Monumento de Interesse Público (MIP) (Barcelos, 2019); b) Planta do edifício em estudo (Barcelos, 2019)

No bloco a Norte, encontra-se a ala do edifício destinada a servir de Centro de Acolhimento a Visitantes (amarelo). O bloco central foi projetado com vista à instalação de um serviço de refeições destinado aos funcionários (verde). O bloco a Sul (laranja) alberga, no R/C, o posto médico e os serviços administrativos (Figura 3a) e, no 1.º piso, as zonas destinadas ao convívio dos trabalhadores (Figura 3b). O edifício combina betão armado, alvenaria de tijolo e betão ciclópico e quanto aos revestimentos incluem peças de cerâmica e madeiras exóticas (Barcelos, 2019).



a) b)

Figura 3 – Caso de estudo: a) Perspetiva do exterior (bloco Sul) (Freire, Machado, Mimoso *et al.,* 2017); b) Zona de convívio para trabalhadores (Freire, Machado, Mimoso *et al.,* 2017)

3.2. Propostas de intervenção

Após serem identificadas as situações mais problemáticas do edifício e decididas quais as propostas de intervenção que farão cumprir os objetivos para a sua reabilitação, torna-se necessário analisar qual a prioridade que deve ser dada às alternativas das intervenções que se verifiquem ser necessárias. As intervenções de reabilitação (IR) consideradas englobam, de forma geral, ações de reparação e/ou de melhoria das condições observadas em determinados elementos ou zonas do edifício. O grau de intervenção varia consoante o nível de melhoramento das exigências funcionais e/ou estruturais. Os níveis de intervenção englobam também a complexidade e extensão das operações necessárias para atingir os objetivos propostos aquando da decisão a tomar.

Atendendo ao estado atual do edifício estudado propõem-se, para análise e possível tomada de decisão, cinco alternativas acumulativas, correspondentes a diferentes níveis de intervenção, designadamente: i) Intervenção de Reabilitação muito ligeira (IR1), apenas ao nível da reposição de revestimentos de paredes interiores, onde se observa destacamento do mesmo, conforme identificado na zona de armazém no piso 1; ii) Intervenção de Reabilitação ligeira (IR2), onde também se intervirá ao nível do melhoramento das condições de ventilação, nas situações em que se observam, por exemplo, manchas provenientes de condensação interior, conforme identificado maioritariamente na zona destinada à copa do refeitório; iii) Intervenção de Reabilitação média (IR3), onde também se efetuará a reparação da impermeabilização observada, por exemplo, em zonas junto de tubos de queda; iv) Intervenção de Reabilitação profunda (IR4), onde também se efetuará a reparação de juntas de dilatação, nas situações em que se observam, por exemplo, infiltrações pelas juntas de dilatação, conforme identificado em algumas zonas do edifício (teto, paramento exterior na zona da junta de dilatação; caleira periférica); v) Intervenção de Reabilitação muito profunda (IR5), onde também se efetuará a reparação de viga e correção de impermeabilização, nas situações em que se observam, por exemplo, anomalias resultantes de impermeabilização insuficiente, conforme identificado em algumas zonas (floreira, floreira com claraboia, zona de viga no piso térreo).

3.3. Estruturação do modelo

Dado que o MACBETH requer julgamentos com base em diferentes categorias no que se refere ao nível da atratividade, a diferença de atratividade poderá variar entre: i) muito fraca, ii) fraca, iii) mediana, iv) forte, v) muito forte e vi) extrema (Marujo-Silva, 2017). A intervenção prioritária é obtida por meio de um procedimento onde são envolvidos diferentes critérios qualitativos e quantitativos, comparados entre si em termos de atratividade (Barcelos, 2019). O momento inicial da análise é a identificação do problema, que neste caso é a *Necessidade de reabilitação de um edifício público integrado no conjunto de infraestruturas de apoio a um Laboratório de Estado*. Depois, na primeira etapa são identificadas as alternativas, que traduzem as opções de escolha IR1 a IR5 já apresentadas; e na segunda etapa é criada a Árvore de Valor, que traduz o diagrama onde são descritos os aspetos importantes para a tomada de decisão. No que se refere à criação da árvore de valor consideram-se: i) objetivos e critérios (independentes entre si) obtidos a partir de uma análise mais profunda do problema; ii) níveis de desempenho, associados a cada um dos critérios (qualitativos ou quantitativos); e iii) níveis de referência nas escalas de desempenho dos critérios. Assim, estabeleceu-se o Objetivo Principal (*Priorização das intervenções no edifício público em estudo)*, definiram-se os objetivos de caráter intermédio (O1 a O4), considerados na busca pelo cumprimento do objetivo principal, e associaram-se os diferentes critérios (C1 a C11) a cada um dos objetivos intermédios (Figura 4).

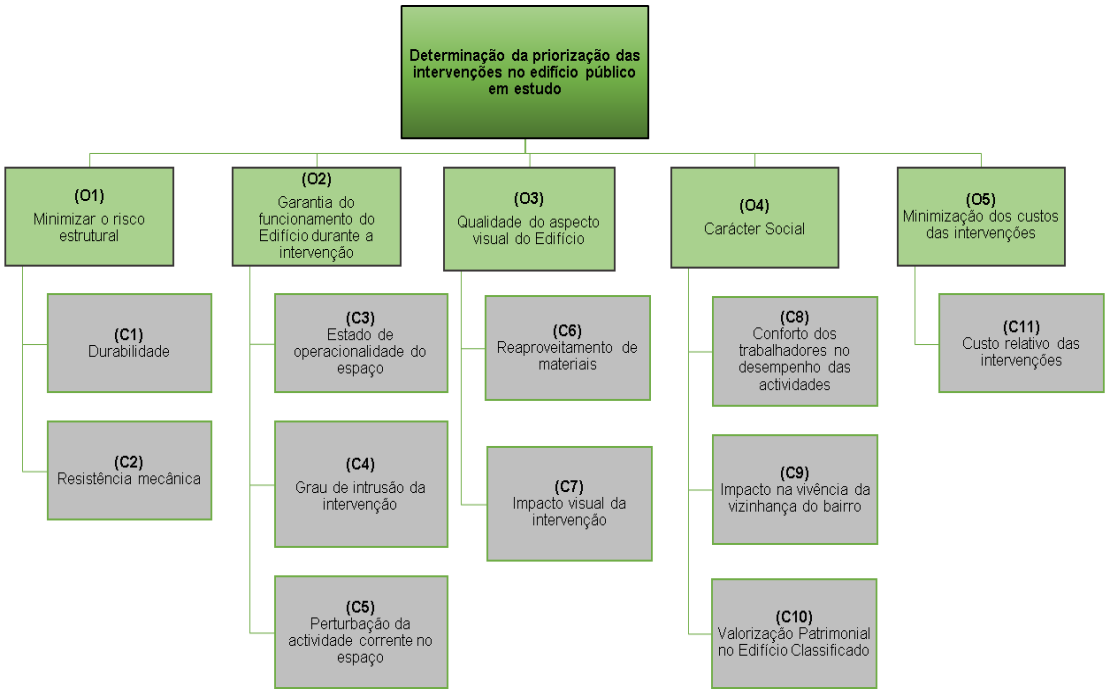


Figura 4 – Árvore de valor para seleção de intervenções de reabilitação no edifício em estudo (Estruturação do Modelo), adaptado de (Barcelos, 2019)

De seguida classificou-se cada umas das alternativas (IR1 a IR5) relativamente a cada um dos critérios (C1 a C11), com os níveis de desempenho já definidos. No decorrer da estruturação do modelo, o critério C9 foi excluído, ficando sem classificação, visto o edifício não se encontrar localizado numa zona perto da via pública, portanto sem impacto na vivência do bairro mais próximo (Barcelos, 2019). Em relação ao critério C11, dado que não é obrigatória a introdução dos valores dos custos reais para a análise segundo a metodologia MACBETH, considerou-se o custo relativo de cada alternativa. Para tal, atribui-se à menos dispendiosa (IR1) o valor unitário, sendo os restantes valores obtidos com essa referência (Quadro 1).

Quadro 1 – Custo relativo das alternativas (Barcelos, 2019)

	IR1	**IR2**	**IR3**	**IR4**	**IR5**
Custo relativo [IR1]	1.0	2.0	3.5	4.0	5.5

A tomada de decisão é suportada pelo envolvimento de especialistas e outros intervenientes no processo. Nesse sentido, na etapa seguinte recorreu-se a ferramentas (inquéritos) que permitem a consideração da opinião dos mesmos e devem refletir os seus ideais em relação ao tema. Desta forma é obtido o registo das avaliações dos impactos, através das funções de valor, e das ponderações dos critérios.

Na análise do problema, considerou-se importante integrar 4 pontos de vista distintos, correspondentes a intervenientes diferentes. A escolha dos especialistas e outros intervenientes recaiu naqueles cujas opiniões pudessem contribuir diretamente para a resolução do problema. Nesse sentido, recolheu-se a opinião do Gestor da Infraestruturas (GI), de um Projetista de Estruturas (PE), de um Técnico de Manutenção (TM) e de um Utente do Edifício (UE). Solicitou-se a cada um dos intervenientes que registasse a sua opinião através do preenchimento individual de um inquérito desenvolvido para o efeito. Junto de cada especialista obteve-se o seu ponto de vista relativamente ao grau de importância e relevância de cada critério, tendo sido definido o peso que a opinião de cada um dos especialistas teria para a análise global do problema. A maior percentagem foi atribuída ao GI (35%) por ser aquele que na Instituição ocupa uma posição de maior responsabilidade na tomada de decisão. Em seguida, e por se tratar de um técnico com formação na área da engenharia, encontra-se o PE (30%). A opinião

do TM tem um peso (20%), que reflete o conhecimento empírico e o peso da experiência prática proveniente das intervenções previamente empreendidas no edifício. Finalmente, encontra-se o EU (15%) que, apesar de não ter um conhecimento técnico profundo sobre o problema, tem uma opinião importante na medida que será este, por usufruir do espaço diariamente, que será diretamente mais influenciado pela tomada de decisão. As respostas de especialistas e outros intervenientes, materializadas em matrizes de avaliação, resumem aquela que é a visão geral dos inquiridos sobre cada critério, através do cálculo da média dos valores atribuídos por cada especialista na avaliação par a par.

3.4. Implementação no M-MACBETH

Para desenvolver a AM, apoiada pelo *software* M-MACBETH, inseriu-se na aplicação a informação obtida na fase de estruturação do modelo de avaliação, isto é, a árvore de valor apresentada na Figura 4. De seguida, foram inseridos na aplicação os níveis de desempenho de cada critério, neste caso com escalas qualitativas, tendo-se obtido uma base de comparação, com a definição dos níveis de referência superior (verde) e inferior (azul) para cada critério (Figura 5).

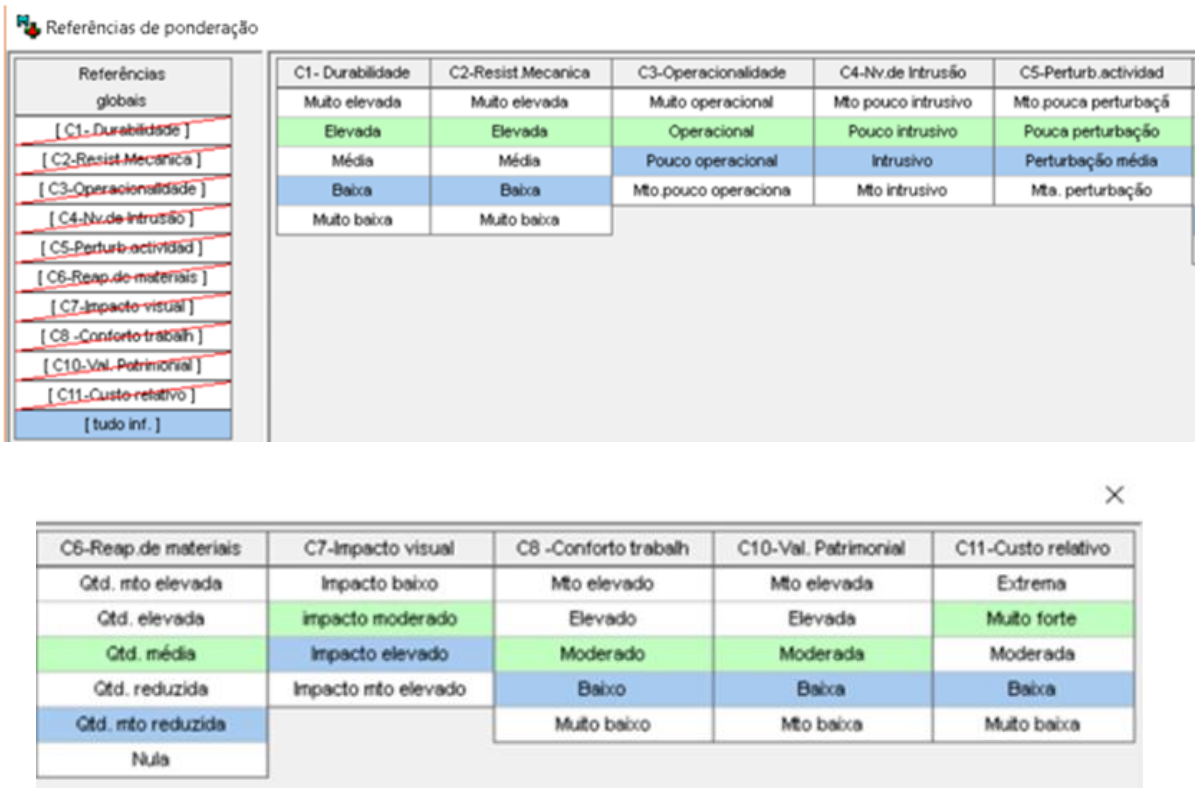


Figura 5 – Níveis de desempenho dos critérios, adaptado de (Barcelos, 2019)

Depois, incorporou-se na aplicação a classificação de cada uma das Intervenções de Reabilitação (IR), relativamente a cada um dos critérios, sob a forma dos respetivos desempenhos (Figura 6).

Tabela de performances

Opções	C1	C2	C3	C4	C5
IR1	Muito baixa	Muito baixa	Operacional	Pouco intrusivo	Pouca perturbação
IR2	Baixa	Baixa	Pouco operacional	Pouco intrusivo	Perturbação média
IR3	Média	Baixa	Muito operacional	Intrusivo	Pouca perturbação
IR4	Elevada	Média	Muito operacional	Intrusivo	Pouca perturbação
IR5	Muito elevada	Elevada	Pouco operacional	Mto intrusivo	Mta. perturbação

C6	C7	C8	C10	C11
Nula	Impacto baixo	Moderado	Baixa	Muito baixa
Qtd. média	Impacto muito Baixo	Mto elevado	Moderada	Moderada
Qtd. mto reduzida	impacto moderado	Moderado	Elevada	Moderada
Qtd. mto reduzida	impacto moderado	Moderado	Elevada	Moderada
Qtd. mto reduzida	Impacto muito Baixo	Elevado	Mto elevada	Muito forte

Figura 6 – Níveis de desempenho das IR, adaptado de (Barcelos, 2019)

Finalmente, após análise, tratamento e ponderação das respostas ao inquérito dadas pelos diferentes intervenientes, foram introduzidos na aplicação os julgamentos MACBETH de diferença de atratividade entre níveis de desempenho, para cada um dos critérios, acedendo à área destinada à matriz de julgamentos de determinado critério. Preenchidas as matrizes referidas utilizou-se a funcionalidade do programa que permite converter os níveis de desempenho qualitativos em valores numéricos pertencentes a uma escala. Esta escala é criada automaticamente pelo *software* M-MACBETH tendo por base as referências, superior e inferior, definidas para cada critério. Foram considerados os valores de pontuação de referência definidos pelo programa, isto é 0 (zero) para o nível de referência inferior e 100 (cem) para o nível de referência superior.

Considerando o *ranking* proposto para a ordenação dos critérios (1.º-C1; 2.º-C2; 3.º-C4; 4.º-C5; 5.º-C3; 6.º-C11; 7.º-C7; 8.º-C6; 9.º-C10; e 10.º-C8) e os pesos considerados para cada interveniente (GI = 35%, PE = 30%, TM = 20%, UE = 15%) obteve-se uma matriz de julgamentos entre os vários critérios, isto é, ordenaram-se os critérios por ordem decrescente de atratividade global. Após o preenchimento da matriz, gerou-se uma escala de pesos MACBETH. Neste sentido, à medida que se vai criando o modelo, o *software* vai verificando e consequentemente validando a consistência dos julgamentos nas matrizes, confirmando a inexistência de julgamentos incompatíveis.

3.5. Resultados obtidos

O *software* M-MACBETH gera tabelas onde é possível observar os pesos associados a cada critério e as pontuações parciais e globais das alternativas. A organização da lista de IR da tabela é feita por ordem decrescente de atratividade global, ou seja, com base na pontuação global daquela que é mais atrativa para a que menos atratividade apresenta (Figura 7). Observa-se que: i) quando a IR apresenta pontuação parcial nula, esta é considerada como tendo um desempenho "neutro"; ii) quando determinada IR apresenta pontuação parcial negativa, o seu desempenho é inferior ao "neutro"; iii) quando os valores de pontuação parcial da IR se situam entre 0 e 100, estamos perante um desempenho entre o "neutro" e o "bom"; iv) as IR com pontuações parciais de valor igual a 100 são consideradas como tendo um desempenho "bom"; e v) se a IR obteve pontuação parcial superior a 100, o seu desempenho é superior ao "bom". Refere-se que no caso estudado nenhuma das alternativas obteve valor de pontuação global próximo de 100, o que reflete que a exigência proveniente dos intervenientes é alta e que a resposta dada pelo conjunto de critérios escolhido para a análise deste problema é satisfatória (Barcelos, 2019).

Tabela de pontuações

Opções	Global	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C10	C11
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
IR4	78.16	100.00	71.43	150.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	166.67	44.44
IR3	60.41	66.67	0.00	150.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	166.67	44.44
IR5	50.29	133.33	100.00	0.00	-75.00	-133.33	0.00	233.33	166.67	233.33	100.00
IR2	48.89	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00	233.33	233.33	100.00	44.44
IR1	27.56	-50.00	-28.57	100.00	100.00	100.00	-50.00	166.67	100.00	0.00	-88.89
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.1818	0.1636	0.1091	0.1455	0.1273	0.0545	0.0727	0.0182	0.0364	0.0909

Figura 7 – Pontuações globais do M-MACBETH, adaptado de (Barcelos, 2019)

Com o objetivo de aprofundar a análise dos resultados, bem como de efetuar as comparações necessárias, foram obtidas representações gráficas custo-benefício, considerando no eixo XX o custo relativo da IR e no eixo YY os objetivos, definidos na árvore de valor, sob a forma dos benefícios identificados e considerados. Para que a análise fosse conclusiva tornou-se necessário, para além das relações custo-benefício parciais associadas a cada critério individualmente, avaliar o problema considerando todos os critérios e objetivos em simultâneo, razão pela qual foi gerada a relação custo-benefício global (Figura 8).

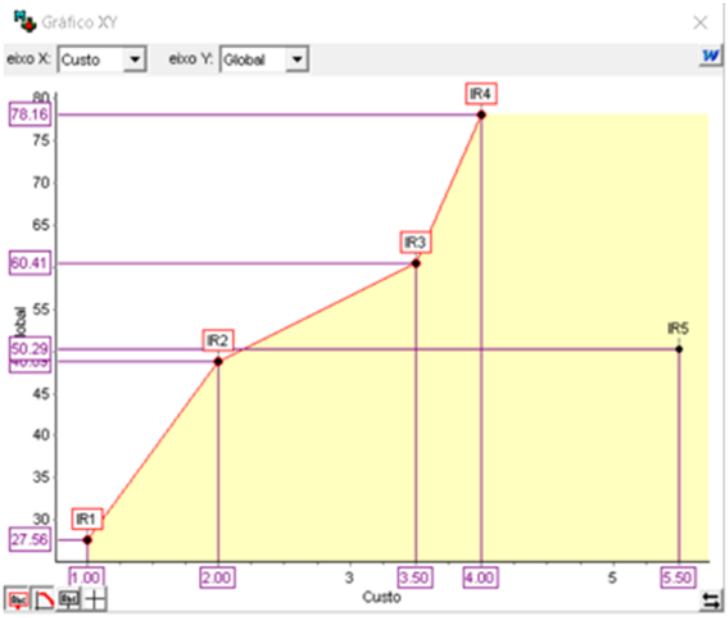


Figura 8 – Relação custo-benefício global do M-MACBETH, adaptado de (Barcelos, 2019)

3.6. Análise e discussão

A análise dos resultados apresentados no gráfico permite perceber que, das alternativas consideradas para o problema da "Determinação da priorização das intervenções no edifício público em estudo", a IR5 foi excluída como hipótese pelo modelo, já que a sua pontuação global é inferior à de outras alternativas (IR3 e IR4) com custo relativo inferior, isto é, apresenta um custo demasiado elevado para o benefício que trará tendo em conta os critérios utilizados.

O *software* M-MACBETH permite definir como elegíveis, para a tomada de decisão, as restantes alternativas (IR1, IR2, IR3 e IR4). No entanto, considera-se que a IR1 deve ser excluída como opção, dada a pontuação global (benefício) ser muito baixa, comparativamente com as das restantes alternativas. Procedendo à análise entre as restantes alternativas (IR2, IR3 e IR4), de um ponto de vista mais detalhado em cada um dos objetivos, observou-se que a IR2 apresenta uma prestação eficiente em todos eles, com exceção do objetivo O2. Relativamente à IR3, esta apresenta um desempenho individual em cada objetivo razoavelmente eficiente, o que resulta numa

elevada pontuação global. A alternativa IR4 apresenta um desempenho bastante relevante em termos globais, obtendo a maior pontuação, e um custo relativo pouco superior ao da alternativa IR3. Desta forma, dados o custo relativo e o benefício em termos globais, considera-se que a alternativa IR4 deve ser a proposta para a tomada de decisão sobre a intervenção de reabilitação prioritária no edifício em estudo.

4. CONCLUSÕES

A utilização da AM para apoio à decisão permite a aplicação das melhores práticas na elaboração dos modelos de avaliação, bem como a adoção de uma solução tecnológica evoluída (construção de escalas de pontuação e ponderação de critérios), e também um conjunto de análises que possibilita aos intervenientes no processo uma tomada de decisão estruturada, eficaz e objetiva. Como tantas outras abordagens quantitativas, pode ser um recurso útil para os gestores públicos. Para o efeito é necessário que se entenda a metodologia como recurso para reflexão das práticas e apoio à tomada de decisão, garantindo a transparência e a possibilidade de incorporação de juízos de valor subjetivos. O campo de aplicações práticas é muito abrangente, sendo necessário continuar a explorá-lo e aprofundá-lo.

A metodologia MACBETH exige uma preparação com elevado grau de rigor: i) na definição de objetivos; ii) na definição dos critérios associados a cada objetivo; e iii) nas ferramentas utilizadas para obter a opinião de cada interveniente (inquéritos). Deve ser na fase de estruturação que são envidados os maiores esforços e dedicação, pois tem de se partir de uma base devidamente fundamentada e robusta, para que o modelo possibilite a obtenção de recomendações fiáveis, com idêntica robustez e solidez.

O trabalho desenvolvido demonstra a utilidade da AM, na generalidade, e da metodologia MACBETH, em particular, bem como a forma como podem apoiar os agentes envolvidos na tomada de decisões complexas. Este tipo de análises apresenta grande aplicabilidade a diferentes projetos, podendo neste caso em particular ser extensível a qualquer outro tipo de edifícios públicos.

Para o caso de estudo analisado foi possível concluir que o modelo desenvolvido em MACBETH, e materializado no *software* M-MACBETH, é válido e robusto para fundamentar tomadas de decisão em caso de intervenções objeto de financiamento público. Os resultados obtidos e analisados permitem aos agentes decisores tornar a tomada de decisão mais eficiente, na medida em que esta pode ser fundamentada em diferentes aspetos e variadas opiniões que imprimem, na generalidade, uma grande robustez e fiabilidade ao processo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os elementos disponibilizados pelo Eng.º João Barcelos para a elaboração do presente artigo.

REFERÊNCIAS

BANA e COSTA, C., 1993 – **Processo de apoio à decisão: problemáticas, actores e acções**. http://web.ist.utl.pt/carlosbana/bin/Processosdeapoioadecisao.pdf .

BANA e COSTA, C.; ANGULO-MEZA, L.; OLIVEIRA, M., 2013 – **O método MACBETH e aplicação no Brasil**. *ENGEVISTA*. 15(1), pp. 3-27.

BANA e COSTA, C.; BEINAT, E., 2010 – **Estruturação de modelos de análise multicritério de problemas de decisão pública**. Lisboa: Centro de Estudos de Gestão. Instituto Superior Técnico.

BANA e COSTA, C.; DE CORTE, J.; VANSNICK, J., 2003 – **MACBETH: overview of MACBETH multicriteria decision analysis approach.** *International Journal of Information Technology and Decision Making*. 11(2):359-387.

BANA e COSTA, C.; OLIVEIRA, D.; OLIVEIRA, M., 2012 – **A multicriteria decision analysis model for faculty evaluation**. *Omeg*a. 40(4), pp. 424-436. doi: 10.1016/j.omega.2011.08.006.

BANA e COSTA, C.; SILVA, M., 2008 – **Modelo multicritério de avaliação de capacidade empreendedora em empresas de base tecnológica**. *ENGEVISTA*. 10(1), pp. 4-14.

BARCELOS, J., 2019 – **Análise multicritério na reabilitação de edifícios – Apoio à decisão na intervenção num edifício de interesse público**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: FCT-UNL.

CAETANO, V., 2018 – **Análise multicritério aplicada na reabilitação de infraestruturas ferroviárias**, Dissertação de Mestrado. Lisboa: FCT-UNL.

CLEMEN, R., 1991 – **Making hard decisions: an introduction to decision analysis**. Pws Pub Co. ISBN: 978-0534923365

CLEMEN, R. T.; REILLY, T., 2001 – **Making hard decisions with Decision Tools**. Cengage Learning. 1st edition, ISBN: 978-0495015086.

COMISSÃO EUROPEIA E OBSERVATÓRIO QREN, 2013 – **A avaliação do desenvolvimento socioeconómico**, EVALSED, MANUAL TÉCNICO II: Métodos e Técnicas. Instrumentos de Enquadramento das Conclusões da Avaliação: Análise Multicritério.

COSTA, C.; VANSNICK, J., 1995 – **General overview of the Macbeth approach**. *Advances in Multicriteria Analysis, Nonconvex Optimization and Its Applications*. Boston, MA: Springer. pp. 93-100. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2383-0_6.

DIREÇÃO GERAL DE POLÍTICA REGIONAL DA COMISSÃO EUROPEIA, 2003 – **Manual de análise de custos e benefícios dos projetos de investimento**.

DODGSON, J.; SPACKMAN, M.; PEARMAN, A., PHILLIPS, L., 2009 – **Multi-criteria analysis: a manual**. Dep. Communities Local Gov. Lond. doi: 10.1002/mcda.399.

ESTRELA, S., 2014 – **A gestão da informação na tomada de decisão das PME da região centro: um estudo exploratório e de multicasos no âmbito da Ciência da Informação.** Tese de doutoramento. Disponível na http://hdl.handle.net/10316/25956.

FREIRE, P.; MACHADO, J.; MIMOSO, J.; PAIVA; J.; ROCHA, M.; CAMPOS COSTA, A., 2017 – **O campus do Laboratório Nacional de Engenharia Civil: monumento de interesse público**. Lisboa: Edições LNEC. e-book, 44 p.

GOMES, E., 1999 – **Integração entre sistemas de informação geográfica e métodos multicritério no apoio à decisão espacial**. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

MACHARIS, C., DE WITTE, A., AMPE, J., 2009 – **The multi-actor, multi-criteria analysis methodology (MAMCA) for the evaluation of transport projects: Theory and practice**. *Journal of Advanced Transportation*. 43, 183-202. https://doi.org/10.1002/atr.5670430206.

MARUJO DA SILVA, N., 2017 – **Análise multicritério na priorização de intervenções em quebra-mares de talude**. 9as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, LNEC.

MORETTINI, R., 2012 – **Tecnologias construtivas para a reabilitação de edifícios: tomada de decisão para uma reabilitação sustentável**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo.

SALVADO, F.; FALCÃO SILVA, M. J.; COUTO, P., 2017 – **Otimização de intervenções de reabilitação baseada em análises multicritério**. CREPAT2017. pp. 197-204.

CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO APARENTE DO PATRIMÔNIO DA ARQUITETURA MODERNA BRASILEIRA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

CONSERVATION OF THE EXPOSED CONCRETE STRUCTURES OF BRAZILIAN MODERN ARCHITECTURE: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Cláudia de Andrade Oliveira[(1)], Tatiana Regina da Silva Simão[(2)], Adriana de Araujo[(3)], Cláudio Vicente Mitidieri Filho[(4)]

(1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP, Brasil, ctao@usp.br
(2) Instituto Federal São Paulo – IFSP, Brasil e FAUUSP, Brasil, tatiana@ifsp.edu.br
(3) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Brasil, aaraujo@ipt.br
(4) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Brasil, claumit@ipt.br

RESUMO

Edifícios da arquitetura moderna brasileira com estruturas de concreto armado aparente compõem um vasto patrimônio cultural e requerem intervenções para restabelecer o desempenho quanto à segurança e funcionalidade. O artigo objetiva discutir os desafios e as oportunidades da conservação e de intervenções nas estruturas de concreto armado aparente do patrimônio moderno brasileiro, abordando dificuldades enfrentadas na fase de inspeção, compatibilidade de técnicas de recuperação, limitações impostas à intervenção ao patrimônio cultural e técnicas de proteção que descaracterizam minimamente o concreto aparente.

Palavras-chave: Conservação de Concreto Aparente / Patrimônio Cultural / Recuperação de Estruturas de Concreto Armado / Concreto Aparente / Arquitetura Moderna

RESUMO ALARGADO

INTRODUÇÃO

O patrimônio arquitetônico moderno brasileiro tem um vasto acervo de edifícios com estrutura de concreto armado aparente, sendo que vários requerem intervenções, considerando a corrosão da armadura induzida pela carbonatação do concreto de cobrimento, pois não foram submetidos a manutenções periódicas.

Neste contexto, o objetivo do artigo (Oliveira *et al*, 2020) resumido adiante, foi discutir desafios e oportunidades para a conservação de estruturas de concreto armado aparente do patrimônio moderno brasileiro. Para tanto, foram abordadas dificuldades usualmente enfrentadas nas fases de inspeção, compatibilização de técnicas de recuperação e de proteção do concreto aparente, considerando limitações impostas por órgãos de preservação do patrimônio e a necessária salvaguarda do aspecto original do edifício.

MÉTODO

A metodologia embasou-se em pesquisa bibliográfica e casos de intervenções em edifícios emblemáticos do patrimônio moderno. A pesquisa bibliográfica abrangeu questões conceituais e metodológicas inerentes às práticas de conservação e técnicas de recuperação. Nos casos, foram abordadas questões relativas a imposições legais, escala e frequência das intervenções, e abordagem projetual.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este tópico pautou-se em referencias bibliográficas como a Carta de Burra, (2013), que apresenta conceitos sobre a conservação, compreendendo todos os processos voltados à tutela do bem para preservar o seu significado cultural, e nas Diretrizes do ICOMOS, (2003) que apresentam princípios como a mínima intervenção, retrabalhabilidade, compatibilidade entre materiais e distinguibilidade de intervenções.

DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Os desafios e oportunidades nas questões da conservação do patrimônio arquitetônico moderno foram discutidos num cenário de obras de intervenções realizadas em edifícios emblemáticos da arquitetura moderna brasileira. Entre os desafios, destacaram-se as dificuldades de inspeções e intervenções por questões de imposições legais dos órgãos de preservação (Pinheiro *et al.*,2017), as técnicas de recuperação e questões projetuais que devem ter refletido na frequência e na profundidade de intervenções. Como oportunidades, destacou-se o conhecimento detalhado da estrutura, a prática de sistemas de reparo e proteção de superfície e a adoção de técnicas de monitoramento das estruturas, todos fatores considerados essenciais na conservação do patrimônio arquitetônico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante que as causas e as extensões da deterioração sejam devidamente estudadas, assim como as soluções, que devem atender os preceitos da engenharia de recuperação estrutural e serem tratadas de forma integrada e multidisciplinar, o que exige a mediação por profissionais experientes para que as intervenções sejam executadas de forma competente e eficiente, sendo salvaguardado o aspecto original do patrimônio.

Nota

Artigo completo publicado no número temático: Reabilitação Estrutural de Edifícios da série III da RPEE – *Revista*

Portuguesa de Engenharia de Estruturas (consultar em: http://rpee.lnec.pt/Ficheiros/rpee_serieIII_n13/rpee_sIII_n13.pdf?fbclid=IwAR2MgK8BhCDKZfHxFsIXZu_NcfWR_KObWxgcrD5ls5b_mSLJknwYk2MFmlw).

REFERÊNCIAS

INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES – ICOMOS, 2003. **Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage: guidelines. 2003**. Disponível em: https://www.icomos.org/charters/structures_e.pdf. Acesso em 30 jun. 2017

INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES – ICOMOS, 2013 – **The burra charter: the Australia icomos charter for places of cultural significance**. Disponível em: http:// australia.icomos.org. Acesso em 19/04/2016.

OLIVEIRA, C. A. *et al.*, 2020 – **Conservação das estruturas de concreto aparente do patrimônio da arquitetura moderna brasileira: desafios e oportunidades**. Lisboa: Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas. Disponível em: http://rpee.lnec.pt/Ficheiros/rpee_serieIII_n13/rpee_sIII_n13_pg63_72.pdf. Acesso em 21/08/2020.

PINHEIRO, M. L. B. *et al.,* 2017 – **Subsidies for a conservation management plan: Vilanova Artigas Building (School of Architecture and Urbanism of the University of São Paulo - FAUUSP).** Los Angeles: Technical Report. Keeping It Modern. The Getty Foundation. 2017. Disponível em: http://www.getty.edu/foundation/initiatives/current/keeping_it_modern/report_library/. Acesso em 18 nov. 2018.

DA EMERGÊNCIA AO PROJETO: INTERVENÇÕES NOS ALÇADOS DA FAUUSP

FROM EMERGENCY TO PROJECT: INTERVENTIONS IN FAUUSP FACADES





André Soares Haidar [(1)], Paulo Eduardo Scheuer [(2)], Rafael Sandrini [(3)]

(1) Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil. as.haidar@hotmail.com
(2) Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil, paulo.scheuer@gmail.com
(3) Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil. rts.sandrini@gmail.com

RESUMO

Os estudos apresentados neste artigo tiveram como objetivo trazer à luz os diferentes processos ocorridos na mais recente intervenção feita nos alçados do edifício da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), tendo a análise sido guiada pelos conceitos fundamentais na construção dos campos do restauro e do patrimônio arquitetônico. Para a realização de tal empreitada foram estudados como ponto de partida documentos referentes ao restauro finalizado em 2015, realizado em caráter de urgência devido ao mal estado de conservação do conjunto arquitetônico. Posteriormente, buscou-se registrar o conjunto de discussões que surgiram derivando desta intervenção – com a participação do corpo docente da FAUUSP, parceria de estudos firmada entre a faculdade e a Getty Foundation e as atuais perspectivas para o edifício de João Batista Vilanova Artigas. O debate empreendido se torna especialmente complexo quando são incluídas questões referentes à preservação do patrimônio moderno brutalista, devido à sua proximidade histórica e dificuldade de valoração de sua importância. Para tal, o artigo é complementado com casos bem-sucedidos de restauro de edifícios contemporâneos à FAUUSP e que demonstram como foram abordadas tais questões. O objetivo final deste artigo foi caracterizar o patrimônio moderno brutalista, como forma de embasamento para os debates acerca das ações ja tomadas na última intervenção no edifício sede da FAUUSP, além da demonstração da importância dos debates e estudos que surgiram posteriormente a 2015.

Palavras-chave: Restauro / Patrimônio Histórico / Alçados / Brutalismo

1. INTRODUÇÃO

A motivação para o presente artigo parte das intervenções executadas nas fachadas da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP) entre 2012 e 2015, após contratação da empresa Jatobeton. A seguir, apresentamos apontamentos e diagnósticos a respeito do resultado estético fruto dos trabalhos cujo restauro gerou divergências sobre sua qualidade. Este processo conduziu os autores a abordar quais os critérios, métodos e orientações desenvolvidas ao longo deste período, no que diz respeito à importância do projeto e plano de conservação do patrimônio arquitetônico moderno.

2. CARTAS PATRIMONIAIS NO CONTEXTO DO RESTAURO DO MODERNO: A CARTA DE MADRID (2011) E AS DIRETRIZES PARA PROJETOS DE CONSERVAÇÃO

Para melhor compreensão das diretrizes de preservação arquitetônica, destacamos no contexto contemporâneo das atividades de restauro do patrimônio a Carta de Madrid, elaborada pela International Scientific Committee on Twentieth-century Heritage (ISC20C), comitê integrante do International Council on Monuments and Sites (ICOMOS), organização não governamental que atua por meio de um corpo de profissionais na área de conservação como consultores da UNESCO.

A carta patrimonial é um documento de grande relevância no apontamento para diretrizes de projetos de conservação e gestão do patrimônio arquitetônico produzido ao longo do século vinte. A carta indica que o patrimônio do século vinte deve possuir, uma "metodologia que avalie o significado cultural e providencia política para sua conservação e respeito, antes do início dos trabalhos". Ainda, menciona que as intervenções a serem feitas após o levantamento e projeto detalhados devem possuir um critério que estabelece limites para as alterações. Destacamos o trecho de seus objetivos, quando menciona que:

> Mais que nunca, o património arquitetônico deste século está em risco devido à falta de apreciação e manutenção. Uma parte é já irrecuperável, e outra, ainda maior, está em perigo. Trata-se de um património vivo que é essencial entender, definir, interpretar e gerir adequadamente para as gerações futuras. (ICOMOS, 2011).

A respeito das etapas prévias da intervenção, o documento orienta que este seja uma etapa bastante prioritária, uma vez que o diagnóstico das circunstâncias dos materiais e aspectos construtivos poderão delimitar o andamento dos trabalhos. Corroborando com esta perspectiva, coloca em seu artigo terceiro que:

> Previamente a qualquer intervenção, estes materiais devem ser cuidadosamente analisados, identificando-se e compreendendo-se qualquer dano visível ou invisível. Alguns materiais experimentais podem ter um período de vida mais curto que os materiais tradicionais, pelo que é necessário analisá-los cuidadosamente. Investigações sobre o estado e deterioração dos materiais devem ser conduzidas por profissionais devidamente qualificados, usando criteriosamente métodos não destrutivos e não invasivos (ICOMOS,2011).

3. INTERVENÇÕES FEITAS NA FAUUSP

3.1. Entrevista com Helena Aparecida Ayoub Silva

Para compreender mais sobre o procedimento de restauro realizado na fachada da FAUUSP entre 2012 a 2015, uma entrevista foi realizada com Helena Aparecida Ayoub Silva, que faz parte do corpo docente da faculdade.

Além da experiência profissional com relação a arquitetura, urbanismo e edifícios de diversas funções, Silva trabalha também com restauro e preservação de patrimônio histórico.

Com relação ao início do processo de intervenção, foi perguntado à Silva sobre o desenrolar deste processo. A professora diz que o edital lançado para a contratação da empresa que seria responsável pelo restauro foi elaborado por Paulo Helene, engenheiro da PhD Engenharia – e que não continha detalhes suficientes dos procedimentos a serem adotados, assim como não orientava o processo para um plano ou projeto específico. A vencedora da licitação foi a empresa Jatobeton, de Recife, sob a modalidade de menor preço; Silva afirma que seria mais adequado uma licitação por técnica. Além disso, cita que não houve diálogo com o corpo docente durante o processo de restauro. Entre as consequências de uma licitação que não trouxe enfoque técnico no restauro, as fachadas sofreram intervenções que não levaram em consideração as especificidades de cada fachada: uma solução única de preenchimento foi adotada para todo o conjunto. Como exemplo, uma única técnica de aplicação de argamassa foi feita, enquanto a FAUUSP originalmente tem mais de uma solução construtiva para o seu concreto – entre formas de tábuas e madeirite. Para a fachada se aproximar da estética original decorrente das formas de concreto, a equipe de obra fez manualmente os "traços" *in loco* – em vez de reproduzir uma forma em silicone ou mesmo material.

Além da técnica original não ter sido respeitada, Silva comenta que novas patologias surgiram em pouco tempo – algo constatado no estudo da Getty Foundation, posterior à intervenção de 2012 a 2015.

Após a conclusão do restauro feito pela Jatobeton, a professora cita que um grupo de professores conseguiu patrocínio da Getty Foundation para a elaboração de um Plano de Conservação. Neste plano, diretrizes e técnicas adequadas para o restauro seriam apontadas. Na liderança desta comissão de professores está Maria Lucia Bressan Pinheiro e os coordenadores das linhas de investigação: Antonio Carlos Barossi, Beatriz Kuhl e Claudia Oliveira. Segundo Ayoub, “existe a possibilidade para se estudarem possibilidades de refazimento do que foi executado da maneira correta. Não houve preocupação na integração entre dois materiais que não são da mesma natureza”.

3.2. Documentação produzida pela Getty Foundation e soluções propostas

A Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo (FAUUSP) conseguiu apoio da Getty Foundation sob o financiamento do programa Keeping it Modern, em 2018. Foi elaborado então o Plano de Conservação Preventiva para o Edifício Vilanova Artigas (FAUUSP), liderado por Maria Lucia Bressan Pinheiro e os codernadores das linhas de investigação Antonio Carlos Barossi, Beatriz Kuhl e Claudia Oliveira.

Conforme as palavras de PINHEIRO (2018) para a Secretaria Executiva DOCOMOMO, o principal objetivo do plano é "quebrar o ciclo de manutenção e de tratamento reativos através de políticas e diretrizes que guiem futuras intervenções no edifício, garantindo sua contínua manutenção e a preservação de seu significado enquanto patrimônio cultural".

Para o Plano de Conservação Preventiva, foi feito um relatório composto de três "tarefas", referentes às diretrizes de manutenção e conservação de cobertura e fachadas. PINHEIRO (2018) explica que para a Tarefa 1 foi realizado um levantamento cadastral do edifício (*as built*), algo nunca antes realizado e que seria base para futuros projetos e intervenções. Além disso, nesta tarefa foi apresentado o edifício sob suas características físicas, transformações ao longo do tempo e seu significado cultural.

Na Tarefa 2, o enfoque é a conservação e manutenção da cobertura; aqui, a líder do plano diz que nesta etapa foi desenvolvido um plano de monitoramento da membrana de impermeabilização à base de poliureia (aplicada na última obra de recuperação da cobertura), além de ter sido estudado os diversos elementos que pudessem interferir no sistema de impermeabilização.

Por fim, na Tarefa 3, entra em pauta a fachada da FAUUSP como enfoque. PINHEIRO (2018) explica que primeiramente foi realizado um levantamento de danos da fachada e a localização (e quantificação) dos reparos executados na última obra de recuperação. Tal levantamento foi feito por meio de varredura a laser. Também foi avaliada a situação atual da corrosão das armaduras de aço do concreto – segundo Pinheiro, por meio de determinação e monitoramento das variáveis eletroquímicas. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) colaborou nesta etapa para testes de composição e resistência do concreto, e também com análises laboratoriais de amostras do mesmo material. "Pretende-se, assim, minimizar as áreas de intervenção e prevenir a perda desnecessária de material original", como conclui PINHEIRO (2018).

Na Tarefa 3 do estudo subsidiado pela Getty Foundation, entitulada "Characteristics and conservation of the exposed reinforced concrete of the Vilanova Artigas Building (FAUUSP)", a coordenação foi realizada por Claudia T. de Andrade Oliveira e na equipe participaram Ana Paula Arato Gonçalves, Fábio Gallo Jr, Letícia de Almeida Chaves, e os colaboradores Carmen Silva Saraiva Masseo de Castro e Tatiana Regina Silva Simão.

Neste capítulo, que se aprofunda na questão do concreto aparente do edifício da FAUUSP, há muita discussão sobre a fachada sob questões como a progressão histórica da mesma desde a sua construção, a última intervenção realizada entre 2012 a 2015 (em análises detalhadas sobre determinados trechos do edifício) e testes sobre a resistência do concreto aparente, para então gerar diretrizes e recomendações para futuras intervenções no local.

Entre o período de construção da FAUUSP – de 1967 a 1969 – até a última intervenção realizada entre 2012 a 2015, várias outras intervenções e análises foram feitas (Figura 1). Doze anos após a inauguração do edifício, foi realizada a intervenção em um pilar da fachada nordeste que buscou recuperar o concreto armado e também substituiu seu elemento estrutural por um novo.



Figura 1 – Levantamento das intervenções na FAUUSP a partir de sua construção (esquerda) até 2015 (direita)

Em 2000, outro pilar foi recuperado, desta vez na fachada sudoeste, sob as mesmas diretrizes: recuperar o concreto armado e substituir o elemento estrutural. Entre 2004 a 2010 foram feitas inspeções visuais de maneira a qualificar o estado de conservação das empenas cegas da fachada; em 2012, então, foi iniciada a mais recente intervenção nas empenas cegas das fachadas do edifício.

No estudo realizado com apoio da Getty Foundation, foi realizado um plano de amostragem de material das fachadas minucioso. O plano, passo a passo, é explicado na tabela abaixo (Figura 2), discriminada em fatores como: atividade, nível de investigação, objetivo e variáveis e características de interesse.

Activity	Level of investigation as per chapter 2	Objective	Variable and characteristic of interest
Data survey and surroundings reconnaissance	Environmental characteristics	To identify potential risks to the structure favored by climatic variables	Temperature, relative humidity, total rainfall, wind intensity and direction
	Characteristics of the surroundings	To identify the best and less invasive ways to access the blind façades and roof for inspections, onsite tests and removal of specimens	Ground stability and moving of lifting platforms, places allowed for moving machines, obstructions, places for possible fixation of lifting equipment
Inspection of blind façades	Naked eye inspections or using binoculars, and measurements done based on measurements already done in the blind façades (laser scanning)	To detect alterations and characteristics in the surface: structural repairs done in the 2012-2015 intervention, "defects" of the surface, pathologic manifestation not yet recorded, own characteristics of the concrete surface	Area and perimeter of the structural repairs, superficial cavities, discontinuities of concreting, stains, elements inserted into the concrete, superficial patterns left by the rough wood mould
	Tests/measurements in the surface of blind façades	To check the level of protection of rebar allowed by the concrete parameters and physical conditions	Rebar lining thickness, superficial absorption of water, humidity stains
Sampling and tests of concrete specimens	Removal of specimens from the blind façades and the roof beam, and performance of laboratory tests	To determine the essential properties of the concrete (from blind façades and roof beam)	See details in Table 2
Tests with the rebar	Scarifications done on the structural repairs, and measurement of electrochemical and carbonation variables	To determine the rebar condition, the condition of the mean (concrete) and vulnerability to corrosion	See details in Table 3

Figura 2 – Tabela sobre as etapas do estudo, da análise até a intervenção (Getty Foundation. 2018)

A primeira atividade é o reconhecimento da área e do edifício, para compreender quais os potenciais riscos decorrentes de variáveis climáticas (fatores externos) e identificar a melhor e menos invasiva maneira de se acessar a fachada e cobertura para realizar testes no futuro (reconhecimento do edifício). A próxima atividade é a inspeção das empenas cegas das fachadas, feita a olho nu e escaneamento a laser – importante para detectar características e alterações na superfície, e as consequências dos reparos realizados entre 2012 a 2015 (Figura 3) sob o âmbito da resistência e da materialidade.

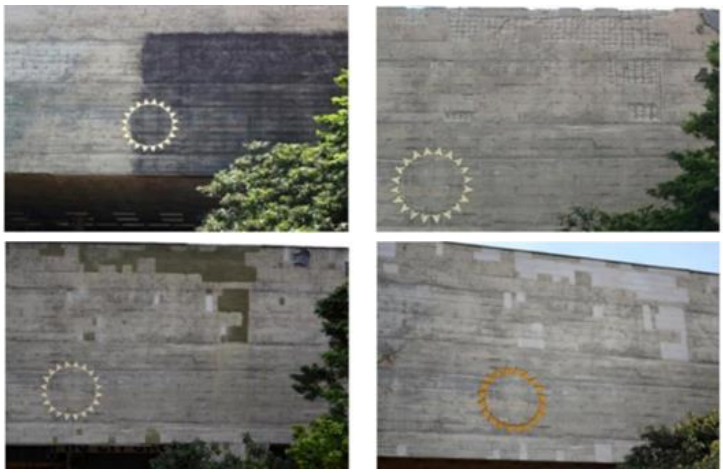


Figura 3 – A fachada sudoeste: antes, durante e após reparo realizado entre 2012 a 2015

Na sequência, a terceira atividade consiste na coleta de amostragem da fachada para a realização de testes laboratoriais; estes, realizados para compreender as propriedades essenciais do concreto das fachadas e da cobertura, segundo o estudo. Por fim, a atividade que visa testar a nova aplicação de concreto que foi realizada (Figura 4) e possíveis reações químicas com relação à estrutura (como a corrosão).

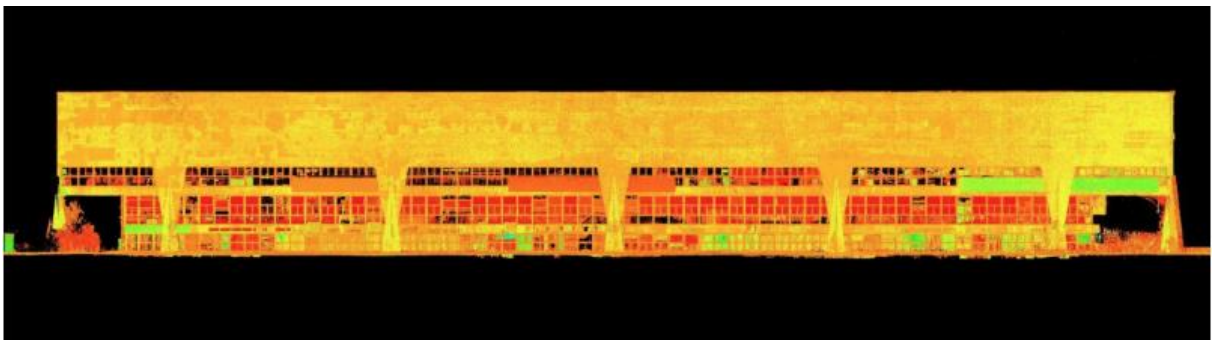


Figura 4 – Escaneamento da fachada e suas condições realizado pela Getty Foundation.

4. CASOS DE REFERÊNCIA SOBRE INTERVENÇÕES EM FACHADAS

O assunto do restauro da arquitetura moderna é polêmico, sendo alvo de dificuldades na definição, por muitas partes, de preceitos teóricos que devem ser aplicados na sua realização. Beatriz Mugayar Kuhl em seu artigo intitulado “Preservação da arquitetura moderna e metodologia de restauro” discorre sobre muitos desses desafios:

> Invocam-se argumentos tais como a facilidade de reproduzir-se os elementos, a existência de projetos pormenorizados ou a proximidade do sistema projetual (ou ainda a presença do autor do projeto), o experimentalismo construtivo que leva a processos de degradação, cujo tratamento não é conhecido em profundidade, a obsolescência funcional, a facilidade de utilizar técnicas semelhantes ou “melhores” e a proximidade temporal, que dificulta o reconhecimento da obra por seu valor documental, como razões para uma tendência difusa a refazimentos, completamentos e volta a um suposto estado original. (Kuhl, 2005, p. 200)

Em outras palavras, existe uma grande dificuldade de se reconhecer o objeto arquitetônico moderno como um patrimônio capaz de ser alvo das mesmas análises metodológicas que permeiam todo o campo do restauro, acarretando em intervenções desastrosas que acabam gerando um “falso histórico”. A presença do projeto executivo original para uso indiscriminado na intervenção pode ser um grande engano quando não atrelado a pesquisas in loco, pois os pormenores que foram idealizados pelo arquiteto podem ter sido alterados no momento da construção do edifício, ocasionando, no caso da substituição de elementos construtivos por novos conforme o detalhamento projetual, em elementos que não são fidedignos ao edifício e que apagam sua memória histórica.

A restauração teria então que atuar sobre o patrimônio moderno com a mesma seriedade de intervenção em construções mais antigas, salvaguardando essas arquiteturas como suportes da memória para futuras gerações. Sobre a abordagem do restauro como campo de conhecimento científico aplicável a qualquer tipo de patrimônio é explicado por Kuhl em este outro trecho:

> A restauração, como explicitado, é campo disciplinar com seus meios, métodos, definições e materiais, que tem por intuito transmitir ao futuro, da melhor maneira possível, a obra ou conjunto de obras consideradas testemunhos representativos da operosidade humana e, por isso, elementos portantes da memória coletiva. (Kuhl, 2005, p.200)

Neste artigo buscamos trazer, como forma de fundamentar uma posterior discussão sobre as intervenções

empreendidas com o intuito de se restaurar a fachada do edifício da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU USP), exemplos de restauro em edifícios modernos considerados bem resolvidos, mostrando que é possível se intervir num patrimônio recente com rigorosidade metodológica e de projeto.

4.1. O edifício Pirelli em Milão

O caso do edifício Pirelli foi escolhido por demonstrar como é possível atuar sobre uma obra da arquitetura moderna a partir de conceitos teóricos, além de ser um exemplo de uma intervenção numa fachada simbólica dentro do panorama arquitetônico italiano, assim como a fachada da FAU USP é no contexto brasileiro.

Alberto Pirelli encomendou a construção deste edifício em 1956 como sede administrativa das indústrias de sua família e, ao mesmo tempo, com a intenção de criar um marco do seu poderio na cidade de Milão. Tal empreitada foi confiada ao arquiteto Gio Ponti e completada em 1958, contando ainda com a participação de Pier Luigi Nervi no projeto e cálculo de sua solução estrutural. No ano de 2002 uma aeronave colidiu com o 25o. andar da torre num momento que a construção já passava por um processo de renovação. Contudo, com o considerável estrago causado à fachada, uma nova metodologia de atuação teve que ser adotada.

A primeira ação tomada foi o reconhecimento dos elementos construtivos da década de 1950 como testemunhos históricos, devendo a atuação de restauro respeitar os processos inerentes a esses componentes (defeitos, erros técnicos ou efeitos do tempo nas superfícies). A segunda ação foi o descarte da possibilidade de substituir os antigos caixilhos por novos, visto que estes eram tidos como afirmação de um período industrial italiano.

A intervenção foi realizada pelo escritório BMS Progetti entre os anos de 2002 e 204, tendo início com a análise dos perfis da fachada e, após a constatação de que muitos ainda se encontravam em condições boas, desenvolvimento de técnicas para “reanodizar” o alumínio, possibilitando a consolidação dos elementos já existentes e impedindo o futuro desgaste perante as intempéries. A substituição se deu apenas aos elementos de acabamento, como borrachas de vedação que se encontravam ressecadas, e a componentes diretamente afetados pelo impacto do avião, após estudos dos outros caixilhos existentes já que diferiam do que foi feito em projeto pelo arquiteto (Figura 5).



Figura 5 – Intervenção nos caixilhos do edifício Pirelli (BMS Progetti, 2009)

As empenas de concreto armado que compõem as fachadas também foram alvo de atuação através da limpeza

de seus elementos, seguindo-se pela reintegração e consolidação das pastilhas cerâmicas. Esta operação, seguindo um processo similar ao que seria empregado sobre superfícies consideradas históricas na definição tradicional, foi executada com reverência ao existente, salvaguardando, assim, outro testemunho de grande valor estético (Figura 6).



Figura 6 – Intervenção nas pastilhas das empenas de concreto (BMS Progetti, 2009)

O resultado apresentado pela intervenção soube reconhecer o valor da obra como testemunho histórico de um período definido, valorizando os materiais e técnicas empregados, e não buscando atualizar o edifício para as tecnologias atuais. A ação se alinhou favorecendo processos científicos e criticamente fundamentados, ocasionando num projeto bem resolvido e bem-sucedido no contexto das intervenções de restauro.

4.2. O Teatro Nacional de Londres

O segundo caso escolhido para este artigo trata dos processos de restauro numa fachada com semelhanças não só de significado, mas também de materialidade em relação ao estudo da FAU USP. O prédio do Teatro Nacional de Londres foi projetado pelo arquiteto Denys Lasdun e inaugurado no ano de 1976, utilizando-se para suas fachadas e interiores o partido do concreto aparente moldado com tábuas de madeira na horizontal (exceção para as escadas helicoidais onde as tábuas são na vertical).

Quando o escritório Haworth Tompkins foi contratado para chefiar o projeto de discussão, restauro e intervenção do edifício as empenas apresentavam sinais de desgaste, resultado da ação do tempo e das intempéries, com pontos de descolamento de argamassa, armaduras expostas e ferrugem (Figura 7).



Figura 7 – Fachada em situação anterior ao restauro (Douglas-James, 2015)

A primeira etapa de todo o processo foi o estabelecimento de uma comissão técnica e a abertura de audiências públicas, pensadas para receber opiniões e divulgar as propostas dos arquitetos para a sociedade. Posteriormente foi elaborado um plano geral de intervenção, constituído por diretrizes técnicas e ideológicas estabelecidas para orientar o decorrer da obra, expressando a visão do corpo técnico nos assuntos referentes ao campo do restauro.

A intervenção na fachada se fundamentou em métodos de experimentação. Foi localizado o projeto original de estrutura onde constavam as especificações para a mistura do concreto, mas a ação foi complementada com a retirada de amostras e posterior análise da composição em termos de granulometria e agregados utilizados. Diferentes formulações de concreto foram preparadas para as diversas áreas e empenas das fachadas, melhor adaptando-se às várias circunstâncias. O efeito resultante foi um edifício que manteve a leitura integral de suas fachadas, minimizando as diferenças entre o concreto antigo e as atuações, mas com um embasamento teórico que garantiu a elaboração de materiais adequados e que realmente possibilitaram a conservação do teatro.

5. LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DAS INTERVENÇÕES NA FAU USP

Destacamos em imagens fotográficas da situação atual de uma das fachadas após as intervenções realizadas entre 2012 e 2015. São notáveis as diferenças entre os tons do concreto original e da argamassa aplicada (Figura 8).

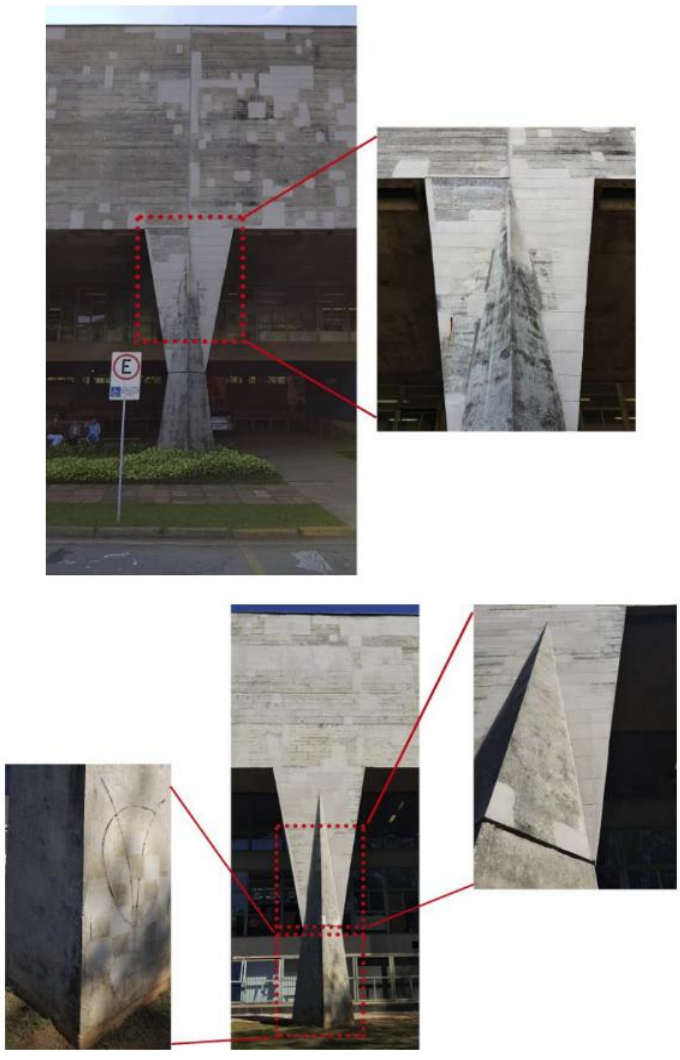


Figura 8 – Fachada atual após intervenções da Jatobeton (Autores, 2019)

6. CONCLUSÃO

A vistoria empírica, junto à entrevista realizada com Helena Ayoub e a documentação produzida pela Getty Foundation apontam a necessidade do rigor técnico e metodológico antes, durante e após – no caso, a manutenção – do acervo moderno arquitetônico. O estudo de caso das intervenções nas fachadas da FAUUSP demonstra com clareza que projeto e execução devem percorrer uma jornada minuciosa e sensível a este período da historiografia da arquitetura do século vinte. Apontamos para a importância do projeto e plano de restauro prévio e seu valor na condução dos trabalhos, como também sublinha a Carta de Madrid. Ações que podem levar à bota interpretação das patologias e melhor manejo na conservação de obras arquitetônicas produzidas no século vinte, a fim de restaurar e manter seus valores estéticos, espaciais e culturais.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado em parte pelo Fundo Mackenzie de Pesquisa.

REFERÊNCIAS

BMS Projetti, 2009 – **Pirelli Tower refurbishment**. Acessado a 31 Agosto 2020. <https://www.bmsprogetti.it/projects/pirelli-tower-refurbishment/>

CAMPANELLI, Alessandro Pergoli, 2014 – **Restoration of the façade of the Pirelli skyscraper in Milan and the repair of damage to reinforced concrete structures caused by a plane crash: an example of critic conservation**. *Frontiers of Architectural Research*. Volume 3, Edição 2. pp. 213-223. Acessado a 31 Agosto 2020. <https://www.sciencedirect.com/science/ article/pii/S209526351400020X> DOI j.foar.2014.03.005

DOUGLASS-JAIMES, David, 2015 – **AD classics: Royal National Theatre / Denys Lasdun.** ArchDaily. Acessado a 31 Agosto 2020. <https://www.archdaily.com/772979/ad-classics-royal-national-theatre-denys-lasdun> ISSN 0719-8884.

GETTY FOUNDATION, 2017 – **Subsidies for a conservation management plan Vilanova Artigas Building (School of Architecture and Urbanism of the University of São Paulo – FAUUSP).** São Paulo: Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo.

GONÇALVES, Ana Paula Arato; SARAIVA, Carmen Silvia, 2017 – **Intervenção em concreto aparente histórico: o caso das empenas do Edifício Vilanova Artigas**. V SEMINÁRIO DOCOMOMO SP.

ICOMOS – **Critérios para a conservação do patrimônio arquitetônico do século XX, documento de Madrid 2011**. 30 Março 2012. Lisboa. Acessado a 31 Agosto 2020. <http://www.icomos-isc20c.org/pdf/MDversionportugese.pdf>

KUHL, Beatriz Mugayar, 2005 – **Preservação da arquitetura moderna e metodologia de restauro**. Artigo publicado em *Revistas Pós FAU USP*, 2005. pp. 198-210.

NATIONAL THEATRE LONDON, 2008 – **Conservation management plan for the National Theatre final draft**. Londres. Acessado a 31 Agosto 2020. <https://www.nationaltheatre.org.uk/sites/default/files/nt_conservation_plans_dec_08.pdf>

PINHEIRO, Maria Lucia Bressan, 2018 – **Keeping it modern na FAUUSP: algumas linhas**. FAUUSP. Acessado a 31 Agosto 2020. <http://docomomo.org.br/uncategorized/keeping-it-modern-na-fauusp-algumas-linhas>

O PATRIMÓNIO ARQUITECTÓNICO PORTUGUÊS DO SÉC. XX

20TH CENTURY ARCHITECTURAL HERITAGE OF PORTUGAL



Inês Ruas

Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, Portugal, ruas.ines@gmail.com

RESUMO

Procurou-se identificar acções realizadas no âmbito da salvaguarda do património arquitectónico do séc. XX em Portugal com intuito de reflectir sobre a necessidade de criação de medidas que melhor promovam a sua preservação, divulgação e fruição. Esta análise teve em conta iniciativas desenvolvidas noutros países, como França e Espanha, onde se têm desenvolvido, ao longo dos últimos anos, acções organizadas pela tutela com intuito de promover, divulgar e proteger o património arquitectónico do século XX, – desde a realização de inventários e consequente disponibilização on-line, à identificação *in situ* desse edificado através de placas ou à análise da situação patrimonial novecentista no contexto nacional. Estas iniciativas não visam necessariamente a classificação, mas sobretudo a inventariação, instrumento que permite não só divulgar, mas também acompanhar o estado de conservação destas obras, a realização de trabalhos de investigação e apoio técnico a proprietários. Em Portugal, após as iniciativas realizadas no início do século não se tem assistido por parte da tutela a acções complementares direccionadas ao património arquitectónico do século XX. Consideramos que acções semelhantes podem ser implementadas em Portugal contribuindo, certamente, para um melhor conhecimento e preservação deste legado.

Palavras-chave: Arquitectura / Património / Século XX / Preservação / Salvaguarda

RESUMO ALARGADO

«*É importante, também, para que não haja ruptura neste contínuo que é a evolução da arquitectura. Precisamos de ver a arquitectura do passado como referência. Precisamos de tê-la presente. (…) Estou-me a lembrar da casa do arquitecto Viana de Lima, que foi barbaramente demolida. Era uma referência muito importante nesse tal contínuo de evolução da nossa formação enquanto arquitectos.*» (Álvaro Siza Vieira)

Na Europa do pós-guerra, devido à necessidade de reconstrução, dominava o debate em volta do património, — discutiam-se conceitos, limites, critérios e teorias de conservação e restauro. Em Portugal, no mesmo período, o Inquérito à Arquitectura Tradicional Portuguesa contribuía para a valorização da arquitectura corrente. O ambiente construído, fosse ele rural ou urbano, passava a ser visto como símbolo da identidade local, e portanto, detentor de valor histórico, cultural e arquitectónico. Pelos mesmos motivos, surgia o conceito de património recente.

As arquitecturas correntes dos mestres do século XX passaram a integrar o domínio patrimonial. A vulnerabilidade destas obras associada à falta de reconhecimento do seu valor histórico e artístico levou a que, na última década do século XX, se desenvolvessem iniciativas no âmbito da sua salvaguarda, quer no contexto Europeu, quer português. Desde então, a protecção e conservação do património arquitectónico do século XX tem sido uma preocupação crescente a nível internacional. Em 1991, por exemplo, O Conselho da Europa, reconhecendo a vulnerabilidade deste património, publicou a RECOMENDAÇÃO N.º R (91) 13 onde sublinha que «*esta categoria patrimonial é, (…) menos reconhecida pelas autoridades responsáveis e pelo público que o restante património arquitectónico; (…) [e] a ausência de interesse pela conservação deste património produzirá perdas irrecuperáveis e privará as gerações futuras do conhecimento deste período da memória europeia, (…)*» Recomenda assim, «*o desenvolvimento de estratégias para a identificação, estudo, protecção, conservação, restauro e divulgação da arquitectura do século XX (…)*» (Conselho da Europa, 1991). Este documento sensibilizou os Estados Membros para a salvaguarda e valorização deste legado e as suas repercussões sentiram-se em vários países, como Inglaterra, por exemplo, que realizou um inventário tipológico (English Heritage, 1992-1995) ou França que criou a etiqueta **Patrimoine du XXe siècle** (Ministério da Cultura, 1999).

Em Portugal, assistiu-se a várias iniciativas relevantes no campo da divulgação e inventariação da Arquitectura Portuguesa do Século XX, como por exemplo, a publicação do primeiro registo ibérico de Arquitectura Moderna (1996) realizado pelo DOCOMOMO Ibérico (fundado em 1993), a publicação e a exposição *Moderno escondido: Arquitectura das centrais hidroeléctricas do Douro Internacional 1953-1964: Picote, Miranda, Bemposta* (Cannatá; Fernandes, 1997) e a exposição intitulada *Arquitectura do Século XX – Portugal,* e o respectivo catálogo (Becker; Tostões; Wang, 1998), patente em Frankfurt am Main e em Lisboa (1998). No entanto, foi no início deste século que aumentaram as acções de divulgação e inventariação da arquitectura novecentista, promovidas essencialmente pelo IPPAR ou organismos como a Ordem dos Arquitectos, como é o caso do *Inquérito à Arquitectura Portuguesa do Século XX* (2003-2006), uma iniciativa organizada pela OA em parceria com a Fundació Mies van der Rohe e o Instituto das Artes, que disponibiliza on-line o registo de aproximadamente 5000 obras.

Procurou-se identificar acções realizadas no âmbito da salvaguarda deste património em Portugal com intuito de reflectir sobre a necessidade de criação de medidas que melhor promovam a sua preservação, divulgação e fruição. Esta análise teve em conta iniciativas desenvolvidas noutros países, como França e Espanha, onde se têm desenvolvido, ao longo dos últimos anos, acções organizadas pela tutela com intuito de promover, divulgar e proteger o património arquitectónico do século XX, – desde a realização de inventários e consequente disponibilização on-line, à identificação *in situ* desse edificado através de placas ou à análise da situação

patrimonial novecentista no contexto nacional. Estas iniciativas não visam necessariamente a classificação, mas sobretudo a inventariação, instrumento que permite não só divulgar, mas também acompanhar o estado de conservação destas obras, a realização de trabalhos de investigação e apoio técnico a proprietários. Em Portugal, após as iniciativas realizadas no início do século não se tem assistido por parte da tutela a acções complementares direccionadas ao património arquitectónico do século XX. Consideramos que acções semelhantes podem ser implementadas em Portugal contribuindo, certamente, para um melhor conhecimento e preservação deste legado. Com base em dados recolhidos em 2018, as obras do século XX classificadas em Portugal eram cerca de 221, correspondendo a 5,4% do património imóvel classificado, sendo que apenas 1,4% correspondiam ao período pós Segunda Guerra.

«*The past is interesting not only by reason of the beauty which could be distilled from it by those artists for whom it was the present, but also precisely because it is the past, for its historical value*» (Baudelaire, 1863). O objectivo primordial da salvaguarda de edifícios do século XX é a transmissão e documentação da mensagem dos seus autores e construtores à nossa geração e a gerações vindouras, com o intuito de construir um percurso civilizacional contínuo, equilibrado e identitário.

Nota

Artigo completo publicado no dossier do ENCORE 2020 da *Revista Al-Madan*, n.º 23, 2020.

REFERÊNCIAS

BAUDELAIRE, Charles, 1995 – **The painter of modern life and other essays**. Londres: Phaidon Press. 1.ª ed. 1863.

BECKER, Annette; TOSTÕES, Ana Cristina; WANG, Wilfried, 1998 – **Arquitectura do século XX – Portugal.** (Catálogo da Exposição). Frankfurt – Lisboa.

FERNANDES, Fátima; CANNATÁ, Michel, 1997 – **Moderno escondido: arquitectura das centrais hidroeléctricas do Douro Internacional 1953-1964: Picote, Miranda, Bemposta.** Porto: FAUP.

RECOMENDAÇÃO N.º R (91) 13 – **Sobre a protecção do património arquitectónico do século X**. Conselho da Europa, Estrasburgo, 9 de Set. de 1991, *in* http://www.igespar.pt/media/uploads/cc/recomendacaosobrepatrimarqsecXX1 991.pdf, 2013-06

CONTRIBUIÇÃO À CONSERVAÇÃO DAS FACHADAS DE CONCRETO APARENTE EM EDIFÍCIOS DE ARQUITETURA MODERNA: MAPA DE DANOS COMO ESTRATÉGIA DE MONITORAMENTO

CONTRIBUTION TO THE CONSERVATION OF THE EXPOSED CONCRETE FAÇADES IN MODERN ARCHITECTURE BUILDINGS: DAMAGE MAP AS MONITORING STRATEGY





Geovanna Carvalho [(1)], Claudia de Andrade Oliveira [(2)], Vanda Zanoni [(3)]

(1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília - UnB, Brasil, g-br@hotmail.com
(2) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo- FAUUSP, Brasil, ctao@usp.br
(3) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília - UnB, Brasil, vandazanoni@unb.br

RESUMO

O mapa de danos é um documento de reconhecida importância para a fase de diagnóstico e planejamento das ações de manutenção ou reabilitação de edifícios, notadamente para edifícios tombados que requerem atenção especial aos atributos que lhe conferem valor patrimonial. No entanto, a falta de sistematização dos procedimentos para representação gráfica das manifestações patológicas no mapa de danos para fachadas de concreto aparente, em associação à insuficiência de informações, dificulta a comunicação entre os profissionais envolvidos nas diferentes instâncias e momentos da gestão. Especialmente para as fachadas de concreto aparente do patrimônio da arquitetura moderna, a falta de procedimentos padronizados leva à perda de informações sobre o histórico do estado de conservação e potencial perda de valores patrimoniais. O objetivo deste artigo é, portanto, contribuir para uma reflexão sobre a estratégia de monitoramento do concreto armado aparente de fachadas em edifícios modernistas utilizando mapas de danos como método de representação gráfica padronizada visando armazenar informações do estado de conservação, ao longo do tempo. Trata-se de um sistema construtivo particularmente sensível ao intemperismo, especialmente em climas tropicais, que demanda cuidados na sua conservação por ser ao mesmo tempo estrutura e revestimento. Para a experimentação empírica foram analisadas duas aplicações: Edifício Vilanova Artigas - sede da FAUUSP, na Universidade de São Paulo, e Palácio Itamaraty - sede do Ministério das Relações Exteriores do Brasil, em Brasília-DF. A associação dos padrões adotados para a representação gráfica dos danos com elementos da análise de risco, viabilizando a comunicação do estado de conservação, facilita a leitura e a identificação das manifestações patológicas, suas extensões e nível de gravidade, incluindo o risco de perda dos valores patrimoniais associados aos atributos dessas fachadas. Contribui-se, assim, com o monitoramento por meio do registro documental e subsídios ao plano de conservação desses edifícios.

Palavras-chave: Fachada / Concreto Aparente / Mapa de Danos / Monitoramento

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, o envelhecimento das edificações pode resultar em agravamento dos danos já existentes, situações de recorrência patológica nas regiões reabilitadas ou, ainda, novas manifestações patológicas. As intervenções não programas podem afetar a materialidade original e, consequentemente, a autenticidade histórica da edificação de valor cultural.

O mapa de danos é um documento de reconhecida importância para a fase de diagnóstico e planejamento das ações de manutenção ou reabilitação de edifícios. No entanto, a falta de padronização para a representação gráfica das manifestações patológicas no mapa de danos, em associação à insuficiência de informações, dificulta a comunicação entre os profissionais envolvidos nas diferentes instâncias e momentos da gestão, particularmente para edifícios tombados que requerem atenção especial aos atributos que lhe conferem valor patrimonial.

Neste estudo, parte-se do pressuposto que o mapa de danos, usualmente utilizado para registrar as alterações encontradas em um edifício e a condição presente do seu estado de conservação durante a fase de levantamento de campo das inspeções prediais, também pode servir para monitorar a evolução do processo de degradação. Retratando a condição passada, permite construir uma série temporal por meio de mapeamentos programados ao longo do tempo, como base para o monitoramento e controle histórico do estado de conservação do edifício.

Para isso, é preciso ter procedimentos padronizados de representação para que a evolução do estado de conservação possa ser comparada e os resultados sobrepostos. Especialmente as fachadas de concreto aparente em climas tropicais, por tratar-se de um sistema construtivo particularmente sensível ao intemperismo, demandam cuidados na sua conservação por ser ao mesmo tempo estrutura e revestimento. Para o concreto aparente como patrimônio da arquitetura moderna, a falta de procedimentos padronizados leva à perda de informações sobre o histórico do estado de conservação e potencial perda de valores culturais.

O objetivo deste artigo é, portanto, contribuir para uma reflexão sobre a estratégia de monitoramento do concreto armado aparente de fachadas em edifícios modernistas utilizando mapas de danos como método de representação gráfica padronizada visando armazenar informações do estado de conservação, ao longo do tempo.

2. SOBRE MAPAS DE DANOS E SUAS REPRESENTAÇÕES

A Arquitetura Moderna foi o marco projetual característico do século XX e o concreto um dos materiais mais relevantes na sua materialização (Segawa, 2014). O envelhecimento natural das edificações modernas em concreto é mais ou menos acelerado, conforme o grau de conservação e manutenção, assim como as condições de exposição e uso (Helene, 1992). Por muito tempo, acreditou-se na durabilidade eterna do concreto, dispensando inclusive operações de manutenção (Macdonald, 1996). Para Prudon (2008), ao mesmo tempo em que a Arquitetura Moderna se torna cada vez mais parte integrante da história da arquitetura, seus edifícios sofrem desde ameaça de perda da materialidade até obsolescência funcional; sem contar aqueles que, devido ao abandono e falta de apreço, acabam sendo demolidos.

Nesse sentido, Moreira (2011) reflete sobre os novos desafios que a Arquitetura Moderna trouxe às disciplinas de conservação, alertando que a ausência de uma cultura da manutenção afeta diretamente os edifícios modernos que possuem especificidades para qualquer operação de conservação. Na dimensão material do edifício modernista, os principais problemas são aqueles decorrentes do uso de materiais novos sem tradição construtiva, do uso de materiais tradicionais de forma inovadora, da falta de entendimento do desempenho dos

materiais em longo prazo, das falhas na construção, dos problemas de detalhamento e do uso de materiais fabricados em série.

Tinoco (2009) considera que existem falhas na elaboração dos mapas de danos, devido aos incontáveis modelos disponíveis que variam de acordo com a criatividade e método próprio do profissional. Tirello e Correa (2012) esclarecem que mesmo os órgãos destinados à preservação patrimonial brasileira, como é o caso do IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), apenas trazem poucas portarias com alguns princípios para projetos de restauro que podem ser adotados em casos específicos, mas não apresentam recomendações específicas de como proceder na documentação dos danos e nas alterações dos bens arquitetônicos. Na escassa literatura sobre o assunto, são percebidas falhas no conteúdo das informações quanto aos conhecimentos conceito-operacionais para a confecção do mapa de danos e a prática metodológica. Os autores ainda argumentam que os "esclarecimentos e recomendações para registro das manifestações patológicas impressionam pela exiguidade e falta de clareza" (Tirello e Correa, 2012).

Existe uma lacuna nos trabalhos científicos publicados para a representação gráfica padronizada das manifestações patológicas associada às suas respectivas gravidades, principalmente quando se buscam referências para os estudos do estado de conservação dos edifícios modernistas. Brasil e Zanoni (2018-a; 2018-b) realizaram um levantamento bibliográfico sobre os diferentes tipos de mapas de danos existentes e trabalhos correlatos, onde foram identificadas as discrepâncias, as falhas e as dificuldades para a representação gráfica padronizada, e a ausência de um componente gráfico para atribuir valor de gravidade aos danos.

Baseado nas lacunas encontradas, Carvalho (2018) sugere um método de representação gráfica padronizada para mapas de danos do concreto armado aparente de fachadas em edifícios da Arquitetura Moderna. Para embasar a criação do método proposto, buscaram-se fundamentos teóricos da Cartografia, da Patologia das Construções e da Conservação de Edifícios. Do campo conceitual da Cartografia, o mapa de danos é entendido como um documento gráfico que sintetiza dados. A imagem, por meio de representação gráfica, pertence a um sistema de sinais criado pelos homens para armazenar, compreender e comunicar as suas observações (Bertin, 1967; Archela, 1999).

Para cada fenômeno que se deseja registrar, vão existir certas representações gráficas padronizadas que são mais adequadas do que outras.

O método proposto para a representação gráfica considerou a manifestação patológica associada à sua gravidade, por meio de uma escala de cores de alerta:

- Estágio 01 – baixa gravidade: cor verde, padrão RGB (128, 255, 128) – correspondente ao mais baixo nível de gravidade com manifestações patológicas em estágio inicial.
- Estágio 02 – moderada gravidade: cor amarelo, padrão RGB (255, 255, 0) – correspondente a um nível médio de gravidade com manifestações patológicas significativas e em evolução para um nível superior.
- Estágio 03 – alta gravidade: cor laranja, padrão RGB (255, 140, 0) – correspondente a um nível alto de gravidade, com manifestações patológicas em estado crítico.
- Estágio 04 –- gravidade avançada: cor vermelho, padrão RGB (254, 0, 0) – correspondente a um nível muito alto de gravidade com manifestações patológicas em estágio avançado.

Para associar os danos com a sua gravidade, os estudos da Patologia das Construções, em particular os procedimentos consagrados da inspeção predial (IBAPE, 2011), serviram para fundamentar os critérios de classificação de manifestações patológicas conforme sua classe de risco e níveis de degradação decorrente da sinergia entre os agentes e mecanismos de degradação e as causas atuantes (BS ISO 15686-8, 2008).

3. DELINEAMENTO DA PESQUISA

Para esse estudo, foram selecionados dois edifícios modernistas classificados como patrimônio de valor cultural: Edifício Vilanova Artigas, sede da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP) e o Palácio Itamaraty, edifício-sede do Ministério das Relações Exteriores em Brasília-DF.

Em 2015, com suporte financeiro do Instituto Getty, deu-se início à pesquisa orientada aos Subsídios para o Plano de Gestão da Conservação do Edifício Vilanova Artigas, localizado na cidade de São Paulo-SP. Esta pesquisa foi realizada pelo grupo de trabalho mais conhecido por Conserva FAU[1]. Como parte da pesquisa citada foi realizado um mapeamento de danos das fachadas pela equipe técnica do Departamento de Arquitetura da Universidade de Ferrara – Itália, pelo método de escaneamento a laser 3D (3D laser scanning). Detalhes dessa abordagem metodológica não invasiva, adequada à investigação do patrimônio cultural, podem ser encontrados no artigo de Balzani, Maietti e Kühl (2017).

O Palácio Itamaraty é o edifício – sede do Ministério das Relações Exteriores do Brasil, projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer e inaugurado em 1970. Conhecido como Palácio dos Arcos, possui todas as fachadas em concreto aparente e cada uma delas é constituída por 15 pilares que sustentam uma sequência ordenada de arcos plenos distantes 6,0 m entre si. Como objeto de pesquisa científica, o Palácio Itamaraty foi inspecionado por Costa (2014) que elaborou mapas de danos das manifestações patológicas identificadas, utilizando métodos próprios para a representação gráfica dos danos.

Para o estudo aqui apresentado, foram comparados os mapas de danos do Edifício sede da FAUUSP e do Palácio Itamaraty, e aqueles resultantes da aplicação do método proposto por Carvalho (2018), em ambos os exemplares selecionados. A partir da análise e interpretação das informações, foram elaboradas as discussões e contribuições finais para o uso dos mapas de danos como ferramenta de monitoramento do estado de conservação.

4. RESULTADOS

A Figura 1 mostra o mapa de danos das manifestações patológicas identificadas no Palácio Itamaraty por Costa (2014). Nas respectivas legendas, as cores adotadas pelo pesquisador para representar os danos é autoral e não trazem informação quanto à gravidade dos danos identificados nos levantamentos realizados.

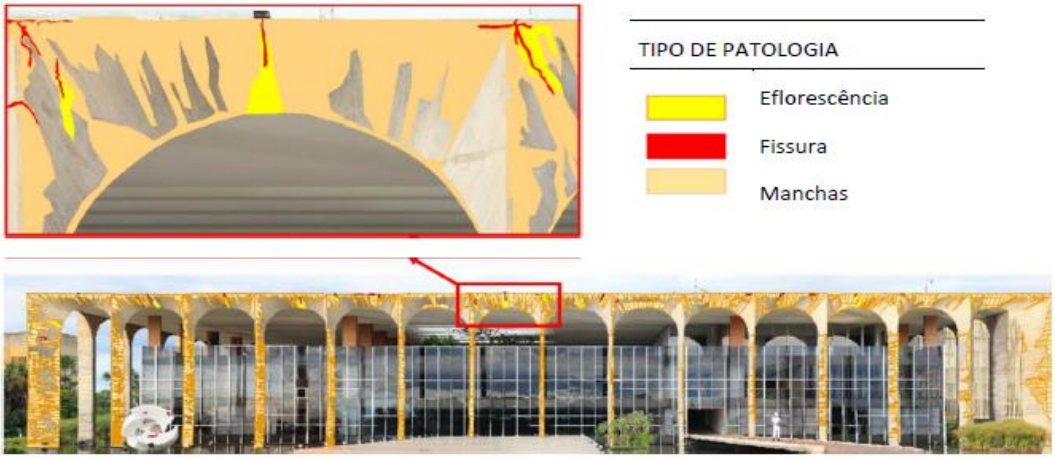
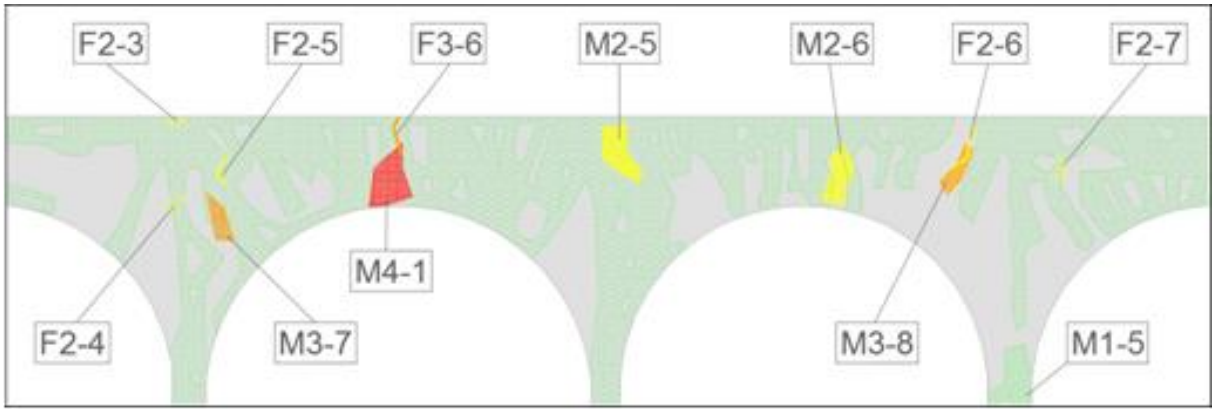


Figura 1 – Mapa de Danos do Palácio Itamaraty. Fonte: Costa (2014, p. 98)

1 A equipe foi formada por professores da FAUUSP, profissionais bolsistas da pesquisa, estudantes de iniciação científica e outros profissionais colaboradores. Para mais detalhes sobre os demais resultados da pesquisa consultar Pinheiro, M. L. B.; Kühl, B. M.; Oliveira, C. T. A. *et al.*, 2017.

A Figura 2 mostra uma representação gráfica para o mapa de danos do Palácio Itamaraty, baseada no método proposto por Carvalho (2018). Neste caso, as cores e texturas seguem um modelo padronizado e estão associadas às manifestações patológicas e suas respectivas gravidades.



LEGENDA

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS		GRAVIDADE		ELEMENTOS E COMPONENTES CONSTRUTIVOS	
Mancha de sujidade Eflorescência Fissura		Estágio 01 (baixo) Estágio 02 (moderado) Estágio 03 (alto) Estágio 04 (avançado)		Concreto Aparente Caixilhos metálicos Panos de vidro	

Figura 2 – Detalhe do mapa de danos da fachada do Palácio Itamaraty associando manifestação patológica e sua respectiva gravidade. Fonte: Carvalho (2018)

A Figura 3 traz o mapa de danos sugerido pela equipe técnica do Development of Integrated Automatic Procedures for Restoration of Monuments (DIAPReM) da Universidade de Ferrara - Itália, elaborado a partir de escaneamento a laser 3D (3D laser scanning). Esse documento fornecido pelo grupo de trabalho Conserva FAU serviu de exemplar para a aplicação empírica do método proposto por Carvalho (2018), cujo resultado é mostrado na Figura 4.

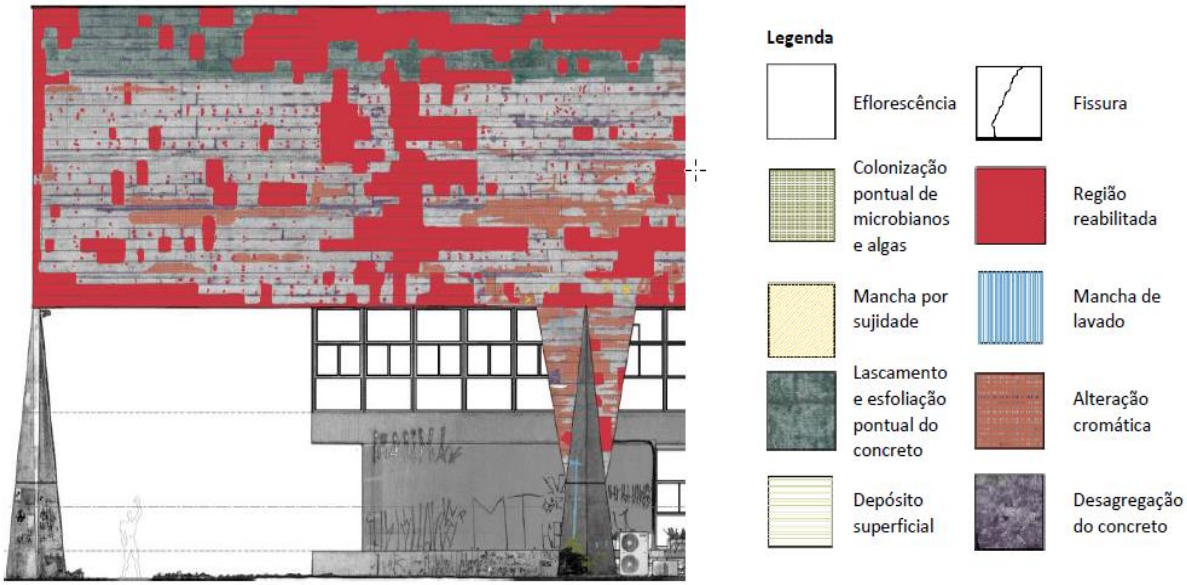


Figura 3 – Visualização geral do estado de conservação da fachada Sudeste do Edifício Vilanova Artigas, por meio do mapa de danos sugerido pela Universidade de Ferrara. Fonte: Equipe Conserva FAU, 2016

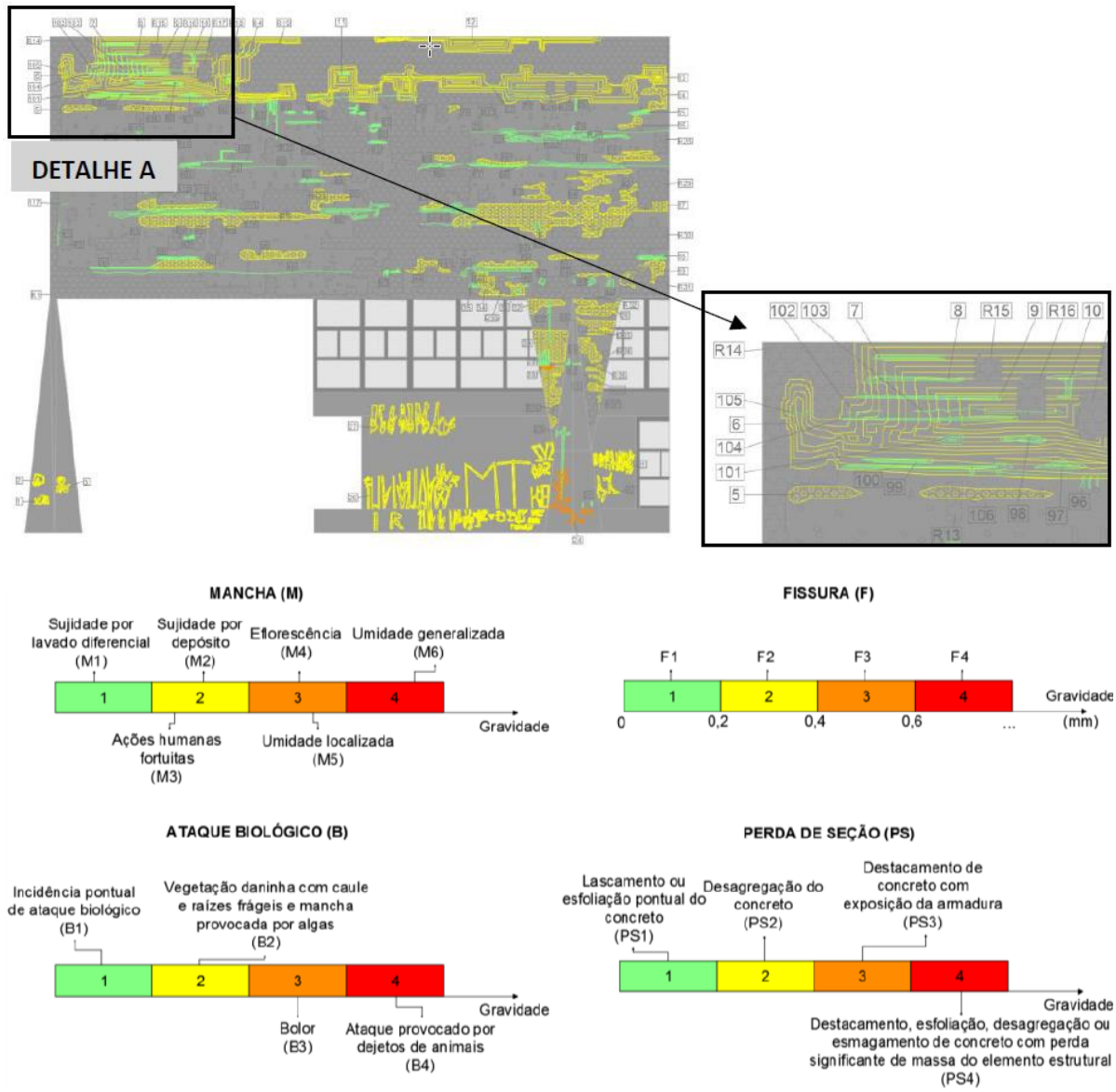


Figura 4 – Resultado gráfico do estado de conservação da fachada sudeste do Edifício Vilanova Artigas: mapa de danos associando manifestação patológica e sua respectiva gravidade. Fonte: Carvalho (2018

Observando a Figura 3, verifica-se que os padrões de representação gráfica e as cores utilizadas foram autorais. Para a representação gráfica das regiões reabilitadas (resarcitura incongrua) no mapa de danos foi escolhida a cor vermelha, resultando em um padrão muito evidenciado, provocando certo destaque visual para registros de manifestações patológicas com menor grau de gravidade, competindo visualmente com os demais registros de danos.

Na Figura 4, o resultado gráfico da aplicação de um método padronizado mostra que as regiões de abrangência de cada manifestação patológica estão bem definidas e as cores de alerta causam um efeito de destaque visual correspondente ao seu estágio de gravidade. O amarelo (cor atribuída ao estágio 02 – gravidade moderada) ganha destaque visual sobre o verde (estágio 01 – gravidade baixa) e as tonalidades em cinza (cor atribuída aos elementos e componentes construtivos) conseguem ser visualizadas em segundo plano, contribuindo para o destaque visual das manifestações patológicas em cores de alerta.

Ainda, na Figura 4, as regiões reabilitadas são representadas por uma tonalidade cinza mais escuro do que o cinza do elemento de fundo, cumprindo com a função de informar a realização de intervenções, sem ofuscar os

registros das manifestações patológicas. Nos casos em que existe alguma situação de recorrência de manifestação patológica em regiões já reabilitadas, as camadas cinza e colorida são facilmente visualizadas, mesmo havendo a sobreposição de duas representações gráficas na mesma região.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nos casos de reabilitação sob o ponto de vista estrutural da EN 1504-1:2005 (reparo, recuperação, reforço e proteção) ou considerando a teoria da conservação da Carta de Burra (ICOMOS, 2013) – que orienta sobre as ações de preservação, restauração, reconstrução e adaptação –, em muitos casos, as medidas de segurança e manutenção necessárias à adequação do edifício ao uso geram mudanças, em diversos graus de alteração na autenticidade, materialidade e integridade da edificação.

Moreira (2011) considera que a conservação de estruturas de concreto quase sempre altera a autenticidade do material e é *"inevitável que alterações venham a ocorrer no decorrer da vida de um edifício e a inserção de novos sistemas e elementos podem afetar características expressivas da edificação"*. As intervenções podem trazer *"perdas em relação ao material e concepção (aparência) originais, porém são estritamente necessárias à conservação da obra como um todo"* (Moreira; Pinto, 2018).

No campo teórico da Patologia das Construções, a manifestação patológica é uma anomalia resultante de um mecanismo de degradação passível de afetar o desempenho requerido, comprometendo o estado de utilização do sistema ou elemento por perda da capacidade de desempenhar a função requerida. Nem toda anomalia detectada em uma inspeção predial implica necessariamente problemas, *"embora os acarretem muitas vezes"* conforme alerta Del Mar (2007). Sob este ponto de vista, é preciso discutir quando as anomalias representam danos e, por isso, precisam ser anotadas e monitoradas em mapas de danos como manifestações patológicas.

Os edifícios modernistas foram construídos em uma época em os vícios construtivos inerentes aos processos produtivos eram tidos como atributos desejáveis das estruturas de concreto aparente da Arquitetura Moderna por revelarem a verdade da sua materialidade e expressão tectônica (brutalismo).

As anomalias congênitas são consideradas aquelas manifestações patológicas inerentes ao edifício, ou seja, características do processo construtivo, tais como: juntas de forma, juntas de concretagem, ninhos de concretagem, deformação da geometria do concreto devido à falta de estabilidade e estanqueidade da forma, manchas resultantes das variações no adensamento e reparos subsequentes à desforma, alterações dos lotes de materiais (cimento, agregados), porosidade superficial devida ao uso de fôrmas de madeira no seu estado bruto, entre outras. Nestes casos, duas questões são postas: 1) Se as anomalias não levam à perda de desempenho, então não devem ser consideradas indutoras de danos; 2) O efeito associado dos agentes de degradação e a sinergia entre os mecanismos podem acelerar a evolução de danos, induzidos ou decorrentes das anomalias congênitas. Neste item, são exemplos, os casos dos ninhos de concretagem, as microfissuras mapeadas e as superfícies porosas pouco adensadas que nascem das não conformidades do processo construtivo, e podem facilitar a penetração de umidade e poluentes, acelerando a carbonatação e a despassivação que favorecem a corrosão da armadura e perda de seção do concreto.

Quando se trata dos mapas de danos dos bens protegidos de interesse cultural da Arquitetura Moderna, ampliam-se os desafios, pois a definição das manifestações patológicas precisa ser avaliada sob o ponto de vista da significação cultural. Entre as diversas questões, a pátina surge como uma evidência cuja interpretação ainda não está consolidada. Entende-se que na arquitetura histórica a pátina do tempo é um vestígio do envelhecimento natural dos materiais e é aceita como um valor cultural. Por outro lado, nas ações de conservação da Arquitetura Moderna, a pátina é interpretada como uma evidência de degradação do edifício que, segundo Moreira (2011), torna-se um impasse para que exemplares modernistas sejam objetos de proteção

pelos órgãos de preservação, visto a dificuldade de a pátina desses edifícios ser vista como um valor reconhecido.

Dentro deste contexto da teoria da Conservação, os valores estéticos da edificação devem ser designados a partir da compreensão da sua significação cultural, simbólica e material. No entanto, no contexto da Patologia das Construções, aspectos estéticos não são tratados como manifestações patológicas. Por isso, sob o ponto de vista do concreto armado aparente, as evidências que afetam a estética do edifício devem ser detectadas e registradas no âmbito dos mapeamentos de danos a depender dos fins a que se destinam, considerando a materialidade original, autenticidade e integridade como dimensões que embasam o seu valor cultural.

Por essas, entre outras razões, uma fachada deve ser monitorada frequentemente para que haja controle das manifestações patológicas que, ao longo do tempo, tendem a se agravar indicando um processo contínuo de degradação do material original ou indicando a recorrência – ou reincidência – de patologias nas regiões reabilitadas. O uso de símbolos e cores padronizados identificam as categorias e os diferentes estágios de gravidade de cada manifestação patológica, com harmonização e clareza de leitura entre os componentes visuais adotados. De maneira geral, nos exemplares apresentados neste trabalho, a cor verde, por mais que tenha sido predominante na visualização geral da fachada, não competiu visualmente com as cores que representam manifestações patológicas mais graves. O método de representação padronizada para mapas de danos sinaliza a gravidade das manifestações patológicas e é um documento integrante do levantamento preliminar nos procedimentos de inspeção predial. A sobreposição entre duas ou mais representações gráficas – camadas de diferentes texturas e cores – permite o registro das manifestações patológicas que podem, ocasionalmente, coexistir em uma mesma região, simultaneamente ou em diferentes tempos, possibilitando o monitoramento das regiões reabilitadas.

6. CONCLUSÃO

O mapa de danos registra o estado de conservação da condição momentânea em que a inspeção predial foi realizada, e detém um prazo de validade. Como um instrumento de registro e monitoramento da evolução do estado de conservação da edificação, a sua importância refere-se ao controle histórico do processo de degradação para a gestão da manutenção e conservação do edifício, retratando a condição presente como base de comparação para futuros registros.

No estudo apresentado, o resultado obtido combina padrões adotados para a representação gráfica dos danos com elementos da análise de risco, viabilizando a comunicação do estado de conservação, facilitando a leitura e a identificação das manifestações patológicas, suas extensões e nível de gravidade, incluindo o risco de perda dos valores patrimoniais associados aos atributos das fachadas analisadas. Contribui-se, assim, com o monitoramento por meio do registro documental e subsídios ao plano de conservação desses edifícios, ao longo do seu envelhecimento.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ARCHELA, R. S., 1999 – **Imagem e representação gráfica.** *Revista Geografia (Londrina).* V. 8, n. 1, p. 5-11. Paraná: Universidade Estatual de Londrina.

BALZANI, M., MAIETTI, F., KÜHL, B. M., 2017 – **Point cloud analysis for conservation and enhancement of modernist architecture.** The International Archives of the Photogranmetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Göttingen: Copernicus Publications. XLII-2/W3, Nafphio: Greecel, p. 7.

BERTIN, J., 1967 – **Semiology of graphics: diagrams, networks, maps.** Redlands: Esri Press.

BRASIL, G.; ZANONI, V., 2018 (a) – **Análise de tipologias de representação de anomalias identificados em fachadas de edificações patrimoniais**. In CBPAT 2018 – Congresso Brasileiro de Patologia das Construções. Campo Grande – MS: CONPAT – Associação Brasileira de Patologia das Construções.

BRASIL, G.; ZANONI, V., 2018 (b) – **Damage map of modern buildings: Proposal for graphical representation of the state of conservation of facades in exposed concrete**. XIV International Conference on Building Pathology and Constructions Repair. Florence, Italy: CIMPAR.

BSI, 2005 – **Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity. Definitions**. London: BSI. BS EN 1504-1:2005.

BSI, 2008 – **Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 8: reference service life and service-life estimation**. London: BS ISO 15686-8.

CARVALHO, G. B., 2018 – **Proposta para representação gráfica de mapas de danos em fachadas modernistas de concreto armado aparente**. Dissertação de Mestrado. Brasília: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília.

COSTA, M. S., 2014 – **Identificação de danos em fachadas de edificações por meio de imagens panorâmicas geradas por plataforma robótica fotográfica**. Dissertação de Mestrado. Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF.

DEL MAR, C. P., 2007 – **Falhas, responsabilidades e garantias na construção civil**. São Paulo: PINI.

INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES – ICOMOS, 2013 – **The Burra Charter: the Australia ICOMOS charter for places of cultural significance**. Disponível em: http://australia.icomos.org. Acesso: 10 jun. 2019.

ICOMOS-ISCS, 2008 – **Illustrated glossary on stone deterioration patterns.** Champigny/Marne-France: ICOMOS-ISCS.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO, 2011 – **Norma de inspeção predial.** São Paulo: IBAPE/SP.

ISO, 2008 – **Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 8: Reference service life and service-life estimation.** Genova: ISO. ISO 15686-8:2008.

MACDONALD, S., 1996 – **Modern matters: principles and practice of conserving recent architecture.** Shaftesbury: Donhead.

MOREIRA, F. D., 2011 – **Os desafios postos pela conservação da arquitetura moderna.** Revista CPC, São Paulo. v. 1, n. 11, p.152-187.

MOREIRA, F. D.; PINTO, F. H., 2018 – **Restoration procedures on surfaces of exposed concrete and values of modern architecture: the case of headquarters Celpe building – Energy company of Pernambuco**. *CONCRETE AND MODERNISM: TECHNOLOGY AND CONSERVATION. Preservation Technology Dossier 14*. New York: Docomomo US. p.24-31.

PINHEIRO, M. L. B.; KÜHL, B. M.; OLIVEIRA, C. T. A *et al.*, 2017 – **Subsidies for a conservation management plan: Vilanova Artigas Building** (School of Architecture and Urbanism of the University of São Paulo - FAUUSP). Technical Report. Keeping It Modern. The Getty Foundation. Disponível em: http://www.getty.edu/foundation/initiatives/current/keeping_it_modern/report_library/ Acesso em: 01 nov. 2019.

PRUDON, T. H.M. 2008 – **Preservation of modern architecture**. New York: John Wiley & Sons.

SEGAWA, H., 2014 – **Arquiteturas no Brasil: 1900-1990.** São Paulo: EDUSP.

TINOCO, J. E.L., 2009 – **Mapa de danos: recomendações básicas.** *Textos Para Discussão: Série 2 – Gestão de Restauro*. v. 43, p.1-21. Olinda: Centro de Estudos de Conservação Integrada – CECI.

TIRELLO, R. A.; CORREA, R. H., 2012 – **Sistema normativo para mapa de danos de edifícios históricos aplicado à Lidgerwood Manufacturing Company de Campinas.** Campinas: UNICAMP. p.1-20.

CASO EXPERIMENTAL DE INTERVENÇÃO NUMA FACHADA DE AZULEJOS – AVEIRO, PORTUGAL

CASE STUDY OF A TILE FAÇADE INTERVENTION – AVEIRO, PORTUGAL





Sara Moutinho [(1)], Ana Velosa [(2)]

(1) Universidade de Aveiro, RISCO, Portugal, sara.moutinho@ua.pt
(2) Universidade de Aveiro, RISCO, GeoBioTec, Portugal, avelosa@ua.pt

RESUMO

A reabilitação e a conservação de edifícios devem ser empregues devido à degradação dos elementos construtivos e dos materiais, que pode ocorrer quer por envelhecimento natural como por atuação de agentes deteriorativos. Perante um estado de degradação visível, obras de reabilitação e ações de conservação e restauro devem ser a estratégia inicial delineada, tentando evitar a total substituição de materiais ou a sua demolição.

Na zona costeira da cidade de Aveiro, devido aos fortes ventos e às águas salinas, as fachadas do edificado estão em constante contacto com estes agentes, que vão degradando os materiais o que, no caso dos azulejos, pode mesmo provocar o seu destacamento. Os azulejos são elementos predominantes nas fachadas do património edificado português, sendo relevante a sua manutenção e conservação.

Surge assim o presente estudo de caso, que viabiliza a ação de conservação de uma fachada de um edifício, com a aplicação de réplicas azulejares, após destacamento de elementos na fachada exterior. O edifício localiza-se no centro da cidade de Aveiro, em Portugal, local com características atmosféricas que geram grande impacto na durabilidade e resistência dos materiais. A fachada exterior do edifício apresentava lacunas, com o destacamento de azulejos.

Palavras-chave: Intervenção / Fachada / Azulejos / Argamassas / Compatibilidade

RESUMO ALARGADO

A reabilitação e a conservação de edifícios devem ser empregues devido à degradação dos elementos construtivos e dos materiais, que pode ocorrer quer por envelhecimento natural como por atuação de agentes deteriorativos. Perante um estado de degradação visível, obras de reabilitação e ações de conservação e restauro devem ser a estratégia inicial delineada, tentando evitar a total substituição de materiais ou a sua demolição.

Na zona costeira da cidade de Aveiro, devido aos fortes ventos e às águas salinas, as fachadas do edificado estão em constante contacto com estes agentes, que vão degradando os materiais o que, no caso dos azulejos, pode mesmo provocar o seu destacamento. Os azulejos são elementos predominantes nas fachadas do património edificado português, sendo relevante a sua manutenção e conservação.

Surge assim o presente estudo de caso, que viabiliza a ação de conservação de uma fachada de um edifício, com a aplicação de réplicas azulejares, após destacamento de elementos na fachada exterior. O edifício localiza-se no centro da cidade de Aveiro, em Portugal, local com características atmosféricas que geram grande impacto na durabilidade e resistência dos materiais. A fachada exterior do edifício apresentava lacunas, com o destacamento de azulejos.

Procedeu-se à análise das características da argamassa a aplicar, de modo a satisfazer requisitos de compatibilidade com os azulejos. Os materiais utilizados devem satisfazer exigências, das quais se destacam: não contribuir para a degradação dos elementos pré-existentes e garantirem a reversibilidade ou então serem reparáveis. Executaram-se várias réplicas dos azulejos, para colmatar as falhas existentes, com recurso a técnicas e materiais tradicionais, em torno de uma ação de formação que decorreu no Estabelecimento Prisional de Aveiro, que tornou possível a execução das réplicas pelos reclusos. Este trabalho inseriu, desta forma, uma componente formativa pretendendo criar bases para o futuro.

Inicialmente foi possível recolher junto da Câmara Municipal de Aveiro uma amostra do azulejo e, posteriormente, requisitar réplicas dos azulejos para o desenvolvimento do estudo. Como tal, decorreram previamente ensaios mecânicos, químicos e físicos de modo a estudar a compatibilidade entre a argamassa de cal fornecida pela empresa *DDL – Argamassas* e as réplicas de azulejos executadas, com chacota do tipo HCER. Os resultados foram satisfatórios, revelando compatibilidade das réplicas executadas com o suporte e o tipo de argamassa em estudo.

A aplicação das réplicas de azulejos na fachada decorreu no Dia Nacional do Azulejo (Figura 1), no âmbito do 10.º aniversário do Projeto SOS Azulejo em parceria com a Universidade de Aveiro, Fábrica da Ciência Viva e o Estabelecimento Prisional de Aveiro, destacando-se por envolver várias entidades atuantes e com o principal objetivo de sensibilizar e persuadir à intervenção de outras fachadas, para que o azulejo continue a ser característico e de uma riqueza de valor incalculável no Património Edificado Português.



Figura 1 – Aplicação das réplicas de azulejos na fachada

Nota

Artigo completo previsto ser publicado no dossier do ENCORE 2020 da *Revista Conservar Património* de set-dez de 2021 (site da revista: http://revista.arp.org.pt/).

CARACTERIZAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE IMITAÇÃO DE PEDRA EM *STUCCO-MARMO* COM VISTA À SUA PRESERVAÇÃO

CHARACTERISATION OF STUCCO MARBLE COATINGS TOWARDS THEIR PRESERVATION





Maria Teresa Freire [(1)], António Santos Silva [(2)], Maria do Rosário Veiga [(3)]

(1) CERIS e Sival – Gessos Especiais, Lda., Portugal, mtfreire@gmail.com
(2) LNEC, Portugal, ssilva@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt

RESUMO

Os revestimentos de imitação de pedra em *stucco-marmo* constituem uma das técnicas decorativas mais representativas do período Barroco na Europa, mas são pouco conhecidos em Portugal.

Com vista a colmatar esta lacuna, apresentam-se neste artigo resultados de caracterização mineralógica, física e mecânica de amostras recolhidas em Portugal. Pretende-se, assim, contribuir para a preservação destes revestimentos, de incalculável valor patrimonial.

Palavras-chave: Revestimentos Decorativos / Stucco-Marmo / Gesso / Anidrite / Património Arquitetónico

RESUMO ALARGADO

INTRODUÇÃO

Os revestimentos de imitação de pedra em *stucco-marmo* constituem uma das técnicas decorativas mais representativas do período Barroco na Europa, mas têm sido raramente estudados.

A origem do *stucco-marmo* é atribuída à *scagliola*, uma técnica que imitava a *pietre dure,* um trabalho de incrustação de pedras e outros materiais semi-preciosos. Na *scagliola* são usadas pastas coloridas obtidas com gesso calcinado muito puro e pigmentos criteriosamente selecionados, amassados com água à qual era adicionada uma cola de origem animal, sobre uma base também em gesso, onde são esculpidos os motivos a preencher com as diferentes cores. O polimento final permite a integração de todos os elementos, tornando as superfícies assim obtidas difíceis de distinguir do material que pretendem imitar ("Opificio Delle Pietre Dure", 2019). Na *scagliola* e no *stucco-marmo* os materiais são os mesmos mas usados de forma diferente: o *stucco-marmo* é um caso particular da técnica da *scagliola*, em que esta é usada para imitar pedras naturais (Zecchini, 1992). Em Portugal, os elementos de imitação de pedra são comumente designados por *escaiolas*, independentemente de terem sido executados pela técnica de *stucco-marmo*, ou pela técnica de *stucco-lustro* – pintura a óleo, ou a fresco, sobre uma camada fina de uma massa de cal (Arcolao, 1998) –, dando azo a alguns mal entendidos.

Desconhece-se a amplitude do uso desta técnica na arquitetura portuguesa. Os escassos estudos realizados sobre o tema realçam a sua importância e mostram inúmeros exemplos de elevada qualidade (Aguiar, 1999; Vieira, 2002; Vieira, 2008). O presente trabalho tem como principal objetivo identificar e caracterizar revestimentos de *stucco-marmo* existentes em edifícios portugueses dos séculos XVIII a XX. Os resultados de difração de raios X (DRX), microscopia ótica e ensaios físicos e mecânicos (absorção de água por capilaridade e módulo de elasticidade dinâmico) em 15 amostras, pertencentes a 7 casos de estudo (Figura 1), são apresentados e discutidos.

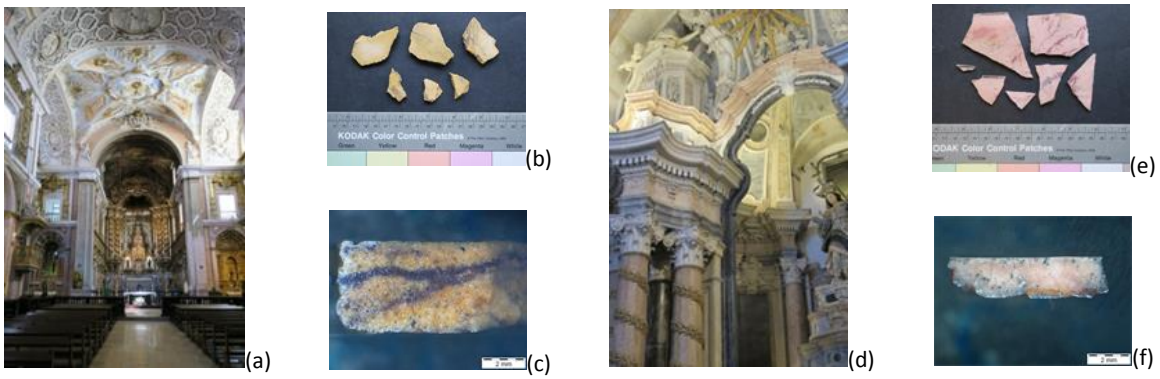


Figura 1 – Exemplos de casos de estudo e de amostras analisadas: (a) Igreja dos Paulistas – nave, transepto e capela-mor; (b) amostra IP1; (c) imagem de IP1 em lupa binocular (sup. polida); (d) Igreja dos Clérigos – arco da capela-mor; (e) amostra IC2; (f) imagem de IC2 em lupa binocular (sup. polida)

RESULTADOS E CONCLUSÕES

As amostras apresentavam, no geral, um bom estado de conservação, com algumas exceções por dissolução parcial da matriz; perda de brilho superficial, riscos, deformação e/ou presença de sais. A DRX mostrou que foi usado gesso de elevada qualidade, não se detetando praticamente impurezas. Foi encontrada anidrite em quantidades significativas, indicando que o ligante usado (um gesso multifásico) resultou da calcinação da rocha gipsífera a temperaturas superiores às utilizadas para produzir os gessos comuns de construção. Concluiu-se que,

tanto o tipo de materiais usados, como a aplicação das pastas, leva a um resultado final que vai muito para além da aparência estética. De facto, do processo resultam materiais com características físicas e mecânicas muito aproximadas das dos materiais originais (por ex., mármore), como se pôde observar nos resultados de absorção de água por capilaridade (no geral, extremamente baixos), ou de módulo de elasticidade dinâmico (extremamente altos). Da absorção capilar, concluiu-se, ainda, que a fase do gesso, e consequente estrutura porosa da pasta resultante, influencia mais esta propriedade do que os tratamentos superficiais com produtos hidrofóbicos (óleos e ceras).

Pretende-se que estes resultados contribuam para aprofundar o conhecimento dos materiais e técnicas usados na execução dos revestimentos em *stucco-marmo* em Portugal, para melhor fundamentar as ações de C&R e para o desenvolvimento de produtos compatíveis a usar nessas ações.

Nota

Artigo completo previsto ser publicado no dossier do ENCORE 2020 da *Revista Conservar Património* de set-dez de 2021 (site da revista: http://revista.arp.org.pt/).

REFERÊNCIAS

AGUIAR, José, 1999 – **Estudos cromáticos nas intervenções de conservação em centros históricos**. Tese de Doutoramento. Évora: Universidade de Évora.

ARCOLAO, Carla; TORSELLO, B. Paolo; BENSI, Paolo, 1998 – **Le ricette del restauro: malte, intonaci,stucchi dal XV al XIX secolo**. Veneza: Marsilio Editore. 2.ª edição.

OPIFICIO DELLE PIETRE DURE, 2019 – **The museuns of Florence**. Accessed October 25. http://www.museumsinflorence.com/musei/opificio_delle_pietre_dure.html.

VIEIRA, Eduarda M. S., 2008 – **Técnicas tradicionais de *stuccos* em revestimentos de interior portugueses. História e tecnologia. Aplicação à conservação e restauro**. Tese de Doutoramento. Valência: Universidade Politécnica de Valência.

VIEIRA, Eduarda M. S., 2002 – **Técnicas tradicionais de fingidos e de estuques no Norte de Portugal. Contributos para o seu estudo e conservaçã**o. Tese de Mestrado. Évora: Universidade de Évora.

ZECCHINI, Alfredo, 1992 – **Arte della scagliola sul lario**. Milão: Ulrico Hoepli. 5.ª edição (2001).

A ARTE DO ESTUQUE EM PORTUGAL. CONTRIBUTOS PARA UM DICIONÁRIO TÉCNICO

THE ART OF STUCCO IN PORTUGAL. CONTRIBUTES FOR A TECHNICAL DICTIONARY





Joana Pina [1], Arlindo Silva [2], Eduarda Vieira [3]

(1) Universidade Católica Portuguesa, Escola das Artes, Portugal, joanapina_27@hotmail.com
(2) Universidade Católica Portuguesa, Escola das Artes, CITAR, Portugal, arsilva@porto.ucp.pt
(3) Universidade Católica Portuguesa, Escola das Artes, CITAR, Portugal, evieira@porto.ucp.pt

RESUMO

A arte do estuque surgiu em Portugal no século XVII, importada de Itália, pelos nossos artistas. No século XVIII é novamente reavivada através do contacto dos estucadores nacionais com artífices italianos que vieram trabalhar para o nosso país. Analisando o que se passa nos outros países do Sul da Europa, Espanha e Itália, e também em França e Inglaterra, constata-se que o léxico é muito rico e variado (Vieira, 2008).

Numa época em que existe um interesse renovado em torno das várias áreas científicas relacionadas com o tema em estudo, acreditamos que para além da importância que este dicionário possa ter para os investigadores e para os profissionais desta área, que o mesmo possa suscitar a curiosidade de outros tipos de público, sobretudo os proprietários de imóveis com estuques históricos no sentido de os valorizarem e preservarem.

Palavras-chave: Estuque / Portugal / Dicionário Técnico / Conservação / Reabilitação

RESUMO ALARGADO

A arte do estuque surgiu em Portugal no século XVII, importada de Itália, pelos nossos artistas. No século XVIII é novamente reavivada através do contacto dos estucadores nacionais com artífices italianos que vieram trabalhar para o nosso país. Analisando o que se passa nos outros países do Sul da Europa, Espanha e Itália, e também em França e Inglaterra, constata-se que o léxico é muito rico e variado (Vieira, 2008).

Numa época em que existe um interesse renovado em torno das várias áreas científicas relacionadas com o tema em estudo, acreditamos que para além da importância que este dicionário possa ter para os investigadores e para os profissionais desta área, que o mesmo possa suscitar a curiosidade de outros tipos de público, sobretudo os proprietários de imóveis com estuques históricos no sentido de os valorizarem e preservarem.

A metodologia que se usou neste projeto incluiu a consulta de bibliografia sobre o tema e a recolha direta, através de fontes orais, de práticas ancestrais ainda em voga, para alcançar um conhecimento exaustivo do saber-fazer associado à área em estudo. O levantamento de fontes e de referências bibliográficas procurou ser exaustivo nos campos da arte de fazer estuques, incluindo tratados, publicações científicas, monografias, manuscritos e outros documentos, de forma a intersectar as fontes bibliográficas que abordam os termos técnicos e as práticas de execução. Numa primeira fase, sem preocupação cronológica, consultou-se publicações científicas numa perspetiva historiográfica e artística. Posteriormente, passou-se à consulta de bibliografia de carácter mais técnico ligada aos procedimentos, à conservação e restauro e à reabilitação. Uma componente não negligenciável da pesquisa que efetuámos compreende, ainda, a consulta de bibliografia estrangeira, em particular a italiana e a espanhola, pelo legado cultural e artístico que transportam. Num outro plano, foram realizadas entrevistas presenciais, com o propósito de recolher o léxico correntemente usado tanto com profissionais ligados ao restauro como com outros artífices, tendo em consideração a região de origem e a faixa etária, de forma a caracterizar as variações do léxico por território e, ao mesmo tempo, elaborar uma visão geracional, das práticas associadas ao ofício. A entrevistas foram gravadas em formato de vídeo com áudio, tendo sido também capturadas imagens fotográficas sempre que relevantes.

Neste contexto, o trabalho foi desenvolvido em torno do principal objetivo: a conceção, especificação e construção de um compêndio em formato de dicionário técnico sobre a arte do estuque em Portugal. O trabalho envolveu duas componentes: uma de carácter essencialmente académico, que compreende o levantamento e estudo das fontes e bibliografia, e a outra de carácter mais prático, que corresponde ao trabalho de campo com recolha de informação direta através de entrevistas realizadas a um conjunto de profissionais ligados ao tema em estudo. A informação resgatada das várias fontes e bibliografia, de que são exemplo os manuais técnicos, as publicações científicas, os dicionários, os tratados e as monografias, foi cruzada com a informação apreendida nas entrevistas, tanto vídeo como áudio, de forma a expor os vários conceitos no dicionário que resultou em 163 entradas no total, divididas por seis capítulos.

Este projeto não se encontra finalizado, uma vez que se constatou ao longo desta investigação que apesar das muitas entradas registadas muitas outras ficaram por classificar, sobretudo termos antigos, vindos de séculos diferentes e que consideramos importantes. Seria também desejável estender o leque de entrevistados a outras zonas do país e outras faixas etárias. A partir destas premissas, seria possível enriquecer este trabalho com a introdução de novos conceitos que pudessem aprofundar e alargar os temas já tratados, nomeadamente as técnicas de estuque colorido nas suas múltiplas versões e os tipos de acabamentos coloridos, bem como associar a tecnologia dos revestimentos decorativos à tecnologia construtiva dos suportes.

Espera-se assim poder contribuir para clarificar a terminologia enquanto ferramenta para a identificação, valorização e preservação desta arte decorativa e, ao mesmo tempo, prestar tributo a todos que ao longo dos

tempos produzem e dão continuidade a esta arte milenar.

Nota

Artigo completo previsto ser publicado no dossier do ENCORE 2020 da *Revista Conservar Património* de set-dez de 2021 (site da revista: http://revista.arp.org.pt/).

REFERÊNCIAS

AGUIAR, José, 2002 – **Cor e cidade histórica. Estudos cromáticos e conservação do património**. Porto: FAUP Publicações.

BLUTEAU, R., 1712 – **Vocabulario portuguez e latino**. Coimbra: No Collegio das Artes da Companhia de Jesu.

FÜLLER, Jose, s.d. – **Manual do formador e estucador**. Biblioteca de Instrução Profissional. Lisboa: Emprêsa Diário de Notícias. 2.ª ed.

FÜLLER, Josef, s.d. – **Elementos de modelação de ornato e figura**. Bibliotheca de Instrução Profissional. Lisboa: Typ. da Empreza da Historia de Portugal.

LEITÃO, Luiz, 1896 – **Curso elementar de construcções**. Lisboa: Imprensa Nacional.

LEITE, M. S. J. Pinto, 2008 – **Os estuques no século XX no Porto: A oficina Baganha**. Porto: Centro de Investigação em Ciências e Tecnologia das Artes/Universidade Católica Portuguesa.

PINA, J. Ferreira, 2019 – **A arte do estuque em Portugal. Contributos para um dicionário técnico**. Dissertação de Mestrado em Conservação e Restauro de Bens Culturais. Porto: Escola das Artes/Universidade Católica Portuguesa.

SANTOS, R. Abraços, 2017 – **Caracterização de revestimentos de tectos antigos com base em gesso**. **Contributo para a sua conservação**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Reabilitação de Edifícios. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia/Universidade Nova de Lisboa.

SEGURADO, J. E. Santos, s.d. – **Acabamentos das construções**. Biblioteca de Instrução Profissional. Lisboa: Imprensa Portugal-Brasil. 4.ª ed.

SILVA, H., 2005 – **Giovanni Grossi e a evolução dos estuques decorativos no Portugal setecentista**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: Faculdade de Letras/Universidade de Lisboa.

VIEIRA, E., 2002 – **Técnicas tradicionais de fingidos e de estuques no Norte de Portugal. Contributo para o seu estudo e conservação**. Dissertação de Mestrado em Arte, Património e Restauro. Évora: Universidade de Évora.

VIEIRA, E., 2008 – **Técnicas tradicionais de stuccos em revestimentos de interior portugueses. História e Tecnologia. Aplicação à conservação e restauro**. Tese de Doutoramento em Conservação e Restauro de Bens Culturais. Valência: Faculdade de Belas Artes/Universidade Politécnica de Valência.

EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DURANTE O SÉCULO XX EM PORTUGAL. APLICAÇÃO A EDIFÍCIOS PRÉMIO VALMOR DE ARQUITETURA

EVOLUTION OF TECHNIQUES AND CONSTRUCTION MATERIALS DURING THE XX CENTURY IN PORTUGAL. APPLICATION TO BUILDINGS AWARDED WITH THE VALMOR PRIZE FOR ARCHITECTURE

Luís Almeida [(1)], António Santos Silva [(2)], Maria do Rosário Veiga [(3)], José Mirão [(4)]

(1) Dep. Geociências e Lab. HERCULES, Universidade Évora e LNEC, Portugal, lalmeida@lnec.pt
(2) Departamento de Materiais, LNEC, Portugal, ssilva@lnec.pt
(3) Departamento de Edifícios, LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt
(4) Dep. Geociências e Lab. HERCULES, Universidade Évora, Portugal, jmirao@uevora.pt

RESUMO

Neste artigo apresenta-se as principais características construtivas de diversos casos de estudo de edifícios galardoados com o Prémio Valmor de Arquitetura, assim comos os resultados da caracterização de argamassas e betões, referindo-se as soluções de revestimentos com estes materiais adotados no contexto histórico-arquitetónico e construtivo do século XX. Estes resultados contribuem ainda para a compreensão do atual estado de conservação destes edifícios, podendo refletir-se no estabelecimento de estratégias de mitigação de danos futuros.

Palavras-chave: Argamassas / Betões / Caracterização / Valorização / Património

RESUMO ALARGADO

O século XX conduziu a rápidas mudanças na forma de pensar e de fruir os espaços urbanos. Foi necessário dotar as cidades de equipamentos que permitissem simultaneamente a adaptação às exigências impostas pela industrialização, levando a uma intensificação da ocupação do espaço para fins laborais, habitacionais e de lazer.

O Prémio Valmor de Arquitetura, instituído no início do século XX, visou estimular a atividade de conceção e construção na cidade de Lisboa. Ao longo do tempo foi privilegiando sobretudo as tendências estéticas e arquitetónicas de cada época, materializadas numa cidade que se desenvolvia para além do seu núcleo histórico. Sendo hoje um dos mais importantes prémios de arquitetura atribuídos em Portugal, interessa valorizar e preservar o património que se lhe associa.

No âmbito desta valorização, é premente o conhecimento das técnicas construtivas e dos materiais aplicados, numa ótica de recuperação dos registos histórico-construtivos e também do conhecimento técnico-científico da evolução dos materiais de construção, em particular no que diz respeito a argamassas e betões.

O estudo que se apresenta, aplicado a edifícios premiados com o Prémio Valmor de Arquitetura entre 1903 e 2002, tem como objetivo contribuir para o conhecimento dos materiais construtivos utilizados ao longo do século XX, relacionando-os com as técnicas construtivas. A caracterização composicional dos ligantes e agregados dos betões e argamassas permitirá numa fase ulterior contribuir para a análise e mitigação de processos de degradação ocorridos nos edifícios objeto de estudo.

A metodologia aplicada compreendeu três fases. A primeira, com a compilação de elementos da história construtiva, nomeadamente memórias descritivas, cadernos de encargos, peças desenhadas e processos de licenciamento de obras, permitiu situar os contextos construtivos, as principais características construtivas e ainda os materiais utilizados nas soluções adotadas. A segunda, através da recolha de amostras e ensaios *in situ* não destrutivos para avaliar o estado geral de conservação dos revestimentos e superfícies de betão. A terceira e última fase, a análise experimental, incluiu a caracterização química e composicional dos agregados e dos ligantes e as caracterizações físicas e mecânicas de argamassas e betões.

Dos resultados obtidos, no período em análise, e atendendo à diversidade dos materiais estudados, verificou-se um progressivo abandono das técnicas de construção tradicionais, refletido genericamente na redução do número médio de camadas dos revestimentos aplicados, acompanhado com a introdução progressiva de ligantes hidráulicos e da mudança de paradigma construtivo que se observou com a introdução do betão armado.

As amostras dos edifícios premiados em 1903 e 1923 (dois casos de estudo dentre os três primeiros, excluindo-se o caso de estudo premiado em 1905 pelo facto dos revestimentos não serem originais) apresentam agregados e ligante com características mineralógicas semelhantes, indicando o uso de argamassas de cal aérea cálcica. Em algumas das amostras dos edifícios premiados entre 1938 e 1940 já existem indícios do uso dum ligante hidráulico. Em alguns casos, como é exemplo o edifício premiado em 1940, é provável ter ocorrido a utilização de mais do que um ligante. Esta afirmação é sustentada pela identificação por DRX das fases típicas do clínquer Portland e a observação de nódulos de cal. Nas amostras estudadas a partir de 1944 o ligante é de caráter hidráulico.

A caracterização física e mecânica permitiu verificar a consistência dos resultados obtidos pela caracterização mineralógica, auxiliando na confirmação do tipo de ligante usado (aéreo ou hidráulico). No entanto, com a metodologia usada não foi possível distinguir o tipo de ligante hidráulico (cal hidráulica, cimento pré-Portland ou cimento Portland), para tal requer-se a aplicação futura de métodos microscópicos. Os resultados obtidos contribuirão para o conhecimento mais aprofundado sobre a utilização do tipo de ligantes durante o séc. XX.

De uma forma geral, as argamassas analisadas apontam para um bom estado de conservação, ainda que algumas amostras tivessem sido recolhidas em zonas afetadas por destacamentos, ou por ocorrência de eflorescências salinas. A caracterização mineralógica não revelou a ocorrência sistemática de compostos que indiciem processos de degradação em curso. As características físicas e mecânicas apresentaram valores consistentes com argamassas em bom estado de conservação, tendo em conta os respetivos ligantes.

Quanto às principais características dos betões estudados, excetuando o caso de estudo premiado em 1987, os resultados obtidos apontam para uma variação expetável das características físicas e mecânicas, isto é, para o aumento da resistência à compressão e do módulo de elasticidade ao longo do período em análise, reflexo de várias atualizações das disposições regulamentares e da consequente aplicação dessa regulamentação.

Nota

Artigo completo previsto ser publicado no dossier do ENCORE 2020 da *Revista Conservar Património* de set-dez de 2021 (site da revista: http://revista.arp.org.pt/).

OS PROGRAMAS DECORATIVOS DOS INTERIORES DOMÉSTICOS NA LISBOA POMBALINA: O PAPEL DAS FONTES DOCUMENTAIS PARA SUA LEITURA E CONSERVAÇÃO

THE DECORATIVE PROGRAMS OF LISBOA POMBALINA DOMESTIC INTERIORS: THE ROLE OF DOCUMENTARY SOURCES FOR THEIR READING AND CONSERVATION

Marta Raposo [(1)], Stefano F. Musso [(2)]

(1) Politecnico di Milano, DAStU – Departamento de Arquitectura e Estudos Urbanos, Itália, marta.raposo@polimi.it
(2) Università degli Studi di Genova, DAD – Departamento de Arquitectura e Design, Itália, etienne@arch.unige.it

RESUMO

Os programas decorativos dos interiores domésticos fazem parte da cultura material da cidade histórica e podem revelar-se significativos para o reconhecimento do valor cultural de um conjunto arquitectónico e urbano. São disso exemplo, na Lisboa Pombalina, os azulejos, pinturas murais, estuques decorativos e tectos em madeira que integram hoje o palimpsesto de mais de duzentos anos de uso e de transformações nos interiores dos edifícios de rendimento. A sobrevivência de tal património joga-se por detrás das fachadas públicas do Conjunto de Interesse Público, entre a conservação prescrita pelos instrumentos de tutela e a destruição latente, inerente a práticas de reabilitação nem sempre idóneas.

No âmbito de um projecto que indaga o significado cultural destes bens e estratégias possíveis para a sua conservação enquanto conjunto, expõem-se os percursos de pesquisa documental iniciados e a integrar com o diagnóstico directo numa amostra representativa de ambientes domésticos. Através de alguns exemplos, ilustra-se potencial informativo de algumas fontes primárias – contratos de obra de época, registos de inventário, processos de obra particulares – para o traçar de um quadro coerente dos vestígios materiais das diferentes soluções decorativas, com atenção aos seus aspectos construtivos históricos e aos processos de degradação e transformação no tempo. Uma abordagem metodológica que, ensaiada para o conjunto, poderá alavancar a elaboração de orientações comuns para análise e conservação dos programas decorativos existentes nos diferentes edifícios.

Palavras-chave: Lisboa Pombalina / Programas Decorativos/ Fontes Documentais / Conservação

RESUMO ALARGADO

Os programas decorativos dos interiores domésticos fazem parte da *cultura material* da cidade histórica enquanto resultado tangível da vida de uma sociedade, fruto de actividades de produção, distribuição e de consumo no tempo. Toma-se assim como premissa que também eles podem revelar-se significativos para o reconhecimento cultural de um *conjunto arquitectónico e urbano.*

A conservação da decoração arquitectónica de interior, em edifícios históricos de arquitectura corrente, é, não só expressamente recomendada na *Carta de Cracóvia* (2002), como prescrita nos *Princípios de La Valetta para a Salvaguarda e Gestão de Cidades e Conjuntos Urbanos Históricos* (2011). No entanto, no privilegiar da salvaguarda da memória da imagem urbana, a sua protecção e conservação tem sido raramente abordada à escala do território. Ou seja, enquanto parte integrante de um sistema de bens arquitectónicos difusos e estratificados, histórica e espacialmente interrelacionados.

Na *Lisboa Pombalina*, os azulejos, pinturas murais, estuques decorativos e tectos de madeira considerados, a par de outros acabamentos de interior, no Plano de Pormenor de Salvaguarda vigente, integram hoje o palimpsesto de mais de duzentos anos de uso e de transformações nos espaços domésticos dos edifícios de rendimento que caracterizam o *Conjunto de Interesse Público* (2012), fruto de sucessivas exigências funcionais, de conforto e de mudanças de gosto.

Testemunhos da sua recorrência numa área classificada consolidada, com características construtivas coevas, amplamente estudada do ponto de vista histórico, arquitectónico, estrutural e urbano, estão na base da sua escolha para questionar as possibilidades de leitura e conservação desta tipologia de bens culturais enquanto *conjunto.*

Por outro lado, na difícil relação entre mutação e modernização de cunho privado, a sobrevivência de tal património joga-se por detrás das fachadas públicas da malha urbana, entre a conservação prescrita pelos instrumentos de tutela e a destruição latente, inerente a práticas de reabilitação nem sempre idóneas, sem que, contudo, exista uma visão compreensiva de como estes acabamentos sobreviveram e se transformaram no tempo.

A comunicação enquadra-se num projecto de investigação em curso que, indagando o significado cultural dos programas decorativos, pretende contribuir para o traçar de um quadro coerente dos seus vestígios materiais nos diferentes espaços domésticos (vestíbulos e caixas de escadas comuns; interiores habitacionais), através de fontes documentais e das evidências remanescentes, com atenção aos seus aspectos construtivos históricos, processos de degradação e ao impacto das intervenções passadas.

Expõem-se os percursos de pesquisa documental iniciados e, através de alguns exemplos, ilustra-se o potencial informativo de algumas fontes primárias, escritas e iconográficas, acenando-se à possibilidade de integração destes dados com os provenientes do diagnóstico directo, numa amostra representativa de ambientes domésticos.

Enquanto a retoma da análise dos contratos de obra de época abre caminho à leitura dos aspectos históricos da construção (à luz da literatura técnica coeva e sucessiva) e a um enquadramento temporal da produção, evolução e estratificação das soluções decorativas, apesar de muito fragmentária, a natureza e recorrência da informação patente nos registos de Inventário do Património Arquitectónico (SIPA) e nos processos de obra particulares do Arquivo Municipal de Lisboa constitui base para o traçar de um panorama da sua sobrevivência e vicissitudes, nos diferentes espaços domésticos, à escala da área urbana histórica. Na sua especificidade e diferente potencial de integração, de forma directa ou indirecta, tal informação revela-se, ainda, promissora, como suporte à

interpretação das causas e motivos da degradação e transformação identificadas *in loco*.

Uma abordagem metodológica que, ensaiada para o conjunto arquitectónico (*conhecimento prévio*), poderá alavancar a elaboração de orientações comuns para análise dos programas decorativos existentes nos diferentes edifícios (*conhecimento pontual*), enquanto instrumento operativo para a sua conservação activa aliada à dos interiores domésticos para onde foram criados. Isto é, não como mero acto preliminar ou instrutório das intervenções, mas ao longo do processo cultural de gestão da sua consistência física, historicamente estratificada, sem nunca perder de vista a dimensão – humana e de futuro – da *Lisboa Pombalina*.

Nota

Artigo completo publicado no dossier do ENCORE 2020 da *Revista Al-Madan*, n.º 23, 2020.

CONSTRUIR NO CONSTRUÍDO: CONDICIONANTES PARA PROPOSIÇÕES PROJETUAIS

BUILDING ON THE BUILT: CONDITIONING FOR PROJECTUAL PROPOSITIONS




Ana Paula Farah [(1)], José Roberto Merlin [(2)]

(1) Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Centro de Ciências, Exatas, Ambientais e de Tecnologia (CEATEC), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) e Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (POSURB-ARQ), Brasil, ana.farah@puc-campinas.edu.br

(2) Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Centro de Ciências, Exatas, Ambientais e de Tecnologia (CEATEC), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) e Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (POSURB-ARQ), Brasil, jrmerlin@puc-campinas.edu.br

RESUMO

Este artigo[1] tem a finalidade de explanar as condicionantes atribuídas a respeito do ambiente construído preexistente, em que a inserção de um novo fabricado, em área envoltória ou próximos a edifícios de valor patrimonial, requer diretrizes para o ato projetivo na elaboração de partidos arquitetônicos e urbanísticos. Nesse sentido, objetiva enfatizar a importância da memória do lugar e das relações métricas preexistentes dos edifícios com valor patrimonial circundantes como condicionantes do novo projeto, como forma de respeitar as rugosidades e cotejar relações espaciais que promovam o diálogo formal na relação entre o antigo e o novo. Entende que esta metodologia é uma forma de valorizar o ofício do profissional arquiteto e urbanista, além de erigir uma postura deontológica do campo disciplinar do restauro arquitetônico e urbano, na medida em que valoriza e preserva, o ambiente e o fabricado, e transmite, da melhor maneira possível, esse legado para as gerações presentes e futuras. Para tal, foram levantados dados através de pesquisas bibliográficas, iconográficas e documentais verificando a importância da memória como catalizador cultural, observando espaços urbanos de valor patrimonial e apresentando projetos que elucidam a proposição em tela.

Palavras-chave: Preexistência / Memória / Metodologia / Proposição Projetual

[1] Este artigo retoma pesquisas desenvolvidas pelos autores, professores e pesquisadores da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Esse tema é abordado em outros artigos, com enfoques particulares, e, aqui, são revistos, de modo aprofundado, sobre a experiência didática da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Campinas, São Paulo, Brasil, através das práticas projetuais da disciplina Projeto Patrimônio (5.º e 6.º semestre).

1. INTRODUÇÃO

A salvaguarda do ambiente construído, a atitude de respeito em relação à estruturação de ambientes urbanos e de obras arquitetônicas, a contínua interlocução, a pesquisa, o levantamento dos traços de antigos testemunhos do passado e o respeito pela estratificação do fabricado são, em grande medida, o resultado de uma atividade formativa contínua: grande parte da consciência do arquiteto-urbanista a respeito do antigo, e mais veementemente, sobre operar no preexistente, estrutura-se nos anos de sua formação universitária, constituindo um substrato fundamental para as futuras orientações e com repercussões diretas nas soluções projetuais.

Nesse sentido, a constatação da fragilidade de conhecimento (histórico-crítico e técnico) e de exatidão por parte dos profissionais arquitetos-urbanistas (principalmente no território brasileiro) ao atuar para enfrentar as rápidas transformações do mundo contemporâneo, em que a economia e o consumismo desempenham, muitas vezes, infortunadamente, o protagonismo no cotidiano em detrimento da cultura. O resultado mais visível tem sido o aniquilamento, distorções e destruições de documentos históricos e do ambiente construído preexistente, que são bases fundamentais de transmissão do conhecimento, em várias áreas do saber, e suporte para a memória coletiva, afetando a transmissão do legado das gerações passadas para as futuras.

Diante desse quadro pretende-se tratar de concepções fundantes associadas à memória e às métricas vinculadas aos ritmos, às composições, às simetrias, às apropriações e a outros elementos permanentes da arquitetura e urbanismo. Tenta mostrar a importância destas variáveis no processo de produção de espaços e na definição de partidos ou métodos incisivos nas formas de atuar, buscando reflexões acerca do ofício da arquitetura e urbanismo, enfatizando especialmente os modos de atuação em lugares que abrangem, tanto a morfologia e o território histórico, quanto edifícios de valor histórico que, portanto, devem ser respeitados como portadores da cultura para que possa promover a efetiva preservação dos aspectos documentais, materiais, formais, memoriais e simbólicos.

No Brasil, há pouca aproximação com o campo disciplinar do restauro arquitetônico e urbano, e os conceitos aqui apresentados são ainda pouco estudados e compreendidos para fazer memorar apropriações do ambiente construído preexistente. Embora os referenciais teóricos e as discussões estejam consolidadas no ambiente europeu, no território brasileiro, está se iniciando um debate acerca desse tema, porém ainda em passos lentos.

Giovanni Carbonara (2009, pp. 31-32) esclarece que as várias profissões envolvidas – gestores públicos, políticos, arquitetos-urbanistas, engenheiros, sociólogos, historiadores, geólogos, físicos, químicos, etc., ou seja, uma gama enorme de profissionais que operam no campo – devam tomar consciência de que trabalhar na área requer sempre "pesquisa, cuidado (zelo) na execução e um contínuo aprofundamento". Nesse sentido, entende-se que os procedimentos a serem adotados não podem ser conduzidos apenas por meras soluções técnicas, mas devem, sim, ser embasados em preceitos científicos através de estratégias integradas, nas quais estão entrelaçados valores culturais, sociais, econômicos, políticos, funcionais e de uso, para que a ação resulte numa real sobrevivência do bem cultural[2] e não em seu congelamento.

Desponta, no início do século XX, Gustavo Giovannoni, o principal teórico a expor métodos que aproximariam Arquitetura, Urbanismo e Restauro (entendido como campo disciplinar), "supostamente" paralelos, e deve ser apreendido com uma única atividade. Giovannoni evidencia a capacidade de ler os problemas do restauro em

[2] [...] "*a noção de bem cultural se expandiu para tudo aquilo que é testemunho da operosidade humana e que, com o tempo, adquiriu uma significação cultural; podem ser obras muito modestas, que, com o tempo, foram reconhecidas como de interesse para diversas comunidades, para diversas culturas*" (Kühl,2019, p. 36-37).

uma dimensão urbana, relacionado a Arquitetura ao contexto onde está inserido (Giovannoni, 2018). Segundo Racheli (2003), restauro, deve ser compreendido como arquitetônico e urbano, pois restauram-se edifícios e monumentos, não somente para estudá-los ou interpretá-los com o intuito em si de forma a transmiti-lo para as futuras gerações, mas, sobretudo, para estabelecer o diálogo entre a imagem da cidade, do território e do lugar, em que este monumento está inserido. Esse procedimento visa conduzir, de maneira fidedigna, e efetiva a preservação dos aspectos documentais, materiais, formais, memoriais e simbólicos do ambiente construído preexistente. Nesse sentido, é importante salientar que as soluções projetuais, para tais intervenções, derivam dos instrumentos teóricos-críticos, que necessitam convergir para um ponto comum, tornando-as um projeto único integrado.

Outro ponto fundamental a expor é o fato de interpretarmos os conceitos de conservação e de transformação como sendo elementos dialéticos nas conformações das cidades. A distinção entre a conservação e a transformação apresenta um vazio de significados, em que o novo está condicionado à ânsia da criação de novas formas e se coloca, sob a égide da conservação e da recuperação dos elementos identitários que chegaram até nós, hoje em dia. Necessário entender que esses elementos se sobrepõem e se fundem nas soluções projetuais (Savini, 2003, p. 13). Ou seja, a conservação e as transformações dos espaços consolidados devem caminhar juntos numa única direção, que a *Arquitetura, Urbanismo* e o *Restauro* devem ser entendidos como uma única atividade transformadora do existente.

Todavia, para que não haja equívocos, a transformação pressupõe modificação e necessita se pautar na fundamentação teórica e no rigor metodológico (que o campo exige), sem os quais, essa prática, pode apropriar-se de respostas projetuais errôneas gerando várias imprecisões e ambiguidades, visto que acarretará toda uma série de problemas de percepção em relação ao ambiente construído preexistente – paisagem e território.

2. REFLEXÕES SOBRE A MEMÓRIA

A memória é algo imaterial, entretanto pelo viés da arquitetura, urbanismo e restauro (entendido como campo disciplinar), pode aparecer saliente em algumas materialidades (rugosidades) destacando nossa identidade, tanto individual quanto coletiva. Torna-se, portanto, uma ferramenta de registro, permanência, depósito de informações, (re)conhecimento, síntese de experiências e recordações, de um indivíduo ou de um grupo social, sendo um forte elemento de transição entre presente e passado. Deve ser o testemunho de algo real e verdadeiro em sua origem, oferecendo o relato do passado, exerce uma responsabilidade de vincular-nos no presente e nos enraizar para a construção do futuro.

Segundo Decca (1992, p. 129-136), o indivíduo contemporâneo tem, de fato, a consciência do rompimento com o passado e a persistência inerente à relação de continuidade entre o presente e o passado. A memória é algo do presente que tem suas condicionantes no passado e está sempre em continua mutação, sempre dinâmica, como aponta também Meneses (1992, p. 9-23), sendo o presente, o elo entre a vivência do passado com o tempo atual.

Para Nora (1992), a memória é um absoluto. Deve-se entendê-la como algo infinito que necessita de continuidade e permanência no tempo, para que haja legitimação dos seus suportes, sem haver uma progressiva perda das referências coletivas do passado. A memória se enraíza no concreto, no espaço, no gesto, na imagem e no objeto (NORA, 1992, p. 130).

Magaldi (1992, p. 21-24), traz a luz a atenção para cidade – a identificação da urbis – como um organismo vivo em permanente transformação e construção, que deve ser pensado em uma estrutura que se realiza “todas as espécies de atividades e ações humanas espacialmente concentradas”. A construção de uma memória, passa pelo juízo do próprio passado como sendo anterior ao presente. Passado esse, que, atualmente, não temos

referências para julgá-lo e, portanto, não temos instrumentos para o suporte da memória que faz parte da identidade da sociedade.

Descreve Magaldi (1992) que "nós sabemos que a preservação da continuidade histórica, no meio urbano ou rural, é essencial para a manutenção ou criação de um quadro de vida, que permite ao homem encontrar sua identidade, e provar um sentimento de segurança em face às mudanças brutais da sociedade" (Magaldi, 1992, p. 22). Portanto, esse binômio Memória e Preservação, contudo, compreende que a preservação só se concretiza, mediante o somatório da identidade cultural (do qual, devemos a memória, seja ela qual for) e da qualidade de vida, que enfatiza a importância em entender a preservação como ideia de planejamento urbano.

Também Paoli (1992, p. 25-28) aponta que os sentidos das palavras memória, história, patrimônio e passado, não têm um ponto de vista absoluto e são distintos entre si, porém deriva-se de uma cultura plural e conflitante. Nesse sentido, a cultura predomina, no espaço que circunda o patrimônio histórico, aqui entendido no sentido amplo de sua conceituação. Ainda hoje, se tem a visão errônea de patrimônio cultural, em suas várias concepções, como a imagem congelada do passado, quando deveria ser a imagem de um passado vivo, que por sua vez, está intimamente ligado às questões voltadas à memória coletiva de objetos, fatos, monumentos, dignos de preservação porque fazem parte de signos coletivos em sua diversidade (Paoli, 1992, p. 25).

Observa-se, atualmente, que apesar do conhecimento do campo disciplinar do restauro arquitetônico e urbano já bem amadurecido, com aproximadamente dois séculos de discussões, ainda há relutância em relação às questões voltadas à preservação do patrimônio cultural conferir-lhe juízos de valores. Verifica-se que a inter-relação entre os vários campos do saber em relação a arquitetura, urbanismo, restauro, memória, história e a cidadania explicitam a identidade de uma determinada sociedade, ponto crucial para a transmissão de conhecimento e suporte da memória coletiva. Dessa forma, afeta a apreensão da realidade e a transmissão do legado da geração passada para a presente e futura.

Nora (1992, p. 130) entende a memória como algo vivo, que tem que ser preservada, pois vive numa constante e permanente dialética de lembranças e de esquecimentos. O espaço da cidade seria dotado da capacidade de exprimir a condição do indivíduo no mundo em que a memória retira sua seiva privilegiando lugares específicos.

Por todas estas posturas autorais acrescentamos outras tantas para compreender o conceito de memória no que tange as questões do patrimônio para nos transportar ao entendimento que esse patrimônio – edificado e urbano – é o ente conservador da memória e do espaço e, conduz aos lugares de memória (conforme Pierre Nora) que considera o espaço físico como o suporte à formação da memória coletiva.

A memória necessita de um ambiente construído, como peça fundamental, para a constituição da memória coletiva, de forma a propiciar o indivíduo a possibilidade de um processo de identificação e de reconhecimento. A memória incita e permite o aprendizado e consolida o conhecimento. No espaço os diferentes tipos de memórias (sensível, de curto prazo, de longo prazo, especialmente, as declarativas e semânticas) se mesclam e atuam conforme o processo receptivo do usuário, aumentando o repertório e estimulando as potencialidades educadoras do espaço (Carraro, 2015).

Ao analisar os pontos negativos desse rompimento com o passado, e com a própria História, ou a destruição no âmbito da Memória, enquanto componente norteador do processo de identificação, tanto do indivíduo quanto da sociedade em si, afirma-se que "quando essa sociedade deturpa sua cultura e sua memória, destrói os instrumentos [a arquitetura e o urbanismo] que são seus próprios meios de expressão como seres vivos, com incidência sobre a memória individual ou coletiva, podendo gerar problemas para a identidade"(Arévalo, 2005), acarretando um dano irreversível para cultura de uma sociedade, de um povo ou de uma nação.

Portanto, a importância da preservação do patrimônio em todos os âmbitos é relevante, principalmente para

entender a Arquitetura e Urbanismo como documento histórico, que para a leitura do seu território, se dá, por meio do texto arquitetônico e urbano, o qual está conservado e preservado.

3. "CONSTRUIR NO CONSTRUÍDO"

Com o advento do movimento moderno em arquitetura, houve uma profunda transformação na linguagem que buscou abandonar o diálogo com o contexto e iniciou o cancelamento das relações históricas. O edifício era considerado uma máquina urbana e precisava da afirmação de uma nova identidade, baseado em novas tecnologias e diferentes formas de habitar. Tais posturas levaram a adoção de um processo de tábula rasa do lugar e do entorno onde iria ser implantado o novo edifício, destruindo todas as marcas do passado e suas rugosidades que testemunhavam o legado do passado.

A partir de meados do século XX, começaram intensas críticas a essas posturas e, alguns documentos foram redigidos como reflexões ligados à preservação do patrimônio arquitetônico em contraponto as preceptivas do movimento moderno.

Uma pesquisa importante, que foi desenvolvida por Anna Maria Ciabatta (2012) avança, de maneira significativa, na busca de caminhos mais talhados para uma ação profissional fortalecedora do ofício do arquiteto em relação ao ambiente construído preexistente histórico. No escopo do trabalho, cita o trabalho do arquiteto Ignazio Gardela, na Casa alle Zattere, em Veneza, o qual representa um dos exemplos mais bens sucedidos nas vinculações contextuais, buscando uma relação dialógica com todo o entorno, a partir de análises gráficas (Figura 1) dos edifícios preexistentes, cuja atenta pesquisa acabou descobrindo os módulos subjacentes existentes nas plantas e fachadas dos edifícios circundantes. O resultado, na composição plástica do novo edifício, foi um método de uma regra, do qual se originou um processo de conduta no andamento das proposições do projeto.



Figura 1 – Casa Zattere, na paisagem de Veneza, e análise das relações dialógicas com o território
Fonte: Ciabatta, 2012. p. 114

Outro exemplo significativo de proposição espacial contemporânea, em ambiente historicizado, é a Praça Belluga, Município de Murcia, Espanha, projeto da Sede do Município, de autoria de Rafael Moneo, considerado como legado linguístico, a partir das proposições de Gardella, em Veneza. É a praça mais importante do centro histórico da cidade, por comportar a presença da sede do poder civil – "Ayjuntamiento" de Murcia (Figura 2) – e do poder religioso em sua frente – a catedral gótica Santa Maria. Devido à diversidade rítmica, das aberturas dos edifícios que compõem a praça, e variadas temporalidades, o arquiteto propõe, nas aberturas, uma composição e um diálogo, usando cores e texturas do entorno, além de processos de composição formal que valorizam as visuais da Prefeitura para a Catedral, obedecendo um complexo quadro de ritmos, refletidos na fachada do edifício da sede do poder civil.



Figura 2 – Traçado da Praça Belluga com análise das relações de proporcionalidade com o entorno
Fonte: Ciabatta, 2012. p. 129

Assim, as aberturas, as texturas, as cores, as formas e o respeito à altura dos edifícios antigos são respeitados, através de traçados que partem da preexistência do território (entorno), procurando colocar o tempo como quarta dimensão da arquitetura. No piso da praça, também foram marcadas linhas que orientam os pontos focais do espaço, assim como as aberturas que buscaram o enriquecimento do projeto, por meio de eixos visuais, promovendo grandes aberturas na fachada do edifício da prefeitura, valorizando a vista para a Catedral Gótica de Santa Maria. Este projeto tem a qualidade de promover a interlocução contextual entre o ambiente historicizado (o antigo) e a inserção do novo elemento contemporâneo evidenciado pelo diálogo visual entre duas arquiteturas distintas, que apresentam um equilíbrio formal, sem mimetizar o antigo, compatibilizando-os, sem perverter as respectivas linguagens, promovendo, de fato, a conservação e preservação dos aspectos documentais, materiais, formais, memoriais e simbólicos desse território.

A Capela Nossa Senhora da Conceição na cidade do Recife, Brasil, projeto de Paulo Mendes da Rocha e Eduardo Colonelli, também elucida essa postura projetual, apropriando-se da preexistência – da materialidade em sua essência – para propor a inserção do elemento novo como forma de preservar a memória do território e do lugar, não cometendo um falso histórico e transmitindo o legado para as gerações presentes e futuras.



Figura 3 – Fabricado da Capela antes e após a intervenção
Fonte: Disponível em <http://www.epaulistano.com.br/capela-brennand.html> acesso 15 mar 2020

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É inerente aos espaços contarem a história e revelarem a memória da civilização que os produziram. Os espaços e os edifícios são efetivos documentos históricos. Porém, isto só ocorre se houver leitura e apropriação, por parte da comunidade e dos profissionais que atuam no ambiente construído preexistente com competência e discernimento no ofício, de forma a tratar os edifícios como materialidade e como linguagem. Estas lembranças de fatos e eventos, passiveis de serem materializadas pelo espaço urbano, desenvolvem o senso de pertencimento e enraízam o sentimento de cidadania, através da memória. Relações métricas que incitam a sensibilidade ao promover diálogos subjacentes entre os edifícios novos e antigos, dilatam nosso repertório sensorial, despertando a educação pelo viés da arte.

Portanto, a narrativa do território, constrói um diálogo entre Arquitetura e Urbanismo, ou seja, entre a materialidade das formas e os elementos da paisagem (território). A inserção de novos elementos contemporâneos (construir no construído) restabelece a paisagem, não "apagando" os vestígios do passado, ou atrapalhando a leitura, mas transmitindo através do diálogo formal e simbólico, da melhor maneira possível, seu legado para as gerações presentes e futuras.

REFERÊNCIAS

ARÉVALO, Marcia Conceição da Massena, 2005 – **Lugares de memória ou a prática de preservar o invisível através do concreto**. Disponível em https://www.anpuh.org/revistahistoria/view?ID_REVISTA_HISTORIA=7. Acesso em 07 jan 2020.

CARRARO, Patrícia Rossi, 2015 – **Psicologia do desenvolvimento da aprendizagem.** Rio de Janeiro: SESES.

CIABATTA, Annamaria, 2012 **– La modernità nei tessuti storici: Gardella, Meier, Terragni.** Dottorato di Ricerca in Progetto Architettonico ed Analisi Urbana. Università degli studi di Catania. Facoltà di Architettura di Siracusa. Disponível em <http://dspace.unict.it/handle/10761/1231 > acesso 07 jan 2020.

D'ALLESSIO, Márcia Mansor, 1993 – **Memória: leituras de M. Halbwachs e P. Nora**. In *Revista Brasileira de História*. vol. 13, n.o 25/26, set92/ago93. p. 97-103. São Paulo: Marco Zero/ANPUH.

DECCA, Edgar Salvatori de, 1992 – **Memória e cidadania.** *In SECRETARIA MINUCIPAL DE CULTURA. DEPARTAMENTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO. O direto à memória: patrimônio histórico e cidadania*. São Paulo: DPH. p. 129-136.

ESCRITÓRIO PAULISTANO ARQUITETURA, 2006 – **Capela Nossa Senhora da Conceição**. Disponível em <http://www.epaulistano.com.br/capela-brennand.html> acesso em 15 mar 2020.

FARAH, Ana Paula, MERLIN, José Roberto, 2019 – **Memória e métricas nas proposições espaciais**. *In Anais do Anais do 9.º Seminário Internacional Projetar* [recurso eletrônico]. Curitiba: UFPR/Universidade Positivo. pp. 526-536.

KÜHL, Beatriz Mugayar, 2017 – **Questões contemporâneas de restauro: a viabilidade da restauração.** In SALCEDO, Rosío F. B.; BENINCASA, Vladimir (org.). *Questões Contemporâneas. Patrimônio Arquitetônico e Urbano*. Bauru: Canal6 Editora. p. 89-107.

KÜHL, Beatriz Mugayar, 2019 – **O papel do patrimônio arquitetônico no projeto da cidade contemporânea.** In Retto Júnior, Adalberto da Silva (coord.). *Coleção Primeiras Aulas*. [recurso eletrônico]. Tupã: ANAP.

MENESES, Ulpiano T. Bezerra de, 1992 – **A História, cativa da memória? Para um mapeamento da memória no campo das Ciências Sociais.** In *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, 1992. p. 9-23.

MAGALDI, Cássia, 1992 – **O público e o privado: propriedade e interesse cultural.** *In SECRETARIA MINUCIPAL DE CULTURA. DEPARTAMENTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO. O direto à memória: patrimônio histórico e cidadania*. São Paulo: DPH. p. 21-24.

PAOLI, Maria Célia, 1992 – **Memória, história e cidadania: o direito ao passado**. *In SECRETARIA MINUCIPAL DE CULTURA. DEPARTAMENTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO. O direto à memória: patrimônio histórico e cidadania*. São Paulo: DPH. p. 25-28.

A INTERVENÇÃO NO PATRIMÓNIO ARQUEOLÓGICO. USUFRUIR VERSUS OCULTAR/REGISTAR. O CASO DA MAMOA DO CARAPITO

INTERVENTION IN ARCHAEOLOGICAL HERITAGE. USING VERSUS HIDE/REGISTER. THE CASE OF MAMOA DO CARAPITO

Pedro Sobral de Carvalho [(1)], Alice Tavares Costa [(2)], Aníbal Costa [(3)], Vera Moreira Caetano [(4)]

(1) EON Indústrias Criativas, Lda, Portugal, pedrosobraldecarvalho@eonic.pt
(2) DECivil da Universidade de Aveiro, Portugal, tavares.c.alice@ua.pt
(3) DECivil da Universidade de Aveiro, Portugal, agc@ua.pt
(4) Conservadora restauradora em património arqueológico Portugal, vera.mcaetano@gmail.com

RESUMO

O Dólmen 1 do Carapito é um dos mais emblemáticos monumentos megalíticos do país tendo sido descoberto em 1881 e explorado em 1933 pelos arqueólogos alemães George e Vera Leisner. A análise do pacote artefactual e as datações radiocarbónicas obtidas colocam este dólmen nos primeiros momentos do megalitismo português, nos inícios do IV milénio a.C, sendo um dos expoentes do megalitismo da Beira Alta, classificado como Monumento Nacional pelo Decreto n.º 735/74 datado de 21 de dezembro.

O Dólmen 1 do Carapito em termos arquitetónicos apresenta uma câmara simples, aberta a Este, composta por 9 esteios, em planta poligonal, ligeiramente alongada, com 5,16 m de comprimento, 4,68 m de largura e 5,1 m de altura, apresentando a entrada 1,54 m de largura. Pelo lado exterior foi identificado o que restava do sistema de contrafortagem dos esteios.

Atualmente existem vestígios da mamoa, sendo percetível a elevação do terreno que indicia a sua volumetria e que deveria ter cerca de 24 m de diâmetro. Testemunhos orais recordam a mamoa com os esteios do dólmen cobertos até meio. Assim, o projeto que se apresenta baseia-se em três pressupostos que nortearam a solução: valorizar, ensinar e comunicar.

Palavras-chave: Megalitismo / Carapito / Mamoa / Dólmen / Intervenção

RESUMO ALARGADO

INTRODUÇÃO

O Dólmen 1 do Carapito é um dos mais emblemáticos monumentos megalíticos do país. A sua imponência e os resultados das intervenções arqueológicas desenvolvidas, sobretudo nos anos sessenta do séc. XX, tornam-no num dos expoentes do fenómeno megalítico da Beira Alta.

Classificado como Monumento Nacional pelo Decreto n.º 735/74 datado de 21 de dezembro, este dólmen foi alvo de trabalhos arqueológicos em 1966 por Vera Leisner e Leonel Ribeiro, cujos importantes resultados o catapultaram para uma projeção internacional que ainda hoje poucos dólmens portugueses possuem, (Leisner & Ribeiro, 1968).

O Dólmen 1 encontra-se localizado num terreno com o topónimo "Casa da Moura", situado a oeste da ribeira de Carapito, afluente do rio Dão, localiza-se na localidade do Carapito no concelho de Aguiar da Beira (distrito da Guarda), a 640 m de altitude. Este monumento faz parte de uma necrópole composta por mais três monumentos, integrados num Percurso Pedestre.

Preocupada com o estado atual do monumento, a Câmara Municipal de Aguiar da Beira, adjudicou, em 2017, à Eon, Indústrias Criativas, Lda., o Projeto de Execução do Restauro e Consolidação do Dólmen 1 e Área Envolvente de Carapito.

CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA. A IMPORTÂNCIA DA MAMOA DO CARAPITO NO MEGALITISMO

O Dólmen 1 do Carapito, Figura 1, sumariamente referenciado por alguns autores nos finais do séc. XIX (Sarmento, 1883:17; Vasconcelos, 1927), é visitado por George Leisner em 1933 que dele faz uma planta e levanta os motivos gravados do monólito tombado junto ao esteio de cabeceira (Leisner, G., 1934; Leisner & Ribeiro, 1968: 17).

De todas as referências e estudos efetuados, interessa destacar os trabalhos efetuados entre abril e agosto de 1966. Estes trabalhos não se restringiram à escavação do Dólmen 1, tendo-se verificado a escavação arqueológica de todos os monumentos da necrópole em número de quatro.

Como resultado dos vários trabalhos arqueológicos realizados no Dólmen 1 do Carapito somos hoje capazes de o caracterizar, em termos arquitetónicos, como um dólmen de câmara simples, aberta a Este, composta por 9 esteios, de planta poligonal, ligeiramente alongada, com 5,16 m de comprimento e 4,68 m de largura, apresentando o vão de entrada 1,54 m. Pelo lado exterior foi identificado o que restava do sistema de contrafortagem dos esteios.

De notar que não existem vestígios da mamoa, sendo, no entanto, percetível uma elevação do terreno que indicia a sua volumetria que deveria possuir cerca de 24 m de diâmetro. As pessoas mais idosas de Carapito ainda se lembram de a mamoa cobrir a até meio os esteios do dólmen.

Um dos aspetos mais fantásticos deste monumento são os motivos gravados nos seus esteios. O primeiro esteio com gravuras a ser identificado foi o fragmento do esteio G que se encontrava tombado no interior e poisado sobre a sua base maior, levando o casal Leisner e Leonel Ribeiro a denominá-lo de pedra de "altar". Estes motivos foram levantados em 1934 por George Leisner (Leisner, 1934). Com a missão Leisner/Ribeiro em 1966, identificaram-se os motivos do esteio I. (Leisner & Ribeiro, 1968, Leisner, 1998). A grande especialista E. Shee Towhig faz novos decalques e melhora os levantamentos em 1981.

Os trabalhos de levantamento efetuados para o projeto de valorização e restauro, em curso, permitiram o registo

de novos motivos gravados.



Figura 1 – Vista do Dólmen 1 do Carapito antes dos trabalhos arqueológicos de 1966 (Leisner, 1998: tafel 146)

PRESSUPOSTOS ORIENTADORES DA INTERVENÇÃO

A elaboração da iniciativa de recuperação e valorização do Dólmen 1 do Carapito define-se por um princípio básico e elementar: a preservação e salvaguarda de toda a estrutura dolménica, bem como as manifestações artísticas (gravuras) que lhe conferem a sua singularidade.

Partindo deste pressuposto, a preservação e salvaguarda do monumento depende inteiramente de medidas de intervenção que tenham por base a cobertura de toda a câmara dolménica, considerando ser esta a única forma de garantir a conservação das gravuras a curto, médio e longo prazo. É fundamental impedir a entrada direta de elementos climatéricos que possam desencadear fenómenos de alteração da superfície pétrea podendo levar à perda do substrato mineralógico e consequente perda de leitura dos petróglifos.

O projeto contempla soluções técnicas exequíveis por meio da reconstituição da mamoa, minimizando o contacto físico entre os novos elementos e os originais. Contempla também um sistema de drenagem de águas pluviais para diminuir a incidência dos níveis de humidade nas pedras dos esteios e um sistema de ventilação para evitar fenómenos de condensação no interior do monumento. Salienta-se ainda a valorização atribuída à acessibilidade ao monumento, quer através da requalificação do percurso pedonal, quer pela criação de um espaço de estacionamento do lado oposto da ribeira. A apresentação do património arqueológico ao grande público é um meio essencial de acesso ao conhecimento das origens e do desenvolvimento das sociedades modernas, constituindo simultaneamente, o mais importante meio para divulgar e fazer compreender a necessidade de proteger este património.

AGRADECIMENTOS

Alice Tavares agradece o apoio da Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia (FCT) no âmbito do seu programa de pós-doutoramento com a referência SFRH/BPD/113053/2015 bem como ao RISCO – Universidade de Aveiro.

Nota

Artigo completo publicado no dossier do ENCORE 2020 da *Revista Al-Madan*, n.º 23, 2020.

REFERÊNCIAS

LEISNER, Vera; RIBEIRO, Leonel, 1968 – **Die Dólmen von Carapito**. *Madrider Mitteilungen*. 9, pp. 11-62.

RIBEIRO, Leonel; LEISNER, Vera, 1968 – **Relatório dos trabalhos da missão arqueológica Leisner/Ribeiro, realizados na Beira Alta**. *Arqueologia e História*. 9.ª série, I, pp. 13-28.

SARMENTO, F. Martins, 1883 – **Expedição científica à Serra da Estrela, em 1881. Relatório da Secção de Arqueologia**. Lisboa: Sociedade de Geografia, Imprensa Nacional. Texto reimpresso in *Dispersos*. 1933, pp. 129-152. Coimbra: Imprensa da Universidade.

VASCONCELOS, José Leite de, 1919-1920 – **Coisas Velhas**. In *O Archeologo Português*. 24, pp. 215-237.

ADAPTAÇÃO DO MIMAQ COMO INSTRUMENTO DE APOIO AOS MUNICÍPIOS PARA MELHORIA DA QUALIDADE DE PROJETOS DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

ADAPTATION OF MIMAQ AS AN INSTRUMENT TO SUPPORT MUNICIPALITIES TO IMPROVE THE QUALITY OF HOUSING BUILDING REHABILITATION PROJECTS

Alana Mendonça [(1)], José Mendes da Silva [(2)], Anabela Paiva [(3)], Caroline Dominguez [(4)]

(1) Departamento de Engenharias, Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro, Observatório da Construção de TMAD, Portugal, alanasena.eng@gmail.com

(2) ADAI-LAETA, Departamento de Engenharia Civil Universidade de Coimbra, Portugal, raimundo@dec.uc.pt

(3) Departamento de Engenharias, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, C-MADE, Observatório da Construção TMAD, Portugal, apaiva@utad.pt

(4) Departamento de Engenharias, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, CETRAD, Portugal, carold@utad.pt

RESUMO

Os municípios enfrentam muitos problemas relacionados com a degradação dos edifícios e o seu enquadramento no cenário das cidades atuais. Com o crescimento populacional e o avanço tecnológico, as pessoas têm optado por residir em edifícios e zonas novas, que são capazes de atender melhor às necessidades quotidianas da população e oferecem padrões de qualidade e conforto mais elevados, do que as construções localizadas nos bairros mais antigos. Como resultado, estes bairros foram progressivamente abandonados, e os edifícios ficaram cada vez mais degradados.

É do interesse coletivo que estas construções voltem a ser habitáveis, por isso os municípios já estabeleceram medidas e criaram áreas de reabilitação urbana, para que essas zonas sejam recuperadas, sem perder a sua essência arquitetónica. Para isso, é necessário que os edifícios destas zonas sejam reabilitados, de modo a atender aos requisitos de qualidade e de conforto dos utilizadores, preservando os seus elementos construtivos.

Este trabalho descreve o processo de desenvolvimento de um instrumento de apoio aos municípios, com base na adaptação do método de avaliação da qualidade de projetos de reabilitação de edifícios, MIMAQ, de modo a simplificar a forma de avaliação do projeto, de acordo com as características do edificado tipo destas zonas. Assim sendo, analisaram-se as 655 perguntas disponibilizadas pelo MIMAQ, tendo sido selecionadas 100, dentro dos temas relacionados com os diferentes elementos construtivos e áreas técnico-científicas, para que através destas seja possível verificar a qualidade dos projetos de reabilitação.

Aplicou-se esta ficha a três casos de estudo, para testar a sua aplicabilidade, tendo-se verificado, através da análise dos resultados obtidos, que é possível inferir a qualidade dos projetos de reabilitação e verificar a conservação das características arquitetónicas e dos elementos construtivos existentes.

Palavras-chave: Qualidade/ Projetos de Reabilitação/ MIMAQ/ Instrumento de Apoio/ Municípios

1. INTRODUÇÃO

No passado, alguns países da Europa sofreram uma expansão desproporcional do setor imobiliário que resultou em edifícios mal planeados e de baixa qualidade. É o caso de Portugal, que atualmente segundo a mais recente pesquisa do Instituto Nacional de Estatística (INE), possui cerca de um milhão de edifícios a precisar de reparações, sendo que a maioria destes edifícios se encontram nos Centros Históricos, uma vez que as cidades cresceram para a periferia e a população migrou em busca de edifícios mais novos e confortáveis, resultando no abandono dos bairros antigos e na degradação do edificado (Queiroz 2007).

Dada a necessidade de reverter o cenário atual, deve-se promover medidas que incentivem a reabilitação de edifícios degradados, de forma a que após as intervenções os edifícios tenham conforto, qualidade e preservem o mais possível as características arquitetónicas do antigo edificado.

Atualmente, já existem metodologias para a avaliação da qualidade dos edifícios, destinadas à reabilitação de edifícios. Além disso, ações que visam a reabilitação já estão a ser realizadas pelas Câmaras Municipais, que estão adotando medidas de apoio e incentivos à reabilitação urbana.

No âmbito deste trabalho, foi publicado num artigo anterior intitulado "Aplicação do MIMAQ na Avaliação da Qualidade de Projetos de Reabilitação de Edifícios: Casos de Estudo", uma análise do Método para a Minimização da Má Qualidade de Projetos de Reabilitação (MIMAQ), tendo-se concluído que esta ferramenta é bastante abrangente, pode ser aplicada a diversos tipos de edifícios e materiais, e avalia aspetos pertinentes para um bom desempenho do edifício. Porém, trata-se de um método complexo e a verificação do projeto por meio de uma ferramenta simplificada só pode ser feita se o edifício tiver cércea reduzida e não apresentar anomalias muito graves (Mendonça *et al.* 2019).

Assim sendo, desenvolveu-se uma ficha de avaliação, com uma metodologia simplificada, com base nas características do edificado tipo das regiões dos Centros Históricos, de forma a que esta seja utilizada como material de apoio aos municípios, para promover a melhoria da qualidade de projetos de reabilitação de edifícios, que são submetidos a estas entidades.

Ainda, se aplicou esta ficha a alguns casos de estudo, no sentido de fazer um teste inicial da aplicabilidade desta metodologia.

2. ADAPTAÇÃO DA FERRAMENTA MIMAQ COMO INSTRUMENTO DE APOIO PARA MELHORIA DA QUALIDADE DE PROJETOS DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

2.1. Método para a Minimização da Má Qualidade de Projetos de Reabilitação (MIMAQ)

O MIMAQ é composto por 7 procedimentos, que preveem etapas desde a verificação dos projetos internos até à seleção das empresas e profissionais, passando pela elaboração e revisão dos projetos (Mouraz, 2018).

Uma vez que o objetivo principal deste trabalho é contribuir para a melhoria da qualidade dos projetos de reabilitação, alguns destes procedimentos, não serão necessários. Assim, o conteúdo dos procedimentos sequenciais 1, 2 e 3 e dos procedimentos complementares 5, 6 e 7, não serão explorados no presente artigo, uma vez que correspondem às etapas de candidatura, contratação e acreditação de equipas.

O procedimento 4 corresponde à fase de verificação do projeto, e será utilizado para avaliar a qualidade dos projetos. Existem três tipos de análises possíveis neste procedimento, que dependem do estado de conservação do edifício e da sua área (Quadro 1). Se os edifícios não se apresentarem muito degradados e possuírem uma

área construída menor que 300 m^2, será utilizado como método de avaliação a Análise Tipo I, através da ferramenta, MIMAQ, desenvolvida pelo Instituto Pedro Nunes. Caso contrário, é necessário que o projeto seja encaminhado para uma Análise Tipo II, que será realizada por equipas regionais do ID&T, acreditadas pela Fundiestamo, e em casos mais extremos dever-se-á recorrer à Análise Tipo III, onde será realizado um estudo exaustivo do projeto por entidades externas (IPN, 2017).

Quadro 1 – Processo de triagem (IPN, 2017)

Estado de conservação	**Áreas**				
	0 a 300	**300 a 1000**	**1000 a 2500**	**2500 a 5000**	**> 5000**
Muito Bom	Tipo I	Tipo I	Tipo I	Tipo II	Tipo II
Bom	Tipo I	Tipo I	Tipo I	Tipo II	Tipo II
Degradado/Habitável	Tipo I	Tipo I	Tipo II	Tipo II	Tipo III
Muito Degradado/ Não Habitável	Tipo I	Tipo II	Tipo II	Tipo II	Tipo III
Mau/Ruína	Tipo II	Tipo II	Tipo III	Tipo III	Tipo III

A ferramenta MIMAQ, que serve de apoio à Análise Tipo I, foi desenvolvida em Excel, com recurso a Macros de Visual Basic. Esta análise é desenvolvida em quatro passos, o passo inicial baseia-se no preenchimento da ficha de caracterização genérica do imóvel, o passo 2 consiste na seleção semi-aleatória das perguntas através do preenchimento da ferramenta Excel, no passo 3 as perguntas serão selecionadas de entre as 655 perguntas existentes nesta ferramenta, baseadas em 25 temas, as 50 a ser respondidas, para então, no passo 4 se realizar a síntese do resultado para prosseguimento do processo (IPN, 2017).

2.2. Elaboração da ficha

A metodologia de avaliação da ferramenta MIMAQ baseia-se nas respostas a perguntas escolhidas de forma semi-aleatória, com base nas características dos edifícios avaliados. Assim sendo, com o objetivo de criar um instrumento de apoio comum que possa ser utilizado pelos municípios, como método de apoio à avaliação da qualidade de projetos de reabilitação de edifícios, analisaram-se as 655 perguntas disponibilizadas pelo MIMAQ, de modo a selecionar as 100 perguntas, dentro dos variados temas, de acordo com as características dos imóveis a serem reabilitados nos Centros Históricos das cidades.

O primeiro passo para a seleção das perguntas, foi perceber as principais características construtivas dos edifícios a serem reabilitados. Em geral, nos edifícios antigos, as alvenarias são constituídas por pedra, as paredes interiores são de tabique, os pavimentos elevados são executados em madeira, as coberturas são inclinadas, com estrutura em madeira, os revestimentos são na sua maioria constituídos por terra e cal, e as portas e, as caixilharias das janelas são em madeira.

Após essa análise, foi possível selecionar as questões que melhor se aplicariam à tipologia dos edifícios localizados nos centros históricos. Durante a seleção, deu-se prioridade às perguntas que avaliavam a conservação dos elementos construtivos, uma vez que um dos principais objetivos deste trabalho é atestar que o edifício a reabilitar seja efetivamente reabilitado e não reconstruído. Sendo assim, na ficha de avaliação elaborada, este é o primeiro requisito avaliado, pois caso a resposta às perguntas, referentes a este requisito sejam negativas, não se deve prosseguir com a análise, uma vez que não se trata de uma intervenção de reabilitação.

Se este primeiro grupo de perguntas for respondido positivamente, segue-se para as categorias seguintes, que se baseiam nos temas: coberturas, paredes, pavimentos, vãos, revestimentos, instalações técnicas, fundações, estrutura, higrotérmica, acústica, incêndios, ventilação, iluminação natural, acessibilidades, sustentabilidade, compatibilidade de sistemas, exequibilidade em obra, custos e organização de projetos. A quantidade de perguntas para cada tema foi escolhida de acordo com a relevância que este apresenta dentro da realidade dos projetos de reabilitação de edifícios antigos, de modo a suprir as falhas e atender os objetivos deste trabalho.

Assim, tal como na ferramenta MIMAQ, esta nova ficha de avaliação é constituída por perguntas, cuja resposta é do tipo "sim" ou "não". Se as perguntas forem respondidas positivamente, quer dizer que o projeto atende os requisitos de qualidade, e pode-se dar prosseguimento ao início da obra, se respondida "não", o requisito analisado atesta uma falta de qualidade. Para os critérios respondidos negativamente, deverá ser feita uma reformulação cuidadosa do projeto para correção destas falhas. Esta análise deverá ser realizada facilmente através do projeto de reabilitação, com apresentação das suas peças escritas e desenhadas. Quando a pergunta não se aplicar, deve-se indicar com o X na coluna "Não se aplica".

No Quadro 2, é possível perceber melhor esta metodologia, assim como são apresentadas as perguntas selecionadas do MIMAQ para o tema "Iluminação Natural".

Quadro 2 – Ficha de Avaliação para o critério Iluminação Natural

	Ficha de Avaliação da Qualidade MIMAQ	**Sim**	**Não**	**Não se Aplica**
Iluminação Natural	O projeto teve em conta a valor médio do Fator de Luz do Dia ao longo do plano de trabalho, de modo a verificar a quantidade de iluminação natural em cada compartimento?			
	Se existirem aberturas orientadas a sul e forem mantidas, o projeto prevê o seu sombreamento no Verão, para maximizar o aproveitamento da luz?			
	O projeto garante os níveis de iluminação necessários à realização das atividades que se desenvolvem no interior dos espaços?			

3. CARACTERIZAÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

Foram selecionados três casos de estudo, localizados na região de Trás-os-Montes e Alto Douro, mais especificamente edifícios localizados nos Centros Históricos das cidades de Vila Real, que foram estudados detalhadamente, para posteriormente ser avaliada a qualidade dos seus projetos de reabilitação. O critério de escolha baseou-se em edifícios que se encontravam num estado de degradação avançado e passaram, ou vão passar, por algum tipo de intervenção.

O primeiro e o segundo casos de estudo, foram identificados após visitas técnicas realizadas no Centro Histórico de Vila Real, e foram escolhidos por representarem bons exemplos de reabilitação, ambos apresentavam tipologias e estado de conservação semelhantes. Já o terceiro caso de estudo, trata-se de um edifício licenciado pela Câmara Municipal de Vila Real, como obra de reabilitação urbana, que se encontrava parcialmente em ruínas e passou por uma renovação.

3.1. Primeiro Caso de Estudo

Situado no Centro Histórico de Vila Real, o primeiro caso de estudo, consiste num edifício reabilitado destinado ao setor de hotelaria (Figura 1), que se distingue pelo seu traçado arquitetónico que foi mantido intacto, unindo o antigo e o moderno. O imóvel tem mais de 300 anos e anteriormente era destinado a habitação, mas encontrando-se devoluto e em mau estado de conservação, antes da intervenção.



Figura 1 – Fachada do edifício de hotelaria. Fonte: Mendonça, A. 2019

O edifício era formado por rés-de-chão e 1 andar, com paredes exteriores em alvenaria de pedra, divisões dos espaços interiores em paredes de tabique, pavimentos de terra batida, laje de madeira e cobertura inclinada, revestida por telhas marselhas.

Antes da intervenção de reabilitação o edifício apresentava diversas patologias, como um avançado estado de degradação dos revestimentos, que apresentavam manchas de humidade, descasque de tinta e bolores. Após a reabilitação as características arquitetónicas foram deixadas intactas, sendo as alvenarias de pedra limpas e tratadas, os revestimentos refeitos, a laje de madeira reforçada com estrutura metálica e a cobertura reconstruída.

3.2. Segundo Caso de Estudo

No segundo caso de estudo, o edifício reabilitado localiza-se no Centro Histórico de Vila Real e é constituído por dois pisos que se destinam à restauração (Figura 2). O imóvel que inicialmente era exclusivamente para habitação, deu lugar, nos últimos anos, antes de ter ficado devoluto, a um edifício de comércio e serviços, mais especificamente um talho e o respetivo escritório.



Figura 2 – Fachada do edifício de restauração. Fonte: Mendonça, A. 2019

O edifício era constituído por paredes exteriores em alvenaria de pedra. As paredes interiores eram revestidas por ladrilhos cerâmicos no piso inferior. As divisões dos espaços interiores eram feitas por paredes de tabique. O pavimento térreo era constituído por ladrilhos cerâmicos, a laje do primeiro piso e a de teto eram em madeira e a cobertura inclinada, revestida por telhas marselhas.

Antes da reabilitação havia uma certa preservação dos revestimentos, apesar de existirem alguns sinais de humidade, as portas e as janelas de madeira encontravam-se envelhecidas, assim como a laje do primeiro piso. O edifício ainda apresentava problemas quanto a iluminação e não tinha instalações técnicas. Após a reabilitação, as características construtivas do edifício foram mantidas, sendo os revestimentos removidos e as paredes de pedra e tabique deixados à vista, como uma contribuição arquitetónica. Quanto à laje de madeira, foi necessário um reforço, uma vez que foi feita a inserção de uma nova escada em estrutura metálica e a cobertura, que já se encontrava bastante degradada, foi reconstruída.

3.3. Terceiro Caso de Estudo

O terceiro caso de estudo, é um edifício destinado a habitação (Figura 3), que se encontrava em mau estado de conservação e não habitável. A cobertura do edifício encontrava-se em ruína o que acelerou o processo de degradação dos elementos internos, como as paredes divisórias e os pavimentos, que eram praticamente inexistentes. As paredes eram em alvenaria de pedra com dimensões variadas, ligadas por argamassa e revestidas por uma argamassa de cimento e cal e pintura. As portas eram em madeira, bem como a caixilharia e as portadas das janelas, ainda existentes.



Figura 3 – Fachada do edifício, ainda em fase de construção. Fonte: Mendonça, A. 2019

Após a intervenção o edifício será inteiramente reconstruído, porém a fachada será reconstituída para manter a arquitetura inicial. O edifício que antes era destinado a habitação unifamiliar será transformado num edifício de habitação multifamiliar, com três andares e três apartamentos com tipologias T0 e T1. As alvenarias de pedra, exceto as das fachadas, serão substituídas por alvenaria de bloco, uma vez que as anteriores ocupavam demasiado espaço, a caixilharia exterior das portas e janelas, serão em PVC da cor madeira.

4. APLICAÇÃO DA FICHA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AOS CASOS DE ESTUDOS

Neste capítulo, pretende-se aplicar a ficha de apoio adaptada do MIMAQ aos três casos de estudo, para que através dela seja possível avaliar a qualidade dos projetos referentes a estas intervenções, ou indicar as falhas que devem ser corrigidas.

4.1. Primeiro Caso de Estudo

Através do preenchimento da ficha da avaliação foi possível concluir que, para o primeiro caso de estudo, o projeto de reabilitação procura conservar as características arquitetónicas do edifício, assim como os seus elementos construtivos, porém apresenta algumas falhas relativas aos requisitos acústicos, de sustentabilidade e organização do projeto.

Este caso de estudo obteve resposta negativa para as três perguntas destinadas à acústica, Quadro 3, isso devido ao projeto de reabilitação não mencionar nenhum condicionamento acústico, peças escritas ou desenhadas, o que demonstra uma falha quanto ao seu desenvolvimento. Quanto à sustentabilidade o projeto também apresenta falhas, não apresentando uma certificação energética ou rotulagem ambiental nos equipamentos (Quadro 4).

Quadro 3 – Aplicação da Ficha de Avaliação do requisito Acústica para o Primeiro Caso de Estudo

	Ficha de Avaliação da Qualidade	**Sim**	**Não**	**Não se Aplica**
Acústica	Existe projeto de condicionamento acústico, no mínimo com memória descritiva e justificativa, cálculos e peças desenhadas?		X	
	No caso de edifícios mistos, com locais de comércio e/ou serviços adjacentes a zonas de habitação, em que o pavimento de separação é de madeira, está previsto o seu reforço com multicamadas e sem ligação rígida entre elas?		X	
	No caso de edifícios mistos, com locais de comércio e/ou serviços adjacentes a zonas de habitação, está prevista a aplicação de revestimentos de piso no estabelecimento com elevada redução de ruídos de percussão (ex.: betonilhas flutuantes)?		X	

Quadro 4 – Aplicação da Ficha de do requisito Sustentabilidade para o Primeiro Caso de Estudo

	Ficha de Avaliação da Qualidade	**Sim**	**Não**	**Não se Aplica**
Sustentabilidade	O projeto contempla a aplicação do Sistema de Certificação Energética?		X	
	Todos os equipamentos definidos em projeto e instalados possuem rotulagem ambiental (ecolabel ou energy star) e desempenho energético A+ ou superior?		X	
	Foi prevista em projeto uma área para colocação de um contentor de recolha de resíduos de construção?	X		

Quanto à organização, o projeto apresenta as peças desenhadas, plantas e s alçados, assim como um levantamento gráfico e fotográfico do edifício antes da intervenção de reabilitação, porém, quando se trata das patologias, o projeto não as identifica nem define ações de correção, Quadro 5.

Quadro 5 – Aplicação da Ficha de Avaliação do requisito Organização do Projeto para o Primeiro Caso de Estudo

	Ficha de Avaliação da Qualidade	Sim	Não	Não se Aplica
Organização do projeto	Estão identificados em projeto os espaços, elementos construtivos e materiais originais com valor arquitetónico e está prevista a preservação através de intervenções mínimas e pouco intrusivas?	X		
	Estão detalhadas nas peças desenhadas e a escala adequada (ex.: 1:10; 1:20) as principais ligações entre elementos construtivos?	X		
	Se o edifício apresentar patologias, o projeto tem desenhos de levantamento com a sua localização e representação (ex.: plantas, cortes e alçados) e define as ações a levar a cabo para a sua correção?		X	
	O levantamento gráfico do edifício existente está completo com desenhos de todos os pisos, plantas, alçados e pelo menos dois cortes (ex.: um longitudinal e um transversal, sendo um deles obrigatoriamente pelas escadas, quando existam)?	X		
	No levantamento gráfico do edifício existente, compreende-se, ainda que de forma esquemática, o sistema construtivo da pré-existência (ex.: sistema de composição dos pavimentos, paredes e coberturas)?	X		
	Existe um levantamento fotográfico do edifício com imagens de todos os seus pontos gerais e singulares e dos edifícios adjacentes (ex.: fachadas, espaços interiores, varandas, lanternins, mansardas, caixilharia, ornamentos)?	X		

Conclui-se que, através da análise da ficha de avaliação da qualidade, que existem falhas no projeto, apesar de a maioria das perguntas terem sido respondidas positivamente. Este projeto deveria ter sido reformulado, por forma a corrigir as falhas correspondentes às perguntas respondidas negativamente assim obter uma melhor qualidade.

4.2. Segundo Caso de Estudo

Assim como no primeiro caso, após o preenchimento da ficha da avaliação, para o segundo caso de estudo, foi possível concluir que o projeto de reabilitação conserva a arquitetura do edifício, sendo que todos os seus elementos construtivos foram mantidos e reabilitados, porém, foi possível observar algumas falhas quando se trata dos requisitos da estrutura, sustentabilidade e organização do projeto.

Quanto à sustentabilidade, o projeto de reabilitação apresenta os mesmos problemas do Primeiro Caso de Estudo, uma vez que não apresenta uma certificação energética ou rotulagem ambiental nos equipamentos. Já quanto ao requisito estrutura, o projeto viola alguns regulamentos, uma vez que o edifício que já foi de uso misto, destinado a comércio no primeiro piso e habitação no segundo piso, hoje em dia é destinado apenas a serviços, tendo uma mudança de uso, porém, sem nenhuma informação sofre a mudança de cargas no edifício (Quadro 6).

Quadro 6 – Aplicação da Ficha de Avaliação do requisito Estrutura para o Segundo Caso de Estudo

	Ficha de Avaliação da Qualidade	Sim	Não	Não se Aplica
Estrutura	No caso de o edifício apresentar estrutura de madeira ou elementos construtivos deste material, estão previstas medidas que assegurem a durabilidade e preservação das madeiras contra agentes biológicos?	X		
	No caso de a nova solução estrutural diferir significativamente da original, foi verificado o eventual acréscimo de carga nos elementos originais mantidos?		X	
	Todos os planos estruturais estão travados contra deslocamentos fora do seu plano?	X		
	As cargas associadas à nova solução são semelhantes às originais?		X	
	Se o edifício tiver suportes em mau estado de conservação, estão previstas soluções de substituição compatíveis com as originais em termos funcionais, físico-químicos e visuais (ex.: constituição, textura e cores similares)?	X		
	No caso de estar previsto o acrescento ou eliminação de pisos, foi devidamente avaliado o seu impacto no funcionamento estrutural do edifício (ex.: cálculo das ações; cálculo das sobrecargas; cálculo dos novos caminhos de cargas)?			X

O requisito organização é onde o projeto de reabilitação do edifício apresenta mais falhas, uma vez que as peças desenhadas são vagas e pouco detalhadas, compostas apenas pelas plantas, sem a ilustração dos elementos conservados ou a identificação e medidas de correção das patologias (Quadro 7).

Quadro 7 – Aplicação da Ficha de Avaliação ao requisito Organização do Projeto para o Segundo Caso de Estudo

	Ficha de Avaliação da Qualidade	Sim	Não	Não se Aplica
Organização do projeto	Estão identificados em projeto os espaços, elementos construtivos e materiais originais com valor arquitetónico e está prevista a preservação através de intervenções mínimas e pouco intrusivas?		X	
	Estão detalhadas nas peças desenhadas e a escala adequada (ex.: 1:10; 1:20) as principais ligações entre elementos construtivos?		X	
	Se o edifício apresentar patologias, o projeto tem desenhos de levantamento com a sua localização e representação (ex.: plantas, cortes e alçados) e define as ações a levar a cabo para a sua correção?		X	
	O levantamento gráfico do edifício existente está completo com desenhos de todos os pisos, plantas, alçados e pelo menos dois cortes (ex.: um longitudinal e um transversal, sendo um deles obrigatoriamente pelas escadas, quando existam)?		X	
	No levantamento gráfico do edifício existente, compreende-se, ainda que de forma esquemática, o sistema construtivo da pré-existência (ex.: sistema de composição dos pavimentos, paredes e coberturas)?		X	
	Existe um levantamento fotográfico do edifício com imagens de todos os seus pontos gerais e singulares e dos edifícios adjacentes (ex.: fachadas, espaços interiores, varandas, lanternins, mansardas, caixilharia, ornamentos)?	X		

Após a avaliação, pode-se concluir que a falta de qualidade do projeto pode ser atestada devido a ausência de

informações essenciais para determinação da mesma. Sendo assim, devia ter sido elaborado um projeto mais detalhado e ter sido realizada uma nova avaliação.

4.3. Terceiro Caso de Estudo

Para o terceiro caso de estudo, após o preenchimento da primeira categoria (Quadro 8), que se trata da conservação dos elementos construtivos, notou-se que, com a maioria das perguntas respondidas negativamente, o projeto em questão não pretende preservar os seus elementos, e sim reconstrui-los, preservando unicamente as características arquitetónicas da fachada principal.

Assim sendo, de acordo com a metodologia desenvolvida neste trabalho, conclui-se que não haverá uma intervenção de reabilitação, e sim, a reconstrução total do edificado com a recomposição da fachada. Logo, uma vez que esta ficha de qualidade foi desenvolvida para projetos de reabilitação, e como de facto não vai haver reabilitação, as perguntas seguintes não precisam de ser respondidas.

Apesar do edifício se encontrar num estado de degradação avançado, onde seria necessária a reconstrução de alguns elementos, havia elementos construtivos que poderiam ser reabilitados ou repostos, que não foram considerados em projeto, mas sim substituídos por novas soluções, retirando a essência do edifício.

Quadro 8 – Aplicação da Ficha de Avaliação ao Terceiro Caso de Estudo

	Ficha de Avaliação da Qualidade	**Sim**	**Não**	**Não se Aplica**
Conservação dos elementos construtivos	Foi mantida a cércea do edifício?		X	
	A alteração da cércea no processo de reabilitação do edifício procurou uma continuidade do desenvolvimento morfológico local e uma adequação à cércea dominante dos edifícios da envolvente próxima?	X		
	Os materiais originais das fachadas do edifício foram preservados ou, em situações em que se imponha, repostos?	X		
	Foi mantido, reposto ou reintegrado o sistema estrutural original do edifício?		X	
	Foram mantidas, repostas ou reintegradas as estruturas dos pavimentos existentes no edifício?		X	
	Foi mantida, reposta ou reintegrada a estrutura do telhado existente no edifício?	X		
	No projeto, a altura das divisões interiores (pé direito) do edifício original foi mantida?		X	
	Na proposta foi mantido o sistema construtivo das paredes interiores existentes?		X	
	Na proposta foram preservados os tetos existentes e respetivas estruturas do edifício a reabilitar?		X	
	Na proposta foi preservado o material das caixilharias existentes?		X	
	Na proposta foi preservado o desenho das portas interiores existentes?	X		
	Na proposta foi preservado o material das portas interiores existentes?		X	
	Na proposta foi mantida a coerência formal e estrutural da caixa de escadas e a sua integração funcional com o edifício?		X	
	Se o edifício não apresentar patologias graves que comprometam o seu desempenho estrutural, foi considerado o reaproveitamento da estrutura principal?		X	

5. CONCLUSÕES

A preocupação com a qualidade das construções é crescente, seja referente aos materiais utilizados, às técnicas construtivas, ou ao impacto que estas terão no meio ambiente. Neste sentido, procurou-se através da adaptação da ferramenta MIMAQ, desenvolver uma ficha de avaliação da qualidade dos projetos de reabilitação de edifícios, para de uma maneira mais simplificada, promover boas práticas de reabilitação e proporcionar aos utilizadores edifícios reabilitados que proporcionem conforto e segurança.

Foram selecionadas 100 perguntas, a partir do banco de dados do MIMAQ, dentro de variados temas, onde em primeiro lugar está a conservação dos elementos construtivos, uma vez que foi notado que se trata de uma problemática nas intervenções de reabilitação no Centros Históricos.

Aplicou-se esta ficha a três casos de estudo, onde para o primeiro caso, foi atestada a necessidade da correção ligeira de algumas falhas, para que a qualidade do projeto fosse verificada. Para o Segundo Caso de Estudo, a analise obteve um resultado negativo devido à falta de informação e detalhe do projeto. Para o terceiro caso, concluiu-se que o projeto de reabilitação não previa a conservação das características arquitetónicas, e por isso, não havia a necessidade de continuar o procedimento, uma vez que se tratava da reconstrução de um edifício e não da sua reabilitação.

Pretende-se que esta ficha de avaliação seja utilizada como material de apoio aos municípios da região, para determinar a qualidade dos projetos de reabilitação que são submetidos, uma vez que os resultados mostraram que existe a necessidade de interferência do Estado para que as intervenções de reabilitação tenham qualidade. Apesar dos municípios já promoverem medidas e campanhas de reabilitação, ainda é preciso uma maior fiscalização para que seja feita a correta aplicação dos regulamentos, para que a reabilitação, propiamente dita, comece a ser de facto realizada, de forma a que estes edifícios ofereçam conforto, mas ao mesmo tempo, preservem a sua herança arquitetónica, trazendo de volta a vida aos bairros antigos.

REFERÊNCIAS

INE, 2013 – **Reabilitação do parque habitacional.**
https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=157040557&DESTAQUESmodo=2. Acedido em: 18/02/2019.

IPN, 2017 – **Estudo relativo à minimização do risco de má qualidade nos projetos de reabilitação**. Coimbra: IPN.

MENDONÇA, Alana, 2019 – **Melhoria da qualidade de projetos de reabilitação de edifícios de habitação**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Vila Real: Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro.

MENDONÇA, Alana; PAIVA, Anabela; DOMINGUEZ, Caroline; MENDES DA SILVA, José, 2020 – **Aplicação do MIMAQ na avaliação da qualidade de projetos de reabilitação de edifícios: casos de estudo**. V Congresso Internacional na "Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios" – CIRMARE 2020. 14 a 16 de abril de 2020. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia da UFRJ (aceite para publicação).

MOURAZ, Catarina Pinto, 2018 – **Métodos de avaliação expedita da qualidade de projetos de reabilitação**. Dissertação de Mestrado em Reabilitação de Edifícios. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia/Universidade de Coimbra.

QUEIRÓS, Filipa, 2007 – **Reabilitação de centros históricos**. Dissertação de Mestrado. Coimbra: Faculdade de Economia/Universidade de Coimbra.

CONDICIONANTES DA SELEÇÃO DE SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO ESTRUTURAL E FUNCIONAL DE EDIFÍCIOS DE VALOR PATRIMONIAL – PONDERAÇÃO DAS NECESSIDADES RELATIVAS AOS REQUISITOS BÁSICOS DOS EDIFÍCIOS

CONSTRAINTS OF THE SELECTION OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL REHABILITATION SOLUTIONS OF BUILDINGS OF PATRIMONIAL VALUE – CONSIDERATION OF THE NEEDS RELATED TO THE BASIC REQUIREMENTS OF THE BUILDINGS

José Miranda Dias [(1)], António José Santos [(1)], Armando dos Santos Pinto [(1)], António Leça Coelho [(1)], Jorge Patrício [(1)], Luís Matias [(1)], Manuel Camacho Baião [(1)]

(1) LNEC, Portugal, mirandadias@lnec.pt; asantos@lnec.pt; apinto@lnec.pt; alcoelho@lnec.pt; jpatricio@lnec.pt; lmatias@lnec.pt; mbaiao@lnec.pt

RESUMO

Os edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado, construídos, em geral, a partir do final da segunda década do século XX, necessitam, em alguns casos, de intervenções corretivas, face a problemas originados, sobretudo, pela degradação dos elementos constituintes ou pela alteração do tipo de utilização associada, frequentemente, a novas necessidades de segurança, de conforto térmico e acústico, e de eficiência energética. Por outro lado, a seleção de soluções de reabilitação de paredes de alvenaria e elementos de betão armado de edifícios existentes de valor patrimonial, depara-se com dificuldades, face aos requisitos básicos a considerar e ao que é exigido no atual enquadramento legal. Constata-se, ainda, que é uma tarefa que exige multidisciplinaridade e soluções de compromisso.

Pretende-se neste artigo analisar as intervenções de reabilitação estrutural e funcional dos edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado, face à degradação dos respetivos elementos construtivos e à necessidade de se garantirem níveis funcionais adequados. Para tal, visa-se identificar os principais fatores condicionantes a considerar na seleção das soluções de reabilitação desse património, tendo em vista a satisfação das necessidades decorrentes das atuais exigências de utilização e segurança. As soluções mais adequadas para dar resposta a cada uma dessas exigências podem não ser compatíveis entre si, pelo que se procura estudar soluções globais que resultem de um compromisso entre as diferentes exigências. Saliente-se o contexto particular de deficiente resistência sísmica de alguns dos edifícios de valor patrimonial, nos quais é crucial que sejam objeto de ações de reabilitação que visem melhorar a resistência sísmica. Em simultâneo, importa, ainda, incrementar os níveis de segurança contra incêndio e de conforto térmico e acústico, e a eficiência energética, bem como as condições de sustentabilidade da construção.

Palavras-chave: Reabilitação Funcional e Estrutural / Paredes de Alvenaria / Betão Armado / Património

1 INTRODUÇÃO

Os edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado, construídos, em geral, a partir do final da segunda década do século XX, necessitam, em alguns casos, de intervenções corretivas, face a problemas originados, sobretudo, pela degradação dos elementos constituintes ou pela alteração do tipo de utilização associada, frequentemente, a novas necessidades de segurança, de conforto térmico e acústico, e de eficiência energética. Por outro lado, a seleção de soluções de reabilitação de paredes de alvenaria e de elementos de betão armado, de edifícios existentes de valor patrimonial, depara-se com dificuldades, face aos requisitos básicos a considerar, e ao que é exigido no atual enquadramento legal. Constata-se, ainda, que é uma tarefa que exige multidisciplinaridade e soluções de compromisso.

Pretende-se neste artigo analisar as intervenções de reabilitação estrutural e funcional dos edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado (consideram-se como tal, os edifícios de betão armado classificados como património de interesse cultural (ex.: Pavilhão de Portugal no Parque das Nações, em Lisboa) e os edifícios de betão armado que, embora não enquadrados nessa classificação, têm valor cultural, histórico ou utilidade pública (Dias *et al.*, 2018) - doravante designados de edifícios EVPba), face à degradação dos respetivos elementos construtivos e à necessidade de se garantirem níveis funcionais adequados. Para tal, visa-se identificar os principais fatores condicionantes a considerar na seleção das soluções de reabilitação desse património, tendo em vista a satisfação das necessidades decorrentes das atuais exigências de utilização e segurança. Apesar da análise ser especialmente centrada em paredes de alvenaria e em elementos de betão armado, há aspetos importantes relativos a outros elementos primários da construção, pavimentos e coberturas, que interferem, significativamente, com as especialidades de análise funcional e que poderão também ser abordados.

2 QUESTÕES PRÉVIAS A CONSIDERAR NO PROCESSO DE SELEÇÃO DAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO

Na seleção das soluções relativas à reabilitação dos principais elementos construtivos, em particular dos que constituem a envolvente exterior de edifícios EVPba, importa estudar os principais fatores condicionantes do desempenho funcional dos edifícios EVPba, considerando os diversos tipos de edifícios agrupados de acordo com a similaridade das suas características, em temos da sua relevância e das diferentes funções requeridas. A normalização europeia e a regulamentação nacional aplicável, em alguns aspetos, estabelecem exigências, no que respeita aos requisitos básicos (no Regulamento dos Produtos da Construção (RPC) estão previstos sete requisitos básicos das obras de construção), que podem ser diferenciadas para os diversos tipos de edifícios EVPba. No âmbito das ações de melhoria do desempenho dos edifícios (reparação/reabilitação), interessa estudar as caraterísticas do comportamento relacionadas com os principais aspetos condicionantes do desempenho global dos referidos edifícios de "valor patrimonial", em particular das suas paredes e elementos confinantes, relativamente aos diferentes requisitos básicos das obras de construção e a outras exigências funcionais.

3 METODOLOGIA GERAL DE DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS DE ESCOLHA DAS SOLUÇÕES DE INTERVENÇÃO

Pretende-se aqui focar, em especial, a escolha de soluções de desempenho adequado e duráveis para a conservação e reabilitação de edifícios EVPba. Os procedimentos de seleção relativos à conservação e reabilitação de paredes de edifícios EVPba, geralmente, estão associados a critérios de escolha, os quais devem ser tidos em conta a fim de se obter uma solução otimizada e satisfatória; daí decorre a necessidade de se

racionalizar o processo de escolha, considerando os objetivos mais relevantes a atingir e procurando atender aos aspetos subjetivos que se associam ao processo de seleção, de forma a proceder a uma adequada definição das principais prioridades.

4 PRINCIPAIS TIPOS DE SOLUÇÕES DE INTERVENÇÃO

4.1 Considerações iniciais

As soluções de reabilitação visam, em grande parte dos casos, melhorar os principais aspetos funcionais dos edifícios, sendo concebível, em função da maior ênfase que é dado a alguns desses aspetos funcionais, classificar o tipo de reabilitação em causa nos seguintes tipos principais de reabilitação; reabilitação estrutural, reabilitação relativa à segurança contra incêndios; reabilitação acústica, reabilitação térmica/energética. Porém, as soluções que tenham carácter global, com integração de diversas valências de estudo, podem resultar da combinação ponderada dos tipos de reabilitação atrás referidos a que se juntam outros aspetos a melhorar, tais como a sustentabilidade das construções.

De seguida, apresentam-se os tipos principais de reabilitação (reabilitação estrutural, reabilitação relativa à segurança contra incêndios; reabilitação acústica, reabilitação térmica/energética), procurando-se definir os correspondentes critérios de análise da escolha de soluções corretivas. Considerando a diversidade de situações e de soluções, torna-se impraticável abordá-las todas neste trabalho, pelo que se optou por uma análise mais pormenorizada das soluções para paredes, em detrimento de coberturas e pavimentos.

4.2 Reabilitação Estrutural/Sísmica (Resistência mecânica e estabilidade [RBC1])

4.2.1 Condicionantes gerais

O imperativo de preservação da importância cultural, histórica ou utilidade pública dos edifícios EVPba pode condicionar a tecnologia a utilizar na sua reabilitação estrutural, mas a satisfação do requisito básico relativo à resistência mecânica e estabilidade da construção (RBC1) deve ser garantida de acordo com a regulamentação nacional aplicável, Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de junho, que estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios. A reabilitação estrutural pode traduzir-se na implementação de uma intervenção graduada entre uma reabilitação ligeira, em que a estrutura é mantida e sujeita a intervenção de conservação ou de reparação simples, e uma reabilitação profunda, em que a estrutura é sujeita a uma intervenção que visa a adaptação do edifício a uma nova utilização ou a uma utilização em que as ações a considerar não foram previstas ou adequadamente previstas originalmente.

4.2.2 Reparação e reforço estrutural

Em geral, qualquer intervenção de reparação ou de reforço de uma estrutura tem por fim a correção de uma deficiência estrutural. A reparação consiste numa intervenção em que, partindo de uma situação de anomalia construtiva (p.e., de corrosão de armaduras) se procura repor a resistência estrutural original. O reforço consiste numa intervenção em que se procura aumentar a resistência original com vista a adequar a estrutura a novas ações que não foram consideradas na conceção/construção original da estrutura. Não é possível enumerar neste artigo todas as soluções possíveis de reparação ou de reforço de estruturas. Em cada caso concreto as soluções a adotar têm de ter em conta os condicionamentos técnico-económicos e socioculturais relevantes que se colocam. Por exemplo, para os casos de corrosão de armaduras que em geral se colocam neste tipo de estruturas, a Norma NP EN 1504, relativa aos produtos e sistemas para a proteção e reparação de estruturas de betão, apresenta aspetos relevantes a considerar na solução de reparação a implementar, designadamente: determinação dos objetivos a atingir; escolha de princípios e métodos de reparação e proteção apropriados;

definição dos requisitos mínimos dos materiais e sistemas; especificação do processo de manutenção que deve proceder a intervenção de reparação.

4.2.3 Reforço sísmico

Em geral, os edifícios que não foram dimensionados de acordo com critérios regulamentares, nos quais se incluem, nomeadamente, os edifícios anteriores a meados do século XX, apresentam uma vulnerabilidade sísmica elevada que justifica a implementação de ações corretivas de reforço sísmico.

O caso, por exemplo, da existência de irregularidade em altura associada a um piso vazado no edifício, que se traduz em assimetria de rigidez no edifício ou na verificação de um mecanismo de piso "flexível"/soft-storey, é um fator de agravamento da vulnerabilidade sísmica do edifício que pode justificar uma ação corretiva que inclua a adoção de soluções de reforço como o encamisamento de pilares com betão armado; a adição de paredes resistentes de betão armado, ou adição de contraventamentos metálicos, eventualmente com dispositivo de dissipação de energia. A solução a adotar no caso de edifícios com valor patrimonial deverá, no entanto, contemplar a satisfação dos condicionamentos socioculturais e de funcionamento dos edifícios que se colocam em cada caso concreto.

4.3 Reabilitação relativa às condições de segurança contra incêndio (Segurança contra incêndio [RBC2])

4.3.1 Condicionantes gerais

Atualmente a verificação da segurança contra incêndio dos edifícios deve ter em conta as exigências regulamentares nacionais e europeias aplicáveis, nomeadamente no que se refere ao dimensionamento ou verificação das paredes à ação incêndio; no que se refere à regulamentação nacional, a verificação da segurança em caso de incêndio do edifício deve ser feita de acordo com o Regime Jurídico de Segurança contra Incêndios em Edifícios (SCIE – Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de novembro, revisto pelo Decreto-Lei n.º 224/2015 de 9 de outubro, pelo Decreto-Lei n.º 95/2019 de 18 de julho e pela Lei n.º 123/2019 de 18 de outubro); o Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios, o qual estabelece as condições técnicas gerais e específicas do SCIE (Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro, revista pela Portaria n.º 135/2020, de 2020-06-02); e o Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho, o qual estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas, e se definem os princípios fundamentais que todas as operações de reabilitação devem cumprir. Saliente-se que o Decreto-Lei n.º 220/2008, na sua primeira revisão (Decreto-Lei n.º 224/2015), previa a possibilidade de se aplicarem, às intervenções em edifícios existentes, métodos de verificação de segurança ao incêndio alternativos e não prescritivos. O Decreto-Lei n.º 95/2019 veio clarificar e densificar as situações em que é possível recorrer à aplicação desses métodos. Para o efeito, alterou o artigo 14.º-A do Decreto-Lei n.º 220/2008, estabelecendo que:

- Pode ser dispensada a aplicação de algumas disposições da regulamentação de segurança ao incêndio quando a sua aplicação seja manifestamente desproporcionada, ao abrigo dos princípios previstos no Decreto-Lei n.º 95/2019, mediante decisão da entidade competente para a apreciação do projeto de segurança contra incêndio em edifícios;
- Cabe ao projetista determinar as medidas de segurança contra incêndio a implementar no edifício, com fundamentação adequada na memória descritiva do projeto de segurança contra incêndio, recorrendo a métodos de análise das condições de segurança contra incêndio ou métodos de análise de risco, reconhecidos pela ANEPC ou por método a publicar pelo LNEC.

Nesse contexto foi publicado o método ARICA:2019 – Método de avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes, nos termos do estabelecido no artigo 14.º-A do Decreto-Lei 220/2008, na redação conferida pelo

Decreto-Lei n.º 95/2019. No âmbito da seleção das soluções de conservação e reabilitação, relativamente à segurança contra incêndios e na linha das condicionantes expressas no método ARICA:2019, salienta-se que, na fase de elaboração do projeto de reabilitação, sejam propostas alterações para retificar as anomalias, que podem motivar a deflagração de um incêndio, previamente identificadas, por inspeção visual (quer as que eventualmente afetem as instalações técnicas quer outro tipo de anomalias), numa determinada zona do edifício. O ARICA:2019 quantifica os incumprimentos regulamentares, nomeadamente no que se refere às paredes, quer em matéria de revestimento quer relativamente às funções que essas paredes devem desempenhar, de acordo com o exigido na regulamentação.

4.3.2 Soluções de melhoria das condições de segurança contra incêndio

A melhoria das condições de segurança contra incêndios nos edifícios EVPba sujeitos a operações de renovação, para aproximação ao nível de exigências atuais, passa, em particular, por se corrigirem as situações em que, face à utilização prevista, se detetaram classificações inadequadas da reação ao fogo dos materiais existentes e da resistência ao fogo de elementos de construção existentes (com função exclusiva de suporte, de suporte e compartimentação ou, somente de compartimentação), segundo as normas europeias (normas do CEN).

a) Revestimento das paredes

É conhecida a dificuldade de, em determinadas operações de reabilitação, se conseguir respeitar as exigências regulamentares, em matéria de qualificação de reação ao fogo dos materiais de revestimento das paredes. Procurando minimizar essas dificuldades, o ARICA:2019 permite que a classe de reação ao fogo dos materiais possa não ser a exigida na regulamentação, definindo materiais "não-regulamentares admissíveis", isto é, materiais que têm uma classe de reação ao fogo inferior à que é exigida na regulamentação, mas cuja aplicação é permitida, embora resultando dessa aplicação uma penalização. No caso das paredes o fator que quantifica essa penalização tem o valor de 0,75. Após a intervenção, não podem existir, na área que foi intervencionada, materiais de revestimento de paredes e tetos não-regulamentares, exceto no caso de uma intervenção-tipo 4, mas neste caso o projetista terá de justificar esse incumprimento, que pode não ser aceite pelo licenciador.

b) A resistência ao fogo das paredes

A regulamentação de segurança ao incêndio exige que os elementos da construção, em particular as paredes, desempenhem determinadas funções (R, E, EI ou REI) que dependem de fatores diversos.

O ARICA:2019 admite que na intervenção possam existir elementos da compartimentação com um escalão de tempo (expresso em minutos) inferior ao exigido na regulamentação. Quando os elementos em causa têm um escalão de tempo inferior ao exigido pela regulamentação, considera-se que esse incumprimento é mais grave quando os escalões em causa são baixos, isto é, o método penaliza, através do fator parcial relativo ao isolamento e proteção do local de risco (F_{IPLR}), mais as situações em que o incumprimento ocorre com elementos para os quais a regulamentação exige um escalão de tempo relativamente baixo, de acordo com a seguinte equação:

$$F_{IPLR} = \frac{1}{1 + \left[\left(0{,}0087 \times \left(\frac{ET_{REG} - ET_{EXIST}}{ET_{REG}}\right) + \frac{0{,}05}{ET_{REG}}\right)\right] \times 100} \quad (1)$$

em que:

ET_{REG} – Escalão de tempo exigido na regulamentação;

ET_{EXIST} – Escalão de tempo do elemento mais condicionante (i.e., daquele que tem o menor escalão de tempo).

Assim, por exemplo, considerando dois elementos da construção designados por X e Y, para os quais a regulamentação exige, respetivamente, a qualificação REI 30 e REI 240, se o elemento X tiver a qualificação

REI 15 e o elemento Y a qualificação REI 180, o F_{IP} será, respetivamente, 0,62 e 0,81.

Apesar da diferença de escalões no caso do elemento X ser somente de 15 minutos, enquanto para o elemento Y é de 60 minutos, a "penalização" pelo incumprimento é bastante superior para o elemento X. Percebe-se, facilmente, que quando o escalão de tempo exigido é elevado, um incumprimento irá ter, naturalmente consequências, mas serão menos gravosas pois o combate ao incêndio por parte dos bombeiros ocorre bastante antes de se atingirem esses escalões e, portanto, na generalidade dos casos o incêndio já está controlado e as temperaturas a que os elementos ficam sujeitos são menos intensas.

Porém, após a intervenção, não podem existir elementos nos locais de risco que desempenhem menos funções que o exigido na regulamentação (*i.e.*, suporte de cargas – R, isolamento térmico – I, estanquidade – E, e dispositivos de fecho que reconduzam automaticamente as portas, por meios mecânicos, à posição fechada – C), exceto no caso de uma intervenção-tipo 4, mas neste caso o projetista terá de justificar esse incumprimento, que pode não ser aceite pelo licenciador.

4.4 Reabilitação relativa às condições de salubridade (Higiene, saúde e ambiente [RBC3])

No que se refere a este requisito de higiene, saúde e ambiente, as caraterísticas relevantes que interessam para a melhoria do desempenho do edifício EVPba estão relacionadas com o risco de infiltração de água da chuva e de ocorrência de manchas de humidade nos paramentos interiores, de fenómenos de condensação superficial ou condensação interna, de formação de bolores e de criação de deficientes condições de ambiente interior nos edifícios. Interessa ainda corrigir as situações de incumprimento da legislação europeia e nacional relativa a substâncias perigosas nos materiais constituintes dos elementos e componentes dos edifícios EVPba.

4.5 Reabilitação relativa às condições de segurança e acessibilidade na utilização (Segurança e acessibilidade na utilização [RBC4])

Relativamente a este requisito básico de segurança e acessibilidade na utilização dos edifícios EVPba, as respetivas soluções de reparação e reabilitação devem visar corrigir as situações que envolvam riscos inaceitáveis de acidentes ou danos durante a sua utilização e funcionamento, como, por exemplo, escorregamento, queda, colisão, queimadura, eletrocussão e lesões provocadas por explosão e roubo; bem como as situações em que não se tenham devidamente em conta a acessibilidade e a utilização por pessoas com deficiência.

4.6 Reabilitação acústica (Proteção contra o ruído [RBC5])

4.6.1 Condicionantes gerais

As condicionantes mais relevantes em termos de implementação de soluções de reabilitação que favoreçam um melhor desempenho acústico deste tipo de edificado, assentam fundamentalmente na necessidade de se manterem, por questões de natureza arquitetónica ou de identidade patrimonial, soluções que por si só não podem cumprir determinadas exigências de conforto acústico exigidas pela sociedade, pelos utilizadores, ou mesmo pelo próprio mercado. Encontram-se neste âmbito a preservação da memória histórica do edifício, em que não se permite, por exemplo, a substituição de antigas janelas de madeira com trabalhados artísticos por outras mais atuais e com melhor desempenho, ou a substituição de pavimentos interiores (também comummente em madeira) por elementos separadores verticais de betão armado. Note-se que, neste último caso, a substituição de soluções de madeira por betão armado, pode ter interferência no comportamento do edifício à solicitação sísmica, dado tornar o edifício mais rígido, não se podendo, pois, fazer este tipo de substituições *a la carte* sem uma análise cuidada. No entanto, fora este aspeto muito particular, na maior parte dos casos, as condicionantes impostas relativamente a reforço acústico são mais do tipo arquitetónico/estético do que de outra natureza.

4.6.2 Reforço do isolamento das fachadas/janelas

Neste tipo de edifícios – valor patrimonial –, o reforço do isolamento das fachadas é normalmente conseguido com a substituição das janelas existentes, por outras de melhor desempenho, existentes no mercado, ou então pelo uso de uma dupla janela, a qual pode ser concebida para ser colocada interiormente a fim de não prejudicar a estética exterior do edifício, ou então se tal não for impedimento aplicada pelo exterior. A utilização de janelas de vidro (duplo ou triplo) aumenta o isolamento sonoro na maior parte das frequências. Todavia, este aumento é dependente da separação entre os diferentes panos de vidro. Em relação a este aspeto, convém referir que, para obviar o efeito da perda de isolamento de uma janela por fenómeno de coincidência, se devem utilizar panos de vidro com espessura diferente. Este fenómeno é devido a ressonâncias para as quais a rigidez de flexão é determinante. Por exemplo, o vidro duplo utilizado somente para efeitos de isolamento térmico, pode não ser eficaz do ponto de vista acústico, se o espaçamento entre os panos for reduzido e os vidros tiverem a mesma rigidez de flexão. Note-se que se os panos individuais tiverem a mesma espessura, mas um for laminado e outro não, as rigidezes de flexão são diferentes e este fenómeno de não melhoria já não ocorre.

4.6.3 Reforço do isolamento dos espaços interiores

No que se relaciona com os espaços interiores, convirá primeiro referir que a legislação nacional em matéria de acústica da edificação contempla a tipificação de edifícios, em função das exigências funcionais associadas, para os quais os requisitos acústicos exigíveis em termos de isolamento a sons aéreos, paredes, ou aéreos e de percussão, pavimentos, têm naturalmente enquadramentos diferentes. Relativamente a paredes, as soluções de reforço (caso não haja opção pela substituição integral) terão que assentar fundamentalmente na introdução de pano adicional, normalmente aligeirado, em aglomerado de madeira ou gesso cartonado, com colocação de material absorvente sonoro na caixa-de-ar criada, devendo-se providenciar que as ligações entre esses panos (o existente e o novo) sejam o mais resilientes possível para obviar a transmissão sonora por via marginal. Já no que concerne aos pavimentos, a correspondente abordagem de reforço é feita na seção seguinte.

4.6.4 Reforço do isolamento dos pavimentos

Em relação a estes elementos de compartimentação vertical, e tendo em conta o referido nas condicionantes gerais, o reforço do isolamento a sons aéreos terá que assentar fundamentalmente na colocação de teto falso com material absorvente sonoro na caixa-de-ar assim definida, e suspenso da estrutura base por elementos elásticos, por forma a minorar a transmissão marginal. Muitas vezes, em situações em que há constrangimentos de pé-direito, e as soluções construtivas existentes sejam em pavimentos de madeira e teto de estafe, pode-se optar por retirar esse mesmo teto e colocar no intervalo entre os barrotes do pavimento de madeira, um material absorvente, voltando a repor o teto de estafe referido. No que concerne aos sons de percussão, as soluções a preconizar integram-se fundamentalmente na substituição do revestimento de piso existente por outro com melhor desempenho acústico. Por exemplo, para o caso dos pavimentos em madeira, poderá ser aplicado um revestimento tipo flutuante sobre o tabuado existente de modo a cumprir as exigências legais aplicáveis ao caso, ou à verificação de objetivos programáticos definidos. Note-se que o reforço do isolamento dos pavimentos a sons aéreos, não deixa também de contribuir para uma base de reforço acústico relativamente aos sons de impacto.

4.6.5 Melhoria da absorção sonora

Para efeitos de melhoria das condições de reverberação de espaços específicos, normalmente salas de reunião ou átrios de espera, visando uma melhor inteligibilidade e definição das mensagens transmitidas nesses espaços, deve-se proporcionar absorção sonora, normalmente para a gama das frequências médias e altas do espetro de interesse. Esta absorção sonora pode ser conseguida recorrendo a vários tipos de soluções existentes no

mercado, como sejam os painéis absorventes sonoros (perfurados e com material absorvente no tardoz), alcatifas, reposteiros, cortinados, etc. Anote-se que esta absorção sonora deve estar uniformemente distribuída nos compartimentos por forma a minimizar focalizações sonoras ou minorar a não uniformidade dos campos estabelecidos.

4.7 Reabilitação térmica/energética (Economia de energia e isolamento térmico [RBC6])

4.7.1 Condicionantes gerais

Na reabilitação térmica/energética dos edifícios EVPba existentes, em geral, as opções principais relativamente à implementação de medidas que atuem de forma isolada ou em conjunto, destinadas, essencialmente, à reabilitação térmica da envolvente do edifício, são as que a seguir se referem:

- Reforço térmico das zonas opacas;
- Reforço das caraterísticas de desempenho dos vãos envidraçados;
- Utilização de sistemas de climatização ativos.

Importa caraterizar previamente as características do desempenho térmico/energético do edifício existente e, com base nas deficiências detetadas, escolher as soluções de reabilitação térmica/energética, atendendo às exigências regulamentares em vigor e de acordo com os objetivos prioritários pré-definidos.

4.7.2 Envolvente exterior do edifício

O objetivo do reforço do isolamento térmico da envolvente opaca consiste em diminuir as necessidades reais de aquecimento/arrefecimento e minimizar os riscos de ocorrência de condensações. Para o efeito, existe uma panóplia de soluções de isolamento térmico que poderão ser aplicadas pelo interior ou pelo exterior da envolvente. Na reabilitação atua-se sobre património edificado muito diverso, o que recomenda uma regulamentação flexível, sem deixar de satisfazer princípios fundamentais, mas que permita, por exemplo, a compatibilização da preservação das fachadas e a maximização da inércia térmica interior com as exigências no domínio da eficiência energética. Nesse sentido, o recentemente aprovado regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas (DL 95/2019) (RcR) assenta em princípios fundamentais da proteção do existente, sustentabilidade ambiental e melhorias proporcionais e progressivas e oferece um via alternativa (exigências menores) ao Decreto-Lei n.º 118/2013 (REH e RECS), mantendo o modelo de certificação e de cálculo atual. A metodologia proposta no RcR (Portaria n.º 297/2019) considera:

- Exigências mínimas do valor do coeficiente de transmissão térmica – U (W/(m^2.^{0}C)) – para melhorar o conforto no inverno e verão e minorar os riscos de condensações;
- Exigências mínimas para a proteção solar dos envidraçados para melhorar o desempenho na meia estação e no Verão;
- Exigências mínimas de ventilação para atender à qualidade do ar interior e minimizar os riscos de condensações.

A aplicação do novo regime não é generalizada a todas as intervenções de reabilitação, mas apenas aquelas em que hajam incompatibilidades de ordem técnica e funcional e pressupõe (exige) que os técnicos envolvidos, face ao diagnóstico efetuado, justifiquem as incompatibilidades. No caso dos edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado considera-se que em muitas situações é possível adotar as regras mais flexíveis especificados no RcR para a sua reabilitação.

4.7.3 Reabilitação energética do edifício (sistemas e instalações)

4.7.3.1 Melhoria das condições de conforto visual (iluminação natural e artificial)

As medidas de melhoria das condições de conforto visual poderão passar por uma maior utilização, se for exequível, da iluminação natural relativamente à iluminação artificial e, em relação a esta última, convirá procurar aumentar a sua eficiência, do ponto de vista energético. Por outro lado, existem condicionantes na reabilitação da componente de iluminação natural relacionadas, em particular, com a possibilidade de alterações aos vãos (dimensões; caixilhos; e envidraçados). Saliente-se que existem situações de potencial conflito com outras exigências, nomeadamente, decorrentes do cumprimento da regulamentação no domínio do comportamento térmico/energético e acústico, o que, em principio, pode ter implicações negativas na componente de iluminação natural (vidros duplos mais isolantes e de controlo solar, sombreamentos, janelas duplas, etc. – estas soluções diminuem a transmitância luminosa dos vãos). Para melhorar as condições de iluminação natural nos edifícios EVPba importa:

- aproveitar as situações de proximidade entre edifícios, a existência de obstruções, as refletâncias das superfícies, e os pavimentos exteriores claros;
- utilização preferencial de soluções de aproveitamento da luz natural refletida e procurando potenciar os benefícios do clima luminoso prevalecente no país;
- utilização de acabamentos superficiais de cores claras e mate;
- Redistribuição espácio/funcional e/ou alteração da geometria interior (mudança da sala para quarto; diminuição de profundidades; criação de aberturas interiores).

4.7.3.2 Reforço das caraterísticas de desempenho dos vãos envidraçados

O reforço das caraterísticas de desempenho dos vãos envidraçados pode passar pela melhoria das suas principais funções de iluminação, ventilação e absorção de energia solar, através designadamente: do recurso a vãos envidraçados de elevado desempenho térmico, com baixa emissividade; utilização de caixilharia com corte térmico associada a vidros duplos ou o recurso a janelas duplas com inclusão de um segundo caixilho; substituição de vidros simples por duplos; isolamento térmico das caixas de estore; e incorporação de dispositivos de sombreamento exteriores.

4.7.3.3 Melhoria das condições de funcionamento dos sistemas de climatização e dos equipamentos para produção de AQS

Os sistemas passivos (sistemas sem recurso à energia mecânica) existentes nos edifícios são em alguns casos insuficientes para garantir o conforto no interior dos edifícios, face às exigências atuais, designadamente constantes da regulamentação aplicável, podendo-se optar por melhorar esses sistemas passivos através da escolha de certas medidas, tais como a introdução de sistemas de ventilação complementares aos existentes, e/ou optar pelo recurso a sistemas ativos tais como os coletores solares e os painéis fotovoltaicos. Outro tipo de solução de reabilitação térmica possível consiste na utilização de sistemas ativos que geram energia e, em simultâneo, limitam os ganhos solares de forma a obviar o sobreaquecimento, como seja o caso da integração de células fotovoltaicas em envidraçados.

4.8 Reabilitação sustentável (Utilização sustentável dos recursos naturais [RBC7])

De acordo com diversos estudos, os edifícios são responsáveis por uma percentagem muito significativa dos impactes ambientais, daí que, no âmbito da verificação do requisito básico da "utilização sustentável dos recursos naturais", interessa, designadamente, equacionar a introdução crescente de medidas de eco-construção (redução do consumo de recursos naturais, bem como da poluição interior e exterior) na reabilitação de edifícios EVPba. No âmbito do levantamento das condições existentes interessa avaliar, em particular, aspetos

relacionados com a proteção contra a corrosão em perfis e armaduras de aço integradas no betão; e a aplicação de revestimentos de proteção das paredes da fachada.

5 ESCOLHA DE SOLUÇÕES INTEGRADAS DE REABILITAÇÃO DA ENVOLVENTE VERTICAL DE EDIFÍCIOS EVPBA

Pretende-se uma análise integrada dos diferentes aspetos relativos a segurança estrutural, segurança contra incêndio, conforto térmico e acústico, e a eficiência energética, bem como as condições de sustentabilidade da construção, as quais foram atrás abordadas individualmente (em 4).

A seleção de soluções de conservação e reabilitação de edifícios EVPba envolve a escolha de um número finito de soluções alternativas, cuja avaliação é feita tendo em conta os dados quantitativos e qualitativos disponíveis, e é baseada num conjunto selecionado de critérios, constituindo exemplos de critérios principais os requisitos básicos da construção e as exigências regulamentares; e de critérios secundários, a resistência mecânica e o isolamento térmico das paredes.

O objetivo principal consiste em escolher e selecionar alternativas eficazes de conservação e reabilitação de edifícios EVPba, em particular das respetivas paredes exteriores. O critério relativo aos requisitos básicos da construção pode, num determinado edifício simbólico e de elevado valor patrimonial, não ser tão importante como um outro critério relacionado com a manutenção da traça original do edifício. Poderia, eventualmente, ser desvalorizada uma opção de reabilitação que não observe esse requisito e desvirtue essa sua traça original, ao passo que poderia ser preferível uma opção que respeitasse os princípios de preservação das caraterísticas essenciais de edifícios com valor histórico ou cultural.

Anteriormente, foi apresentada uma metodologia de avaliação global de um edifício EVPba com base nos resultados do respetivo levantamento (Dias *et al.*, 2018), tendo-se definido índices que globalmente traduzem o peso relativo que as diferentes situações de deficiência de comportamento apresentam. Trata-se de uma metodologia de classificação do grau de gravidade de uma situação de deficiência em edifício EVPba. Contemplou-se a situação em que não é satisfeito um ou mais requisitos básicos, havendo redução do desempenho respetivo, sendo esse grau de gravidade ($gRBC_i$) relativo ao requisito básico RBCi (i de 1 a 7). O grau de gravidade global do edifício foi definido através de fatores de ponderação βi que têm em conta o impacto negativo, sobre a durabilidade e vida útil da construção, do incumprimento dos diferentes requisitos básicos RBCi (i de 1 a 7).

De seguida, no âmbito da seleção de soluções alternativas de intervenção corretiva admitidas no respetivo processo de escolha, propõe-se uma metodologia, a qual apresenta uma certa afinidade à metodologia atrás referida, que se refere à classificação do mérito de uma determinada solução de reabilitação Sj para a resolução de situações de deficiência em edifício EVPba (para j = 1, 2, 3, ..., N; sendo N o número de soluções de intervenção alternativas), em que não é satisfeito um ou mais requisitos gerais, havendo redução do desempenho respetivo – estes requisitos gerais que, essencialmente, constituem os critérios principais de decisão, incluem, nomeadamente, os requisitos básicos (Rgi, i de 1 a 7), ver Quadro 1; o requisito relativo a exigências regulamentares e normativas aplicáveis (Rgi, i = 8); e o requisito relativo à preservação do aspeto estético e valor cultural (Rgi,i = 9), muito embora se admita que, em cada processo de seleção, possam ser incluídos outros requisitos adicionais, caso justificável. Assim, define-se o mérito relativo de uma solução de intervenção corretiva, mRg_i, respeitante a cada um desses requisitos gerais, estabelecido da seguinte forma:

$$mRg_i = [\sum_{k=1}^{5} G_i . \phi_i] / [\sum_{k=1}^{5} G_i] \quad (2)$$

Sendo:

φ_i fatores de ponderação para ter em conta o contributo da solução de intervenção corretiva na resolução da deficiência em relação a um requisito geral, Rgi, face aos objetivos previamente definidos e ao custo máximo admitido para a referida solução de intervenção corretiva, sugerindo-se um possível conjunto de valores, em que φ_i poderá ter valores entre 0,05 e 0,5, os quais poderão ser modificados em função do tipo construtivo do edifício EVPba:

$\varphi_{1=}$ 0,05; **$\varphi_{2=}$ 0,10;** **$\varphi_{3=}$0,15;** **$\varphi_{4=}$0,20;** **$\varphi_{5=}$0,50**

E sendo:

G_i o número de elementos primários e secundários ou componentes do edifício, considerados significativos em termos funcionais e sujeitos a intervenção corretiva, e que contribuem para o saneamento da deficiência em relação ao requisito Rg_i, (contributo do elemento para a solução de intervenção Sj que poderá variar entre o ligeiro e o muito elevado):

G_1 - Contributo nulo; **G_2 - Contributo ligeiro;** **G_3 – Contributo médio;**

G_4 – Contributo elevado; **G_5 – Contributo muito elevado**

Passando para a escala geral do edifício, o mérito global de uma solução de intervenção corretiva (Sj) do edifício, relativamente à resolução das situações de deficiência do edifício EVPba, ou seja, a eficácia dessa solução, no que se refere ao alcance dos objetivos visados previamente, é definido por:

$$mRgC = [\sum_{k=1}^{9} \omega_i . mRgC_i] \quad (3)$$

Sendo:

ω_i fatores de ponderação de cada requisito geral Rg_i, que têm em conta o respetivo contributo para a resolução das situações de deficiência do edifício, sugerindo-se um possível conjunto de valores, os quais poderão ser modificados em função, por exemplo, da importância cultural/histórica do edifício, da utilidade pública, do local geográfico de implantação e do tipo específico de utilização do edifício:

$\omega_{1=}$ 0,20 – Resistência mecânica e estabilidade (RGC_1);

$\omega_{2=}$ 0,15 – Segurança contra incêndio (RGC_2);

$\omega_{3=}$0,10 – Higiene, saúde e ambiente (RGC_3);

$\omega_{4=}$0,15 – Segurança na utilização e acessibilidade (RGC_4);

$\omega_{5=}$0,10 – Proteção contra o ruído (RGC_5);

$\omega_{6=}$0,10 – Economia de energia e isolamento térmico (RGC_6);

$\omega_{7=}$0,10 – Utilização sustentável dos recursos naturais (RGC_7);

$\omega_{8=}$0,05 – Exigências regulamentares e normativas aplicáveis (RGC_8);

$\omega_{9=}$0,05 – Preservação do aspeto estético e valor cultural (RGC_9).

Após a determinação do mérito global de cada uma das soluções de intervenção corretiva admitidas no processo de escolha, podem então ser comparadas entre si essas soluções e hierarquizadas em termos do respetivo valor de mérito global. A hierarquia dessas soluções assim obtida e, em particular, a identificação da solução com maior valor de mérito global, pode constituir uma informação qualitativa de referência para a seleção final da solução de intervenção corretiva. O mérito global de uma solução de intervenção (Sj) poderá ter valores entre 0,05 e 0,5; convencionalmente, pode-se considerar a eficácia dessa solução no sentido do saneamento das situações de deficiência no edifício como reduzida, média e elevada, respetivamente, para os valores de mRgC entre 0,05-0,15; 0,15-0,40; e 0,4-0,5.

Quadro 1 – Requisitos básicos das obras de construção (RBCi) – Exemplos de possíveis situações de incumprimento do requisito básico RBC_1 em edifícios EVPba

Requisito Básico	**Descrição de possíveis situações de incumprimento dos requisitos básicos**
Resistência mecânica e estabilidade (RBC_1)	As obras de construção foram deficientemente concebidas e/ou construídas de modo a que as ações a que ficaram sujeitas durante a construção e a utilização causaram: Desabamento total ou parcial da obra; Deformações importantes que atingiram um grau inadmissível; Danos em outras partes da obra de construção ou das instalações ou do equipamento instalado como resultado de deformações importantes das estruturas de suporte de carga; Danos desproporcionados relativamente ao facto que lhes deu origem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo analisaram-se as intervenções de reabilitação estrutural e funcional dos edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado, face à degradação dos respetivos elementos construtivos e à necessidade de se garantirem níveis funcionais adequados. Identificaram-se os principais fatores condicionantes a considerar na seleção das soluções de reabilitação desse património, tendo em vista a satisfação das necessidades decorrentes das atuais exigências de utilização e segurança. Analisaram-se aspetos relevantes sobre as soluções integradas de reabilitação da envolvente vertical de edifícios EVPba. Propôs-se, ainda, uma metodologia de seleção de soluções alternativas de reabilitação.

REFERÊNCIAS

COELHO, A. Leça; PEDRO, João B.; FERREIRA, T.; VICENTE, M., 2019 – **ARICA:2019. Método de avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes. Descrição, âmbito e condições de aplicação**. Relatório 327/2019. Lisboa: LNEC.

DECRETO-LEI n.º 224/2015 – **Primeira alteração ao regime jurídico de segurança contra incêndio em edifícios**. Diário da República, 1.ª Série. N.º 198 (2015-10-9). pp. 8740-8774.

DECRETO-LEI n.º 95/2019 – **Estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas**. Diário da República, 1.ª Série. N.º 136 (2019-07-18) pp. 35-45.

DIAS, J. L. Miranda; SANTOS, António; PINTO, Armando, *et al*., 2018 – **Levantamento de anomalias para a reabilitação estrutural e funcional de edifícios de betão armado**. Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL – BE2018. Lisboa: LNEC.

DIAS, J. L. Miranda; SANTOS, António; PINTO, Armando; MATIAS, Luís M.; SANTOS, Teresa O., 2017 – **Functional rehabilitation of heritage buildings based on reinforced concrete structural elements**. Cultural/historic values and public utility to consider. Intangibility Matters: International Conference on the values of tangible heritage. Lisboa: LNEC.

HAAGENRUD, S.E., 2004 – G**uide and bibliography to service life and durability research for buildings and components: PART II – Factors causing degradation**. Rotterdam: CIB W080 / RILEM TC 140.

LACASSE, M. A., 2003 – **Durability and performance of building envelopes**. National Research Council Canada, Institute for Research in Construction (IRC) Building Science Insight 2003 Seminar Series. pp. 1-6.

LEI n.º 123/2019 – **Terceira alteração ao regime jurídico de segurança contra incêndio em edifícios**. Diário da República, 1.ª Série. N.º 201 (2009-10-18.) pp. 3-53.

REGULAMENTO (EU) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março de 2011, **que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção e que revoga a Directiva 89/106/CEE do Conselho**. Jornal Oficial da União Europeia L 88. Luxemburgo: Serviços das Publicações EU. Edição em língua portuguesa de 4.4.2011. p. L88/33.

SANTOS, António; PINTO, Armando; PATRÍCIO, Jorge *et al*., 2010 – **Definição de metodologias gerais para a reabilitação funcional de edifícios recentes**. Cadernos Edifícios n.º 5 (CAD5). Lisboa: LNEC.

CONSOLIDAÇÃO, REFORÇO ESTRUTURAL E INCLUSÃO DE INFRAESTRUTURAS TÉCNICAS NA CONSERVAÇÃO E SALVAGUARDA DA IGREJA DO MOSTEIRO DE TRAVANCA, AMARANTE

CONSOLIDATION, STRUCTURAL REINFORCEMENT AND INCLUSION OF TECHNICAL INFRASTRUCTURES IN THE CONSERVATION AND SAFEGUARDING OF THE CHURCH OF THE MONASTERY TRAVANCA, AMARANTE





Malheiro, Miguel [1], Costa, Aníbal [2]

(1) CITAD – Universidade Lusíada - Norte, Portugal, miguel_malheiro@sapo.pt
(2) DECivil da Universidade de Aveiro, Portugal, RISCO, agc@ua.pt

RESUMO

As operações de conservação do património arquitetónico pressupõem a realização de estudos ligados à compreensão e ao cuidado de um objeto, por forma a salvaguardar o seu valor cultural e patrimonial, através do respeito pela materialidade, sistemas construtivos, significados e pelo uso do objeto. A interpretação destes estudos procura, através de uma abordagem cautelosa, proceder à realização dos trabalhos que visam a conservação do imóvel e a manutenção da sua autenticidade e integridade. A prossecução de ações corretas e eficazes pressupõe a realização de um estudo interdisciplinar, através de várias áreas de conhecimento, normalmente envolvidas nos estudos preliminares de um imóvel, como as engenharias, a arquitetura, a história da arte e a arqueologia. O artigo apresenta a metodologia utilizada por uma equipa multidisciplinar na realização da intervenção de conservação e salvaguarda levada a cabo na Igreja do Mosteiro de Travanca, ao nível da consolidação e reforço estrutural que foi necessário implementar nas coberturas para amarração dos paramentos verticais em alvenaria de pedra, na inclusão de infraestruturas elétricas em paramentos de alvenaria de granito exposto, na realização de drenagens periféricas e desenho de mobiliário interior. Não se aspira encontrar uma solução tipo para intervenções de salvaguarda em igrejas românicas, mas antes, debater uma metodologia e partilhar soluções encontradas numa determinada intervenção que aspiraram salvaguardar de forma credível os atributos materiais e imateriais inerentes ao significado cultural deste objeto. Apresenta-se uma súmula, estando o artigo publicado na íntegra na RPEE, Série III, N.º 13 de julho de 2020.

Palavras-chave: Equipa Multidisciplinar / Conservação / Reforço / Autenticidade / Identidade

RESUMO ALARGADO

INTRODUÇÃO

A intervenção no património arquitetónico pressupõe a utilização de uma metodologia de intervenção comummente aceite e divulgada pelas cartas internacionais do património e diversos autores que a ele se têm dedicado, que prevê a existência de uma fase inicial que aspira conhecer o monumento, sem a qual, não deve haver lugar à intervenção. Esta fase que denominamos de conhecimento, utilizada de Antoni González (González Moreno-Navarro, 1999), aspira compreender os factos históricos e culturais com ele relacionados, se possível compreender a origem e sua evolução no tempo e determinar as alterações que ocorreram, para se depreender da sua autenticidade, não apenas da originalidade do monumento, mas também dos valores essenciais que este contém no momento em que se realizam os estudos, inclusive as várias fases de adaptação e reinterpretação a que tem sido sujeito. Relata-se a intervenção realizada entre 2013 e 2014 na Igreja do Mosteiro de Travanca por uma equipa multidisciplinar, onde se apresentam as anomalias e as soluções de reforço estrutural e inserção de instalações técnicas que procuraram permitir a sua longevidade como a legibilidade dos seus valores artísticos, históricos e significativos, e a preservação da sua autenticidade e integridade.

CONCLUSÕES

Os estudos permitiram identificar os valores essenciais que o monumento contém, nomeadamente o seu significado cultural, ou seja, os valores estético, histórico, científico, social e espiritual, não só para as gerações passadas, mas também para as presentes e eventualmente para as futuras. Para além destes valores, estes estudos contribuíram indelevelmente para o conhecimento dos seus atributos materiais, a forma como se expressam os seus valores culturais e os seus valores intangíveis, ou seja, permitem identificar o valor já referido de autenticidade, as características essenciais do monumento como arquitetura, a sua autenticidade arquitetónica, mas também conservar a sua integridade. Desta forma, intervir implica conhecer o objeto em profundidade. Na intervenção realizada na Igreja do Mosteiro de Travanca, a equipa projetista pretendeu conservar estes valores, autenticidade e identidade, mantendo o que existe e introduzindo elementos impercetíveis que consolidam e conciliam as estruturas existentes, para além de realçarem os valores artísticos que o monumento contém.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do Projecto UIDB/04026/2020.

Nota

Artigo completo publicado no número temático: Reabilitação Estrutural de Edifícios da série III da RPEE – *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas* (consultar em: http://rpee.lnec.pt/Ficheiros/rpee_serieIII_n13/rpee_sIII_n13.pdf?fbclid=IwAR2MgK8BhCDKZfHxFsIXZu_NcfWR_KObWxgcrD5ls5b_mSLJknwYk2MFmlw).

REFERÊNCIAS

BEGONHA, Hugo Novais Arlindo, 2011 – **Estudo das deteriorações da pedra no Mosteiro de Travanca: Relatório Final: no11/003**. Porto: Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção (LEMC), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

CASTRO, João de, 1939 – **A Igreja de S. Salvador de Travanca**. Boletim da Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais No 15.

COSTA, Aníbal, 2012 – **Igreja do Mosteiro de Travanca, Porto, Amarante, Travanca: Projeto de estruturas para a conservação, salvaguarda e valorização do imóvel**. Projeto de execução. Porto.

COSTA, Aníbal; DIAS, Adalberto, 2016 – **A Intervenção no património monumental. Dificuldades e desafios**. 2.º CIHCLB – 2.º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira, 2nd International Congress on Luso-Brazilian Construction History, 14 set-16 set, FAUP, Porto.

FONTES, Luís, 2012 – **Mosteiro de São Salvador de Travanca: trabalhos arqueológicos de sondagens, levantamentos e acompanhamento**. 1.º relatório de progresso. Braga: Universidade do Minho.

GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO, Antoni (1999 – **La Restauración objetiva. Barcelona: Diputación de Barcelona, Área de Cooperación**. *Servicio de Património Arquietctónico Local*. Vol. 1, 2009. ISBN 84-7794-628-0.

MALHEIRO, Miguel (coord.), 2012 – **Igreja do Mosteiro de Travanca, Porto, Amarante, Travanca: Projeto de arquitectura para a conservação, salvaguarda e valorização do imóvel- projeto de execução**. Porto: Miguel Malheiro. Texto policopiado.

MALHEIRO, Miguel, 2014 – **Intervenções em coberturas medievais em madeira: tradição e contemporaneidade**. In *Livro de Atas do Seminário Intervir em construções existentes de madeira*. Guimarães: Escola de Engenharia, Campus de Azurém/Universidade do Minho.

MALHEIRO, Miguel (coord.), 2015 – **Estudo de valorização e salvaguarda das envolventes aos monumentos da Rota do Românico – 3.ª Fase**. Porto: (s.n.). Texto policopiado.

ROSAS, Lúcia (coord.), 2014 – **Rota do Românico**. Vol. 2. Lousada: Centro de Estudos do Românico e do Território.

SILVA, Mariana, 2012 – **Estudo de história do Mosteiro de Travanca, Porto, Amarante, Travanca**. Texto policopiado, 2 vols. Porto: (s.n).

S.I.P.A., 1965 – **Mosteiro de Travanca. PT DGEMN:DSMN/SE-0019/01, 1965. Programa de concurso, memória e orçamento para a empreitada "Igreja de S. Salvador de Travanca – Instalação Eléctrica**", 12 e 15 de Junho de 1965.

S.I.P.A., 1968 – **Igreja do Mosteiro de Travanca: processo de obras. PT DGEMN:DSARH-010/026-0002, 1967. Orçamento para "Igreja de Travanca – Amarante – reconstrução parcial do telhado da nave lateral poente**", 27 de Abril de 1968.

TOULIATOS, P. G., 1996 – **Seismic behaviour of traditionally-built constructions. Repair and strengthening**. *Protection of the Architectural Heritage Against Earthquakes*. pp. 57-69.

VASCONCELOS, Joaquim de, 1918 – **Arte românica em Portugal**. Reproduções selecionadas e executadas por Marques de Abreu. Marques Abreu. Porto.

DO CONHECIMENTO À SALVAGUARDA DO PATRIMÓNIO. A OPERAÇÃO DE CONSERVAÇÃO E VALORIZAÇÃO DA PONTE DO ARCO, MARCO DE CANAVESES

FROM KNOWLEDGE TO SAFEGUARDING HERITAGE. THE CONSERVATION AND VALUATION OPERATION OF PONTE DO ARCO, MARCO DE CANAVESES




Miguel Malheiro [(1)], Aníbal Costa [(2)]

(1) Faculdade de Arquitectura e Artes da Universidade Lusíada Norte-Porto, Portugal, miguel_malheiro@sapo.pt
(2) DECivil da Universidade de Aveiro, Portugal, agc@ua.ptResumo

RESUMO

A intervenção no Património Arquitectónico implica um conjunto de atividades preliminares, situadas na esfera do diagnóstico, que pressupõem conhecer o objeto em profundidade, tanto ao nível da sua história, para lhe conhecer a dimensão histórica e a simbologia cultural acumulada, como ao nível da identificação da sua matéria, para compreender o seu estado de conservação e possíveis anomalias, dados imprescindíveis para tomar decisões sobre a forma de atuar. As soluções fundamentadas constituem as bases éticas globalmente aceites na intervenção no Património, alicerçadas pelo diagnóstico e, orientadas pelo que a obra revela. O presente artigo aborda a dialética que se construiu na intervenção de conservação, salvaguarda e valorização da Ponte do Arco, que se iniciou com o objetivo primeiro de mitigar o risco de desmoronamento do monumento. Os dados obtidos pela equipa multidisciplinar nos estudos preliminares sobre o objeto e a sua envolvente, interpretados, encadeados e relacionados com o conhecimento obtido em obra, permitiram articular as soluções para a salvaguarda da Ponte do Arco, permitindo um desenvolvimento de uma solução que recuperou a identidade da Ponte em Cavalete e que tinha sido alterada ao longo do tempo por intervenções múltiplas que procuraram a sua adaptação à época.

Palavras-chave: Inspeção e Diagnóstico / Património / Conservação / Valorização / Integridade

1. INTRODUÇÃO

A admiração por determinados objetos arquitectónicos, por parte de um grupo de pessoas ou pela comunidade que com ele convive, que os une e identifica, denominam-se normalmente de Património Arquitectónico. A rutura de materiais e dos sistemas construtivos que constituem esses objetos arquitectónicos, aliada à necessidade de os transmitir de geração em geração por serem considerados testemunhos e símbolos de atividades e relações sociais das comunidades ou para valorizar as técnicas, especificidades construtivas ou artísticas do objeto e dos artistas que os construíram, definem a necessidade de uma intervenção nos monumentos, para lhes restituir um melhor estado de conservação e uma maior clareza de interpretação desses mesmos objetos tal como eles nos chegaram. Usualmente, uma intervenção no Património Arquitectónico só é justificada por estas razões, já que é sempre considerada uma atividade suscetível de causar perturbações ou alterações num lugar ou na sua construção. As várias referências doutrinares apontam como necessário a realização de um diagnóstico apoiado em estudos que permitam, não só, conhecer a sua matéria física, como a sua dimensão histórica e simbologia cultural acumulada, para que a sua conservação, os processos ligados à compreensão e cuidado de um lugar, proporcionem a salvaguarda do seu valor cultural e patrimonial. Somos conhecedores que, por vezes, esses estudos são condicionados, não só pela falta de documentos que esclareçam convenientemente a sua evolução histórica, como por restrições financeiras que impossibilitam a realização de sondagens para esclarecimento de dúvidas sobre intervenções ocorridas no passado que alteraram a sua fisionomia e os materiais com que se apresenta na altura da nova intervenção, como foi o caso da intervenção de conservação, salvaguarda e valorização da Ponte do Arco, que aqui se apresenta. É no decurso da obra que este monumento se vai revelar, obrigando a redefinir os objetivos da intervenção, a adaptar as soluções previamente previstas, a sobrepor o valor histórico ao de antiguidade, no fundo, a conservar, valorizar e salvaguardar este testemunho da atividade pontística que marcou indelevelmente a paisagem medieval portuguesa, "*pelo interesse que a época lhes dedicou, pelo impacte que elas representaram, pela transformação da paisagem que sempre ocasionam, pelos meios técnicos e económicos que exigiam e pelos benefícios que trouxeram às comunicações e aos homens*" (Almeida, 2001, p. 149).

2. A PONTE DO ARCO – DO DIAGNÓSTICO AO PROJECTO

A Ponte do Arco, sobre o rio Ovelha, liga as margens de duas freguesias, Folhada e Várzea de Ovelha e Aliviada, no concelho de Marco de Canaveses. Está classificada como Imóvel de Interesse Público desde 1982 (Decreto n.º 28/82), e integra a Rota do Românico desde 2010. Implanta-se numa zona rural de transição de vale aberto, a montante, para vertentes rochosas, a jusante, com uma mancha florestal frondosa composta por espécies arbóreas ripícolas que lhe dão um enquadramento natural, equilibrado e harmonioso. Outrora, ligava um antigo percurso entre Soalhães, no Marco de Canaveses e, Tabuaço, em Amarante. Ela é composta por um único arco, ligeiramente apontado, definindo um alçado em cavalete, assente em afloramentos rochosos nas duas margens, conferindo-lhe grande verticalidade e robustez. Mais tarde, para um melhor escoamento de águas em períodos de caudais mais elevados, foi-lhe adicionado um talha-mar triangular, a montante, e um talhante quadrangular, a jusante, bem como um vão sensivelmente quadrangular junto da margem esquerda. A sua classificação, requerida em 1977, derivou sobretudo do "*ponto de vista arquitectónico*", que a definia como "*um bom exemplar da época românica*" (SIPA, 1977), embora o primeiro relato que a ela se refere date de 1758, pelo pároco de Folhada, que menciona o seguinte: "*E tem outra grande ponte em o termo desta freguesia chamada a Ponte do Arco, por ter hum muito grande e medonho arco e goardas muito pequenas. E a ponte não ser recham (rasa ou de tabuleiro plano), posto que he de pedra, muito bem segura e antigua*" (Bravo, 1758). No entanto, pelos meios técnicos empregues, a sensibilidade do apoio do arco no afloramento rochoso, a massa construída

e a sacralização do lugar através da dupla construção de Alminhas na margem direita, justificaram claramente a sua classificação.



Figuras 1 e 2 – Imagens de 1977, onde é visível a inclinação do cavalete e o pavimento original do tabuleiro da ponte. Fonte: arquivo IHRU

A observação de imagens tiradas em 1977 (Figuras 1 e 2), permitiram compreender que a fisionomia tinha sido alterada a partir dessa data, dado que os dois planos que formavam o cavalete estavam agora "horizontalizados". Esta nivelação dos tabuleiros aconteceu no ano de 1985, com a realização de obras promovidas pelo Município de Marco de Canaveses, sem a consulta à Direcção Geral de Edifícios e Monumentos Nacionais, com a colocação de pedras de grandes dimensões para elevar os encontros da ponte com as margens e suavizar o ângulo do cavalete no seu ponto central, sobre os quais se executou uma laje de betão para permitir o fluxo automóvel. Estas alterações prolongaram-se para os caminhos, tendo sido redefinidos os seus traçados em ambas as margens, bem como as cotas de implantação, para adaptação às novas cotas da ponte e suavização da aproximação à mesma. Elas repercutiram-se na fisionomia da ponte, diminuindo a aparatosa inclinação da dupla rampa, agora com um ângulo menor (Figura 3), mas sobretudo nos fatores de degradação constante a que foi sujeita pela possibilidade de passagem de veículos, tanto ligeiros como pesados, resultando em danos irremediáveis nas suas guardas, com o constante derrube para o leito do rio, bem como com o aparecimento de diversas fissuras no intradorso do arco (Figura 6, antes das obras e, Figura 10, depois das obras) e deslocamento do limite do arco para fora do plano vertical, pondo em causa a estabilidade da massa construída, mas sobretudo, a segurança dos seus utentes.



Figura 3 – Vista do alçado jusante antes das obras

Estes foram os fatores que levaram a Rota do Românico a lançar uma campanha para a sua conservação, salvaguarda e valorização, de onde decorreu o projeto e posterior intervenção. Os levantamentos e inspeções realizados permitiram confirmar a existência destes danos, não só na ponte, como no talha-mar e talhante, que a breve trecho poderiam levar ao colapso de toda a estrutura, dado o contínuo atravessamento por veículos. Mas, nesta fase de diagnóstico, não foi possível, depreender como eram constituídas as várias camadas que tinha horizontalizado as duas rampas da ponte. Assim, as "*deformações consideráveis no arco quebrado, com deslocação da pedra de fecho e algumas áreas, perto deste fecho, com projeções para fora do plano vertical, que a médio prazo poderão levar ao colapso da estrutura*" (Costa, 2017, p. 5), eram resolvidas em projeto, para além de outros trabalhos, com a "*remoção do pavimento do tabuleiro em cimento e malhasol e o desmonte parcial do arco da ponte e seu tabuleiro, com montagem integral para correção das deformações*" (*Idem*, p. 7), trabalhos estes, que "*serão objeto de projeto e de acompanhamento específico por uma equipa idónea de arqueologia*" (*Ibidem*, p. 7) (Figura 4).

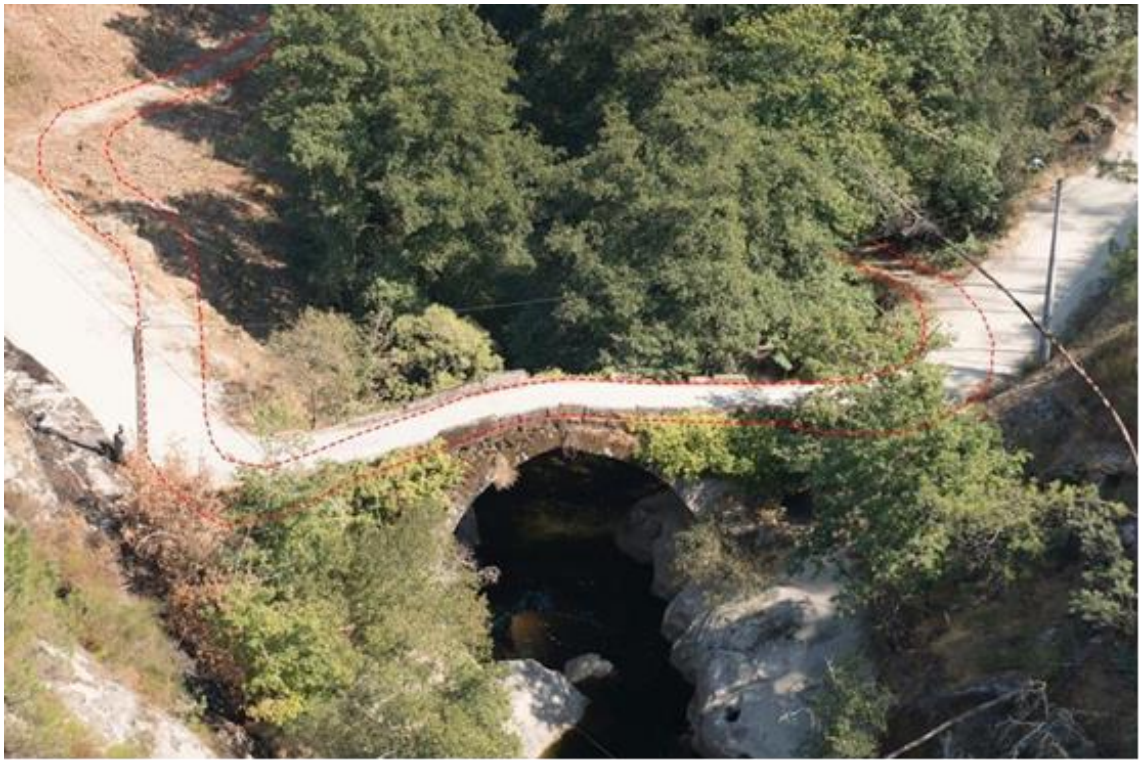


Figura 4 – Vista do enquadramento da ponte, com o tracejado a vermelho a indicar hipotético acesso original. Sobre o tabuleiro da ponte observa-se uma laje em betão para acerto de cotas com caminhos de acesso. Fonte: Rota do Românico

A decisão tomada para desmonte parcial da ponte, poria em causa a matéria, a continuidade documental do monumento. O desmonte dos silhares que compõem o tabuleiro e parte do arco, para depois serem recolocados na posição correta e corrigidas as fissuras (Figuras 6 e 10), mesmo que fossem acompanhadas pela equipa de arqueologia, que neste caso coube ao Arqueólogo Francisco Fernandes da Escola Profissional do Freixo, seriam ações que afetariam irreversivelmente a sua matéria. Mas esta foi considerada a única forma de manter o monumento, prevalecendo o valor histórico, o valor documental do monumento, porque "*interessam-nos no monumento não as marcas da influência dissolvente da natureza que se fez valer no tempo decorrido desde a sua génese, mas o facto de ter sido criado outrora como obra humana. O valor histórico é tanto mais elevado quanto mais claro for o grau em que se revela o estado coeso, original, que o monumento possuía imediatamente ao ser produzido*" (Riegl, 2016, p. 34). Perdia-se, no entanto, o valor de antiguidade, já que esta "... *condena também, pelo menos em princípio, qualquer atividade conservadora, qualquer restauro*...", podendo "... *levar,*

por fim, à destruição total do monumento" (*Idem*, p. 31). Para além disto, sabíamos, até pelas várias fases de construção e reconstrução a que a Ponte do Arco foi sujeita, a última praticamente ignota, que as pontes são alvo de sucessivas intervenções de manutenção, reparação e reconstrução ao longo do tempo.

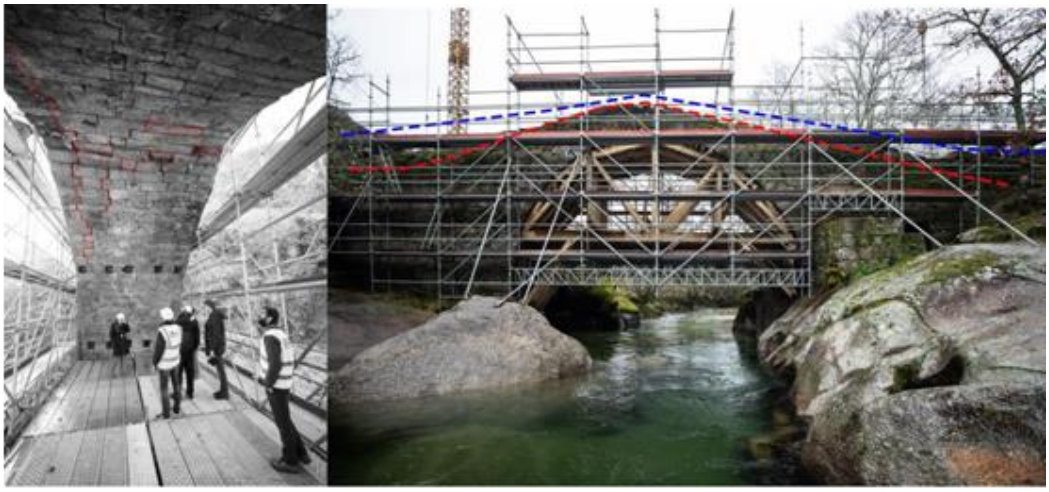
3. A OBRA

O desmonte do arco foi realizado através da construção de um cimbre em madeira, utilizando o desfasamento dos silhares de arranque do arco e os dois níveis de agulheiros existentes no intradorso do arco para a colocação dos barrotes para a sua sustentação (Figura 5).



Figura 5 – Vista do alçado jusante com o cimbre de madeira colocado para o desmonte parcial da ponte

Com a remoção da laje de betão e pedras de grande dimensão existentes sobre os tabuleiros junto às margens (Figura 8), surgiram os pavimentos originais, em lajeado de granito, a cotas substancialmente inferiores (Figura 7), reafirmando a fisionomia original em cavalete pronunciado.



Figuras 6 e 7 – Vista do intradorso da ponte, assinalado a vermelho as fissuras e silhares deslocados. Do lado direito observa-se o lado jusante, indicando a vermelho o piso original e a azul o piso existente. Também se pode observar o talhante, do lado direito, e o cimbre em madeira

A alteração do pavimento, para pedras de menor dimensão, formando um calçoto, na área sobre a passagem quadrangular (figura 11), também permitiu compreender que esta construção terá correspondido a uma fase distinta da construção dos tabuleiros sobre o arco, já que a restante era formada por um lajeado de granito (figuras 8 e 9). A expansão da campanha arqueológica para as margens do rio, permitiu observar que os caminhos de acesso à ponte teriam um traçado distinto do existente, já que andariam a cotas inferiores, desenvolvendo-se pelo limite do vale agricultado para montante da ponte, e não atravessando os núcleos florestais como hoje acontece (figura 4). Estas revelações que a obra proporcionou, em especial as várias fases de construção de pavimentos, desde o lajeado original ao pavimento em laje de betão sobre pedras de grandes dimensões, levaram a equipa projetista a ponderar salvaguardar a fase considerada original, em detrimento da última intervenção realizada pelo município. Esta remoção do pavimento construído pelo município, que teve como objetivo a fruição automóvel, pretendeu devolver a autenticidade ao monumento, a restabelecer uma coerência entre o objeto material e a sua fisionomia original, mas também a assegurar a integridade de todos os elementos que compõem o monumento, que a intervenção da década de oitenta tinha posto em causa.



Figura 8 – Vista do pavimento original, guias de sustentação de um novo pavimento em pedras de grandes dimensões a formar segundo pavimento, sobre o qual assentava a laje de betão, e o aterro para acerto de cotas com caminho em saibro que segue pela margem esquerda

A equipa projetista realizou uma nota técnica explicando a nova realidade que a obra pôs a descoberto, afirmando a necessidade do projeto ser revisto e repor a fase identificada em 1977 (figura 12), removendo as sobreposições que tinham sido realizadas posteriormente, fundamentando que a "*adaptabilidade ao projeto inicial é justificado pelas intervenções anteriores terem posto em causa a estabilidade do imóvel, não só pela construção como também pela possibilidade que proporcionaram ao trânsito automóvel, contribuindo em conjunto para uma instabilidade progressiva que deteriorou as alvenarias que a constituem, assim como pela alteração da sua envolvente, que constituía o prolongamento do seu carácter documental, arquitectónico e significativo*" (Costa, 2019), compreendendo que estas alterações comprometem a futura travessia pelo trânsito automóvel, havendo a necessidade, para esse efeito, de realizar uma nova travessia, desejavelmente a montante do imóvel.



Figura 9 – Vista do pavimento original, em lajeado de granito, no tabuleiro do lado da margem direita, depois das obras. Também é visível a inclinação do tabuleiro, impedindo o trânsito automóvel

Facto indelével foi o conhecimento material e histórico do monumento que a obra permitiu enriquecer, determinando a alteração do projeto para assim os proteger.



Figuras 10 e 11 – Vista do intradorso do arco depois das obras. Do lado direito, vista dos pavimentos originais distintos, calçoto na zona sobre a passagem de água quadrangular e lajeado sobre o arco

A concordância com esta alteração por parte das entidades envolvidas, nomeadamente a Rota do Românico, o Município do Marco de Canaveses e a Direção Geral do Património, abre um leque de possibilidades para a integração de um conjunto significativo de achados arqueológicos na envolvente próxima, detetados no Estudo das Envolventes aos Monumentos da Rota do Românico (Malheiro, 2015), que irão contribuir para a leitura da origem da ponte, das sucessivas ocupações do território e o significado que o monumento ocupava na história. Para além disso, a reposição dos caminhos originais, permitirá compreender a forma de atravessamento original desta linha de água e a relação que estes caminhos estabeleciam com o território humanizado.



Figura 12 – Vista do alçado jusante da Ponte do Arco depois das obras de consolidação e reposição das cotas originais dos pavimentos, sendo possível a comparação com a figura 6, relativamente aos níveis do andaime, para observação da inclinação que os tabuleiros agora têm em comparação com a fase antes das obras

4. CONCLUSÃO

A intervenção de conservação, salvaguarda e valorização da Ponte do Arco vem atestar a importância que a obra tem para a revelação do monumento, especialmente quando existem etapas construtivas desconhecidas, permitindo apurar corretamente a constituição total do monumento. É pois, importante, no decurso da obra, a presença constante da equipa técnica, para atestar as várias revelações que o decurso desta pode pôr a descoberto, sendo necessário pressupor a revisão contínua das soluções construtivas previstas no projeto e, neste caso, os próprios objetivos da intervenção, já que os novos dados que surgiram na intervenção na Ponte do Arco obrigaram a uma adaptação da solução às exigências que o monumento manifestou, especialmente para a manutenção da sua autenticidade e integridade, promovendo-se a efetiva salvaguarda do valor histórico do monumento. As possibilidades que se abrem numa futura intervenção na envolvente, nas ligações aos caminhos, permitirão uma leitura abrangente, tanto temporalmente como geograficamente, da origem do monumento e do território em que se insere.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do Projecto UIDB/04026/2020.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A. Ferreira de, 2001 – **O Românico, história da arte em Portugal**. Lisboa: Editorial Presença.

BRAVO, José Franco, 1758 – **(Memória Paroquial de) Folhada (manuscrito**). Acessível em ANTT, Lisboa. PT-TT-MPRQ-15-98.

COSTA, Aníbal, MALHEIRO, Miguel, COSTA, Rita, MARTINS, Alexandre, 2017 – **Ponte do Arco, Porto, Marco de Canaveses, Folhada, Projecto para a conservação, valorização e salvaguarda da Ponte do Arco**. Junho de 2017. Texto policopiado.

COSTA, Aníbal, MALHEIRO, Miguel, 2019 – **Ponte do Arco, Porto, Marco de Canaveses, Folhada, Projecto para a conservação, valorização e salvaguarda da Ponte do Arco**. Nota Técnica. Abril de 2019. Texto policopiado.

Decreto n.º 28/82– **Imóvel de interesse público.** D. R. 1.ª série, n.º 47 de 26 de fevereiro de 1982.

MALHEIRO, Miguel (coord.), 2015 – **Estudo de valorização e salvaguarda das envolventes aos monumentos da Rota do Românico – 3a Fase**. Porto: (s.n.). Texto policopiado

RIEGL, Alois, 2016 – **O culto moderno dos monumentos e outros ensaios estéticos**. Lisboa: Edições 70.

CONSERVAÇÃO DAS SUPERFÍCIES ARQUITETÔNICAS DA FACHADA DO MUSEU CASA DE RUI BARBOSA (BRASIL): DA PESQUISA À INTERVENÇÃO

CONSERVATION OF THE ARCHITECTURAL SURFACIES OF THE FACADE OF THE HOUSE OF RUI BARBOSA MUSEUM (BRAZIL): FROM RESEARCH TO INTERVENTION





Claudia S. Rodrigues de Carvalho [(1)], Patricia Cavalcante Cordeiro [(2)]

(1) Fundação Casa de Rui Barbosa, Brasil, crcarvalho.fcrb@gmail.com)
(2) PROARQ FAU UFRJ, Brasil, ccordeiro.patricia@gmail.com

RESUMO

Antigos rebocos e argamassas que compõe a superfície dos edifícios históricos são elementos fundamentais para a caracterização e visibilidade das construções. Para além da sua função de proteção e saneamento, as superfícies são testemunhos das técnicas e estilos de cada época, tendo tanto um caráter histórico, como documento, quanto um caráter estético, responsável pela percepção visual destes edifícios e de seu transcurso no tempo. O reconhecimento do seu valor nos leva à responsabilidade de preservar estas superfícies no maior grau de autenticidade possível. A sua conservação e restauração requer o entendimento dos métodos de construção tradicionais, o emprego de materiais e técnicas eficientes e compatíveis.

Este artigo apresenta o processo da restauração de superfícies arquitetônicas, desde o desenvolvimento de pesquisas para escolha dos materiais compatíveis, bem como de metodologias para a geração de informações necessárias às tomadas de decisão, até a etapa final da intervenção.

Os resultados aqui apresentados são fruto de uma pesquisa desenvolvida com o objetivo de subsidiar a intervenção de conservação e restauração das fachadas do Museu Casa de Rui Barbosa, visto que investigações deste tipo no Brasil ainda são escassas. Os resultados alcançados na pesquisa foram testados na intervenção, e muitas das situações verificadas *in loco*, só puderam ser satisfatoriamente resolvidas em virtude de um conhecimento aprofundado do edifício. Para além do resultado satisfatório da intervenção, todo o processo se configurou como uma experiência didática constituindo uma importante referência metodológica para intervenções similares.

Palavras-chave: Museu Casa de Rui Barbosa / Conservação / Superfícies Arquitetônicas / Argamassas / Pinturas

1. INTRODUÇÃO

As fachadas do Museu Casa de Rui Barbosa, no Rio de Janeiro, apresentam nas suas linhas gerais e na modenatura a influência da arquitetura neoclássica, e nos detalhes e elementos decorativos o gosto belle-époque. A partir de 1949, assumiu feição monocromática, com pintura na cor rosa salmon, e na década de 1970, o edifício foi totalmente restaurado, quando, segundo documentação arquivística, teriam sido introduzidas argamassas cimentícias e camadas de pinturas com tintas plásticas em toda a superfície. Construída há mais de 150 anos, a edificação é um bem cultural nacional, cuja preservação foi, desde o final dos anos 1990, guiada por um Plano de Conservação Preventiva buscando integrar o edifício histórico e as coleções que abriga. A partir de 2005, no âmbito do referido plano, foram realizadas pesquisas aplicadas para a conservação programada das coberturas e dos elementos de madeira, das alvenarias e seus revestimentos internos, com enforque nos papéis de parede, das superfícies arquitetônicas internas e externas.

O desconhecimento da extensão das mudanças resultantes das várias intervenções sofridas, incluindo as variações de cores e detalhes, bem como alterações na integridade das alvenarias, constitui grande dificuldade para a sua conservação/restauração, considerando o valor de patrimônio da edificação, a sua função atual como Museu e o fato das superfícies atuais, embora não sendo as originais, possuírem historicidade e conformarem o valor figurativo do monumento há mais de seis décadas.

A incompatibilidade dos materiais e o transcurso no tempo trouxeram graves problemas de conservação, como a desagregação da argamassa do embasamento, fissuras, estufamento, descolamento e perda de trechos da camada pictórica no paramento, e nos ornatos, além do desbotamento da pintura.

Em 2008, as fachadas de uma parte do conjunto construído – a antiga cavalariça – foram restauradas com argamassas a base de cal, para substituir os trechos onde o cimento havia sido introduzido, e causaram uma extensa deterioração. Os resultados demonstraram grandes problemas que envolvem a restauração de superfícies arquitetônicas, porque passado um curto período de tempo após a conclusão da obra, foram verificadas manchas, destacamento e grandes áreas foram afetadas pela eflorescência salina. Os problemas estavam relacionados à alta umidade, às insuficiências na especificação das argamassas de restauro e ao controle do canteiro de obras.

A experiência deu lugar a inúmeros questionamentos sobre os procedimentos para restauração de superfícies arquitetônicas, o que resultou no desenvolvimento de uma pesquisa aplicada, de longo prazo, cuja intenção principal era demonstrar que a conservação das superfícies arquitetônicas deve ser afrontada com base nos princípios estabelecidos no campo da preservação do patrimônio cultural, através de levantamento histórico, análises formais e conhecimento técnico, envolvendo experiências de campo, treinamento e educação.

Em agosto de 2010, teve início a pesquisa Plano de Conservação Preventiva do Museu Casa de Rui Barbosa: Conservação das Superfícies Arquitetônicas do Museu Casa de Rui Barbosa, sob a coordenação da autora do presente artigo, no âmbito do grupo de pesquisa Conservação Preventiva de Edifícios e Sítios Históricos, tendo como bolsista a segunda autora. Os objetivos principais foram o estabelecimento de parâmetros para conservação das superfícies arquitetônicas, alinhando a correta definição de princípios e diretrizes ao aumento da qualidade da execução, como também ao controle de contratos e de gestão de obras deste tipo. Além da investigação histórica e documental, foram realizados testes analíticos e etapas experimentais, como muro teste de argamassas e de pinturas, onde foram testadas as soluções técnicas a serem aplicadas na fase de intervenção. Como resultado, foram definidas a composição das argamassas e a tecnologia da cor a ser empregada na restauração, e um dos produtos foi um quadro de referências e especificações que subsidiou o desenvolvimento do projeto executivo de restauração das superfícies arquitetônicas do Museu Casa de Rui Barbosa. A intervenção de conservação/restauração das referidas superfícies foi realizada no período de 2015 a 2017.

Neste artigo apresentamos os resultados mais significativos desta pesquisa, bem como as soluções empregadas para a restauração das referidas fachadas, o desenvolvimento da intervenção e os seus resultados, e uma reflexão sobre pesquisa e prática que entendemos fundamental para contribuir para o desenvolvimento das ações voltadas a preservação das superficies arquitetônicas históricas.



Figura 1 – Fachada Sul do MCRB antes da intervenção



Figura 2 – Fachada Sul do MCRB depois da intervenção

2. PESQUISA

A partir de um primeiro plano de pesquisa estabelecido em 2010[1], a pesquisa teve início em 2011 com apoio da Fundação Casa de Rui Barbosa através de seu Programa de Produção do Conhecimento Científico na Área de Ciência e Cultura. O objetivo geral da pesquisa era fornecer parâmetros técnicos para a conservação das superfícies arquitetônicas do Museu Casa de Rui Barbosa, com base no valor do monumento e nas necessidades de preservação do acervo que ele abriga, de modo a prolongar a sua existência e transmiti-lo na sua autenticidade material para as gerações futuras.

A complexidade da intervenção exigia a consolidação de informações e metodologias, baseada em fundamentação teórica consistente para tomada de decisões em relação à conservação das superfícies arquitetônicas, dado que na sua maior extensão não são mais elementos originais da construção.

A pesquisa, desenvolvida entre 2011 e 2016, constou de levantamentos arquivísticos e bibliográficos, revisão de literatura técnica e estabelecimento do estado da arte, registro de intervenções, diagnóstico de conservação do envelope do edifício, análise tipológica, análise estratigráfica e caracterização dos materiais.

As etapas de grande interesse, que subsidiaram as tomadas de decisão para a intervenção, foram os estudos relativos às argamassas de restauração e à tecnologia da cor, que passamos a descrever mais detalhadamente.

2.1. Argamassas

A documentação das intervenções pelas quais o edifício passou até os anos 1980, é incompleta, e sob certos aspectos inconsistente, assim como não existem dados conhecidos sobe o projeto e construção originais, e por isto a pesquisa teve que lidar com a materialidade existente e também com as informações provenientes de pesquisas científicas neste campo, trabalhando assim a metodologia de arqueologia da arquitetura[2].

[1] Carvalho, Kanan, 2010 HMC 2010.

[2] Aguiar.

Um aspecto importante da pesquisa foi o aprimoramento das experiências com argamassas a base de cal, através de realização de um muro-teste de argamassas. Esta metodologia foi aplicada para que fosse possível comparar materiais e técnicas tradicionais de formulação de argamassas de cal, com produtos a base de cal industrializados disponiveis no mercado. As argamassas[3] foram divididas em quatro grupos (A, B, C, D) com variações de acabamento e testadas *in loco*, conforme tabela abaixo.

Tabela 1 – Formulação das argamassas do muro-teste

FORMULAÇÃO DE ARGAMASSAS TESTE

	TRAÇOS UTILIZADOS[4] (Traços apresentados em volume)					
	Pasta de cal virgem[5], apagada em canteiro	Cal virgem em pó apagada em canteiro	Cal hidratada industrializada CH-I MASSICAL	Areia de granulometria Inferior a 4,75 mm (emboço)	Areia de granulometria inferior a 1,18 mm (reboco)	Acabamento em pintura com areia de granulometria inferior a 0,03 mm (tinta texturizada)
A1	1			2,5	1:1,5	
A2	1			3	1:1,5	
A3	1			4		1:0,5
B1		1		3	1:1,5	
B2		1		4		
B3		1		5	1:1,5	
C1			1	2,5		1:0,5
C2			1	3		
C3			1	4		
D1	Especificações dadas pelo fabricante – cal hidráulica pronta (produto seco), com adição de agua na proporção especificada pelo fabricante – Grupo RISCHBIETER					
D2	Especificações dadas pelo fabricante – cal hidráulica pronta (produto seco), com adição de agua na proporção especificada pelo fabricante – Grupo RISCHBIETER					

– Argamassas teste (grupo A) – utilizou-se a forma tradicional com o uso da pasta de cal virgem, apagada em canteiro e deixada em repouso por dois meses. No emboço, a pasta de cal virgem foi misturada com areia de granulometria inferior a 4,75 mm, com três variações de traços. Neste grupo, foram empregados dois tipos de

[3] HMC, 2016.

[4] Foram desenvolvidos traços com areias de granulometrias diferentes, em função das diferentes aplicações – emboço e reboco, e um traço desenvolvido para "Acabamento em pintura com areia" se deveu a vontade da experimentação de texturas; o embasamento do museu possuía uma textura em chapisco, que na intervenção poderia ser atenuada por uma textura da própria argamassa/tinta aplicada.

[5] Estas formulações foram realizadas em canteiro, sob orientação da Arquiteta Maria Isabel Kanan, Especialista do IPHAN. As nomenclaturas utilizadas têm como referência o "Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos à Base de Cal", do programa Monumenta/IPHAN, desenvolvido pela propria Maria Isabel Kanan, publicado em 2008.

acabamento, o primeiro um reboco pigmentado com areia de granulometria inferior a 1,18 mm, no traço de 1:1,5 e o segundo uma pintura a base de cal pigmentada com a adição de uma quantidade pequena de areia de granulometria inferior 0,300 mm, no traço de 1:0,5.

– Argamassas teste (grupo B) – utilizou-se cal virgem em pó apagada em canteiro com areia, em proporções e granulometria definidas para cada traço. O esquema de traços seguiu a explicitada no grupo A. Após o preparo, esta argamassa ficou em repouso por uma semana antes da aplicação.

– Argamassas teste (grupo C) – utilizou-se cal hidratada industrializada de categoria CH-I (NBR 7175). O esquema de traços seguiu a explicitada no grupo A. Para melhorar o desempenho do material e auxiliar na comparação entre os materiais, a cal hidratada foi também imersa em água e deixada em repouso por 2 meses.

-Argamassas teste (grupo D) – utilizou-se argamassa de cal hidráulica pronta (produto seco), com adição de água na proporção especificada pelo fabricante. O acabamento utilizado foi a pintura com tinta de silicato, do mesmo fabricante, com a adição de pigmento.

Com o monitoramento de performance das argamassas no muro-teste (Figura 3) foi possível entender melhor os respectivos comportamentos e definir a especificação mais adequada para uso na restauração das superfícies arquitetônicas do Museu Casa de Rui Barbosa.



Figura 3 – Muro-teste de argamassas

As argamassas-teste foram objeto de caracterização tecnológica, que indicou a melhor especificação para aplicação durante a intervenção. As análises das amostras retiradas das argamassas do muro teste demonstraram que:

- As amostras estavam bem agregadas e apresentaram boa resistência a quebra, mesmo em imersão em água.
- As análises químicas, pelo método de fluorescência de raios-x, apontaram que o teor de Cálcio era maior nas amostras do *grupo A.*
- As amostras do *grupo A* foram as que obtiveram melhor resultado visual ao longo do monitoramento ainda no muro-teste.
- O painel A3 foi eleito como o melhor resultado para emboço, e o painel A1 como o reboco mais bem acabado.

As amostras A3 (1:4) para chapisco e emboço e A1 (1:1,5) para reboco, foram as escolhidas para serem aplicadas em novo teste, em um trecho da fachada do Museu (Figura 4 e 5), obtendo ótimos resultados.

Esta especificação foi replicada para a intervenção no conjunto das fachadas.



Figura 4 – Argamassa sendo aplicada a fachada do Museu – Amostra A3 – chapisco e emboço



Figura 5 – Argamassa sendo aplicada a fachada do Museu – Amostra A1 – Reboco

2.2. Tecnologia da Cor

A partir da intervenção dos anos 1970, as fachadas do Museu Casa de Rui Barbosa receberam várias repinturas com tintas plásticas, que resultaram em graves problemas de conservação. Como é sabido, a incompatibilidade destas tintas com as argamassas históricas, em função de suas propriedades impermeabilizantes, prejudica a salubridade das alvenarias, principalmente na retenção de umidade. Dados os maus resultados e a fraca durabilidade demonstrada por muitas tintas modernas aplicadas em edifícios antigos, a atenção dos conservadores tem se voltado para a reintrodução de materiais e técnicas de pintura compatíveis.

A motivação para o desenvolvimento desta etapa da pesquisa foi a necessidade de aprofundar o conhecimento relacionado aos tipos de pintura, bem como dos diversos tipos de texturas utilizados nos revestimentos das fachadas cariocas no século XIX, período em que a Casa de Rui Barbosa foi construída. A cor e as texturas definem atributos importantes para a visualidade da arquitetura, como a tonalidade, a luminosidade, a consistência e a transparência, e ainda contribuem para a interpretação crítica dos textos originais e aqueles acrescidos pelo tempo.

A adoção de materiais modernos promoveu o esquecimento praticamente total dos valores culturais, materiais e das tecnologias da cor, sem contar que são poucos os registros feitos para documentar as matérias primas empregadas, as soluções técnicas e os recursos usados por pintores para obtenção de determinados efeitos de textura, de coloração e de resolução de problemas de adesão das tintas de cal. São pormenores técnicos que nem sempre constam de tratados ou manuais de pintura, mas que, em função dos resultados obtidos nas obras de conservação/restauração, alteram completamente a percepção do monumento.

Neste sentido, buscou-se criar um quadro de referências para subsidiar as tomadas de decisão nas intervenções de restauração e conservação das superfícies arquitetônicas do Museu Casa de Rui Barbosa, aprofundando conhecimentos sobre os pigmentos, as técnicas de preparação e de aplicação das tintas de cal e de silicato e avaliação da sua influência na aparência das superfícies pintadas.

A pesquisa se desenvolveu em duas fases, uma teórica e outra experimental, desenvolvida no canteiro de obras e nos laboratórios técnicos que realizaram a caracterização tecnológica.

A parte teórica consistiu em um amplo levantamento bibliográfico sobre o estado da arte da utilização da cal para pinturas de restauração, em fontes nacionais e internacionais, principalmente de Portugal.

Ainda na etapa teórica foi realizada pesquisa documental nos acervos da Fundação Casa de Rui Barbosa e no Arquivo do Instituto do Patrimônio Histórico Nacional, de modo a avaliar as intervenções passadas e os materiais empregados. Na base “iconografia” da Fundação Casa de Rui Barbosa foram encontradas informações que

permitiram construir uma linha do tempo das pinturas da fachada[6] (Figuras 6 e 7). Nesta linha do tempo podemos reconhecer que a fachada poderia ter sido originalmente rosa, mas que no final do século XIX passou a ser verde, com destaque para a modenatura e ornatos, e que foi pintada de rosa em 1949, sem diferenciação entre os elementos decorativos e o pano de fachada.



Figura 6 – Aquarela de Edgar L. Pattinson retirada do livro "The Beautiful Rio de Janeiro" (organizado pelo inglês Alured Gray Bell, 1914)



Figura 7 – Foto retirada do livro "Aparência do Rio de janeiro", Vol.2 de Gastão Cruls, edição 1965

Esta pesquisa iconográfica embasou a definição do partido de cores a ser adotado na pintura das fachadas. Este partido consisti na manutenção da cor rosa para o pano liso das fachadas e na aplicação da cor cinza claro para os ornatos e molduras, retomando a diferenciação tonal característica da arquitetura neoclássica, que existiu nas fachadas até 1949 (Figura 8).



Figura 8 – Desenho da Fachada com o partido de cor proposto

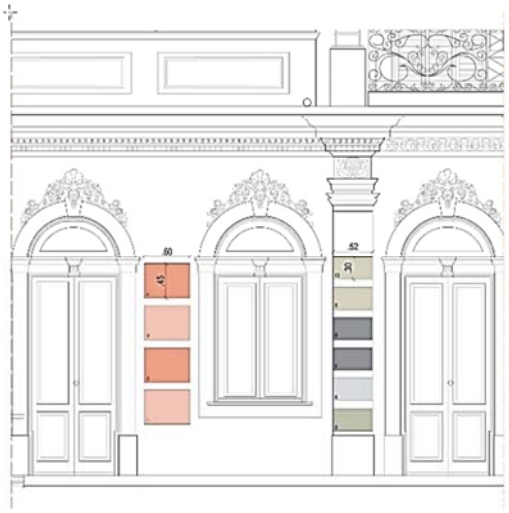
A etapa experimental consistiu na realização de uma parede teste, onde foram utilizadas tintas de silicato, uma vez que estas tintas têm sido aplicadas nas fachadas de edifícios antigos com bons resultados e boa compatibilidade. Este material utiliza componentes minerais, amplamente disponíveis na natureza, sua estrutura cristalina permite manter alta permeabilidade ao vapor, deixando a superfície seca e evitando assim a proliferação de microorganismos, bem como o acúmulo de sujidades. O uso de pigmentos inorgânicos proporciona maior durabilidade da cor, mesmo em climas quentes e úmidos.

Com base no levantamento das tintas de silicato utilizadas em restaurações recentes e bem sucedidas, identificamos os fabricantes[7], e escolhemos trechos da fachada sul para realização dos testes (Figura 9).

6

Trabalho realizado pela bolsista do Plano de Conservação Preventiva do Museu Casa de Rui Barbosa, Mariana Freitas.

7 As empresas – Ibratim e Granilita foram selecionadas para fornecer amostras para os testes realizados.



nº	Fabricante	Linha / referência	Base	nome da Cor	Cor
1	Ibratim	Arcádia tinta 610AOR	Silicato	Bonn Mínimo	Rosa salmão
2	Ibratim	Arcádia tinta 662AOL	Silicato	Assen Claro	Rosa salmão
3	Granilita	Grandecor restauro 9452	Silicato	Rosa salmão	Rosa salmão
4	Granilita	Graneco paint 9451	Cal	Rosa salmão	Rosa salmão
5	Ibratim	Arcádia tinta 941AOR	Silicato	Dover Mínimo	Cinza
6	Ibratim	Arcádia tinta 898AOR	Silicato	Manchester	Cinza
7	Granilita	Graneco paint 9449	Cal	Cinza Pedra	Cinza
8	Granilita	Grandecor Restauro 9453	Silicato	Cinza Pedra	Cinza
9	Granilita	Graneco paint 9450	Cal	Cinza Tostado	Cinza
10	Granilita	Grandecor restauro 9454	Silicato	Cinza Tostado	Cinza

Figura 9 – Esquema de aplicação do teste com a pintura de silicato

A etapa experimental se prolongou durante a primeira fase da intervenção, quando foram realizadas as prospecções estratigráficas e as análises laboratoriais das argamassas e tintas.

As prospecções estratigráficas foram realizadas nas fachadas em diversos pontos, contemplando o pano liso, as pilastras e frisos e os ornatos, incluído o trecho do sobrado, tentando identificar em toda a casa trechos onde ainda restasse alguma camada de tinta a fim de documentação, visto que a documentação consultada indicou que todas as camadas antigas de tinta haviam se perdido com a substituição das argamassas.

Ao realizar as prospecções, percebeu-se que em todos os trechos analisados as camadas antigas de tinta permaneciam intactas e possíveis de serem identificadas. Estavam lá as camadas mais primitivas em tom de rosa, o verde e as camadas mais recentes de rosa. (Figuras 10 e 11).

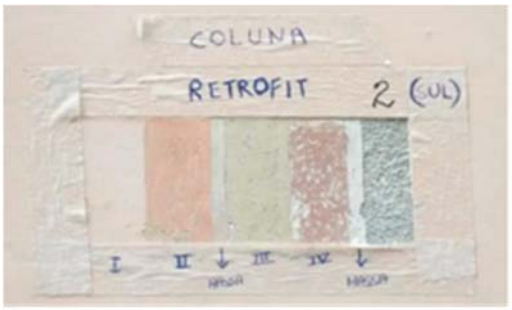


Figura 10 – Estratigrafia de trechos da fachada Sul – Coluna

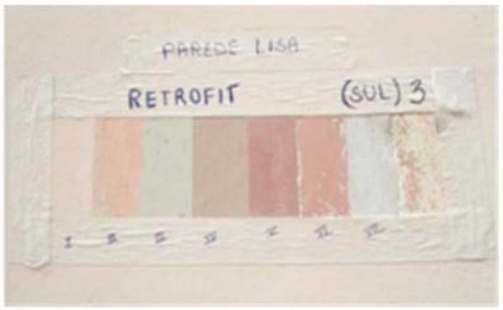


Figura 11 – Estratigrafia de trechos da fachada Sul – Parede lisa

Dando continuidade a etapa experimental, foram retiradas amostras para caracterização tecnológica das argamassas e das tintas das fachadas. Estes testes confirmaram as informações obtidas pelas estratigrafias.

Foram removidas primeiramente amostras na fachada sul e na fachada leste – por serem as mais deterioradas – e numa segunda análise nas fachadas norte e oeste. As amostras do embasamento foram retiradas desconsiderando a camada mais superficial cinza, claramente posterior e cimentícia. Desta forma as amostras do embasamento identificaram as argamassas de assentamento e recobrimento mais antigas e as amostras do pano de fachada identificaram, além das argamassas de suporte, as camadas pictóricas existentes.[8]

[8] Neste artigo não abordaremos os resultados da caracterização tecnológica das argamassas históricas, dado que este trabalho já foi objeto de outro artigo da autora (CARVALHO, 2012).

Nas análises com fluorescência de raios-X foram encontrados percentuais altos de chumbo, principalmente nas camadas mais profundas da pintura (aproximadamente 30%). Há uma relação direta entre o teor de chumbo e a idade da camada de tinta: quanto mais antiga, maior o teor de chumbo – o que caracteriza a utilização de tintas à base de óleo.

Observam-se formulações de tintas com resina alquídica solúvel em água e totalmente miscível em água nas camadas superficiais (acrílica e PVA) e a formulação de tinta da camada mais interna apresentou formulação completamente distinta das demais amostras, não solúvel em água, confirmando a utilização de tintas à base de óleo. A análise colorimétrica mostrou resultados consistentes, mostrando principalmente que há cores distintas nas camadas de tintas das fachadas, corroborando as observações. visuais da estratigrafia.

A partir dos testes analíticos pudemos confirmar que as camadas de tinta existentes nas fachadas são camadas históricas, compatíveis com a linha do tempo da edificação, além de apresentarem composição química que atestam técnicas de pintura empregadas no século XIX. As cores encontradas são predominantemente a cor rosa, em diferentes tonalidades, além de uma pintura intermediária na cor verde, já indicada na pesquisa documental. A partir destas confirmações partiu-se para uma definição da tecnologia de pintura a ser empregada nas fachadas, que permitisse preservar as camadas de tinta existentes.

A intenção inicial de pintar as fachadas da casa em tinta mineral de silicato teve de ser repensada, visto que a pintura em silicato pressupõe que se chegue ao nível da argamassa de cal. Esta solução se mostrou inadequada visto que, se possuímos todas as camadas históricas ainda intactas no monumento, é nosso dever preservá-las para o futuro. Para tal precisamos chegar a uma solução alternativa, visto que também não é viável, como mostraram os danos estudados, repintar esta fachada em tinta acrílica, dada a incompatibilidade entre os materiais.

Após reuniões com os diversos profissionais envolvidos[9] chegou-se a formulação de, mantendo o partido arquitetônico definido, pintar as áreas que apresentem camadas anteriores de tinta em Tinta PVA rosa e cinza; e nas áreas onde houve troca de argamassa por nova argamassa em cal (especificamente o embasamento geral do museu e um trecho do pavimento térreo na fachada sul), foi decidido utilizar a tinta de silicato nos mesmos tons da PVA.

A tinta PVA foi a solução tecnológica possível neste momento, visto não ser possível adotar as tintas minerais ou a base de Cal, e que comparada as tintas acrilicas, esta tinta apresenta maior permeabilidade e menos efeito “plástico”. Foi utilizado o PVA da marca suvinil, pela durabilidade da cor ao desbotamento.

A manutenção do rosa se deveu a três fatores principais: na estratigrafia percebeu-se que o rosa era uma cor que se repetia em diversas camadas históricas, podendo ter sido a cor original da fachada; o tom de rosa salmão foi escolhido pelo arquiteto Lúcio Costa do IPHAN[10] e não havia nenhum motivo para não manter esta solução; a casa se encontra pintada de rosa a mais de 80 anos, sendo esta cor parte da sua identidade como museu casa histórica.

3. INTERVENÇÃO

A premissa geral do projeto foi de proteger, registrar, limpar, remover, consolidar e restaurar todas as superfícies

[9] O IPHAN, a construtora Retrofit Engenharia, o arquiteto residente Candido Campos e o Arquiteto Autor do projeto de restauração Jorge Astorga, a equipe do NPARQ-FCBR.

[10] Lúcio Costa foi um importante arquiteto modernista Brasileira, um dos grandes responsáveis ela criação do Serviço de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (hoje IPHAN) e esteve à frente de grandes obras de restauração nas décadas de 70/80; Ele determinou a escolha do Rosa salmão, em intervenção de 1986.

arquitetônicas do Museu Casa de Rui Barbosa. Os serviços principais abrangiam a conservação geral das argamassas e revestimentos pictóricos, incluindo a aplicação de argamassa de restauração a base de cal e pintura de base mineral.

Para melhor aproveitamento dos recursos disponíveis a intervenção para conservação/restauração das superfícies arquitetônicas do Museu Casa de Rui Barbosa foi dividida em duas fases, observando a composição arquitetônica do conjunto edificado[11].

O escopo principal dos serviços seria, inicialmente, de: remoção da argamassa cimentícia de todo embasamento, bem como de demais trechos a serem identificados após a remoção da camada pictórica, e respectiva recomposição com argamassa a base de cal, conforme indicação pré-existente das pesquisas para a conservação das superfícies; remoção de toda a camada pictórica de paramento e ornamentos e aplicação de nova pintura com tinta de base mineral, com a diferenciação entre cor de paramento e ornamento.

Após a montagem do canteiro para instalação da empresa no local, foi dado prosseguimento com os serviços iniciais. Os principais foram o levantamento via scanner 3D e as análises laboratoriais das amostras de argamassas removidas em diferentes pontos das fachadas, como já mencionado.

Foi realizado levantamento 3D que apresentou como produtos finais as imagens panorâmicas e a nuvem de pontos das fachadas. Os resultados encontrados a partir das prospecções estratigráficas e arquitetônicas apontaram para necessidade de mudança nas definições de algumas diretrizes do projeto de restauração. Primeiramente, optou-se por manter todas as camadas identificadas nas prospecções estratigráficas, uma vez que se trata da própria história do edifício preservada em suas fachadas. Porém, tal decisão levou a necessidade de mudança também no tipo de tinta a ser empregada na nova pintura. Considerada como a opção possível para a situação em questão, a tinta PVA foi escolhida para a nova pintura das fachadas, sendo o rosa utilizado para o paramento e o cinza para os ornamentos (Figuras 12 e 13).

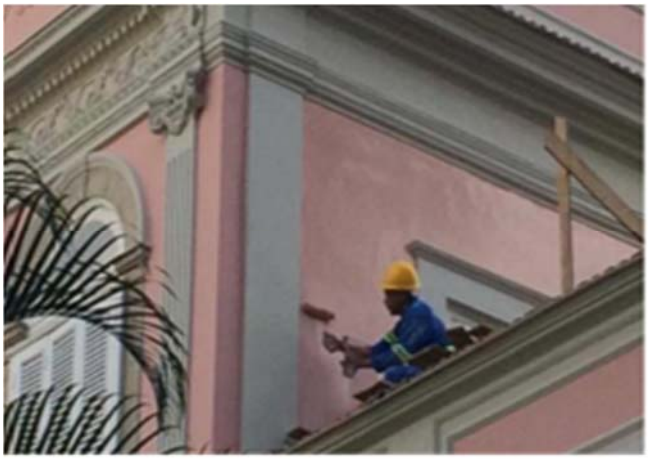


Figura 12 – Execução da pintura na fachada



Figura 13 – Execução da pintura nos ornatos

Para o embasamento foi mantida a orientação inicial de remoção e recomposição de argamassas em cal (Figuras 14, 15 e 16). O aspecto final do embasamento foi dado pela aplicação de um reboco de cal texturizado e pintura com tinta mineral na cor cinza claro.

[11] A primeira fase da obra de conservação e restauração das superfícies arquitetônicas do MCRB foi iniciada em janeiro de 2016 e concluída em novembro do mesmo ano. A empresa vencedora da licitação e contratada para a execução foi a Retrofit Engenharia de Serviços Ltda. Todo o desenvolvimento da obra foi fiscalizado pela equipe do NPArq/FCRB e por um técnico designado pelo Iphan.



Figura 14 – Remoção da argamassa do embasamento



Figura 15 – Execução da argamassa do embasamento



Figura 16 – Execução da argamassa do embasamento

A segunda fase da obra de conservação e restauração das superfícies arquitetônicas foi iniciada em janeiro de 2017 e concluída em outubro do mesmo ano. Contemplou outros trechos da edificação, incluindo a cavalariça.

Em virtude dos problemas verificados neste trecho da construção, conforme já mencionado anteriormente, (Figura 17) a intervenção na antiga cavalariça previa a substituição total das argamassas de cal existentes pela nova formulação, testada durante a pesquisa e aplicada na primeira fase. Sobre essa nova base foram aplicadas as tintas minerais de silicato.

Foram realizados estudos e teste *in loco* com variações tonais das cores encontradas na estratigrafia. Ficou definido que seria utilizada a cor rosa escuro para o paramento e o cinza claro para a ornamentação, utilizando o mesmo partido das fachadas do corpo principal da Casa. Uma tinta esmalte em tom cinza azulado foi utilizada para pintura das esquadrias em madeira (Figura 18).



Figura 17 – Fachada da Cavalariça antes da restauração



Figura 18 – Fachada da Cavalariça após a segunda fase da restauração

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado da intervenção realizada nas fachadas do Museu Casa de Rui Barbosa foi muito satisfatório, tanto do ponto de vista histórico, pois resguardou as informações contidas na materialidade do monumento, quanto do ponto de vista artístico, pois retomou o partido da residência neoclássica que havia se perdido, ressaltando as qualidades arquitetônicas do edifício.

Na conservação de superfícies arquitetônicas a primeira opção a ser considerada é a manutenção dos revestimentos existentes tendo em vista o papel que desempenham na significação cultural do patrimônio

edificado, neste sentido a estratégia para esta intervenção foi preservar ao máximo o existente, removendo apenas o que estava levando a deterioração destas fachadas. Nesta perspectiva a intervenção foi além do projeto, visto que a descoberta e manutenções das camadas de tinta existentes levou a uma opção ainda mais conservativa.

Na impossibilidade de se manter o revestimento existente nos trechos do embasamento, a definição de uma argamassa de substituição e de novas pinturas minerais comportou um grau de complexidade no que se refere aos requisitos funcionais que deveriam ser atendidos e da compatibilidade entre os materiais, além de levar em conta a tipologia da edificação, a época da sua construção, e as condições ambientais a que este monumento esta submetido. Permearam ainda às estas tomadas de decisão, critérios de ordem estética e figurativa, buscando soluções que não comprometessem a leitura desta edificação e seu papel como suporte de memórias.

> *"A compreensão desses aspectos plurais faz da conservação de superfícies um problema teórico e prático de restauração, e não pode ser considerado apenas como manutenção de rotina. É uma ação que envolve tanto a forma como o material do edifício, e que não deve ser realizada como um mero tratamento cênico, pelo contrário, deve considerar o objeto arquitetônico como um todo em sua complexidade funcional, estética e estrutural"* (Carbonara, 1997).

A questão da preservação dos revestimentos é um tema de grande importância para o campo da restauração e se apresenta como um grande desafio teórico e prático. O processo decisório, no caso das superfícies do Museu Casa de Rui Barbosa, demandou uma abordagem crítica e um aprofundamento técnico, de modo que a intervenção não se restringisse a minimizar os problemas de deterioração e atender exclusivamente às necessidades funcionais. A partir da pesquisa documental – bibliográfica, arquivística e iconográfica – foi possível traçar hipóteses que foram confirmadas e descartadas a partir das informações contidas no próprio monumento, levantadas em análises realizadas *in loco* e testes analíticos de laboratório.

No caso do Museu Casa de Rui Barbosa, vimos claramente o ganho de qualidade na intervenção, uma vez que as tomadas de decisão se basearam em dados concretos levantados na pesquisa aplicada. Tanto a documentação produzida pela pesquisa, quanto a documentação produzida pela intervenção, estarão disponíveis para a as tomadas de decisão futuras da própria instituição, e de outras que atuem no campo do patrimônio, se configurando como uma pequena contribuição, porém valiosa, para a preservação arquitetônica, e em especial para a conservação das superfícies

REFERÊNCIAS

AGUIAR, José, 2006 – **Uma arqueologia da cor? Conservação de superfícies e revestimentos no património urbano português.** *In Património | Estudos – Caderno: Património arquitectónico. Registo, interpretação e critérios de intervenção*. 9. Lisboa: IPPAR. ISSN: 1545-2453

AGUIAR, José, 2002 – **Cor e cidade histórica. Estudos cromáticos e conservação do património**. Porto: FAUP. 1.ªEdição. ISBN 972-9483-47-7.

CARBONARA, Giovanni, 1997 – **Il trattamento delle superfici come problema di restauro**. I*n CARBONARA, G. – Avvicinamento al restauro: teoria, storia, momumenti*. Cap 2. Napoli: Liguori. ISBN: 8820723123, 9788820723125.

CARVALHO, Claudia S. Rodrigues de, 2012 – **A pesquisa para conservação de superfícies arquitetônicas do Museu Casa de Rui Barbosa**. São Paulo. *In Pós-Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP.* V.19 N.31. ISSN 1518-9554.

CARVALHO, Claudia S. Rodrigues de; CORDEIRO, Patricia Cavalcante; TURINO, Tiago; AVELLAR, Gabriel, 2016 – **The conservation and restoration of architectural surfaces as a learning process**. *In* 4th Historic Mortars Conference – HMC 2016. London: IIC. ISBN: 978-2-35158-112-4.

CARVALHO, Claudia S. R., KANAN, Maria Isabel, 2010 – **Conservation and restoration of the Casa de Rui Barbosa Museum's architectural surfaces in Rio de Janeiro: reflections and planning issues**. *In* Proceedings of the 2nd Historic Mortars Conference – HMS 2010 and of the Final Workshop. ISBN: 978-2-35158-112-4.

CHAGAS, Daniela Álvaro, 2010 – **Cor e conservação: as intervenções cromáticas no Terreiro do Paço**. Tese de Mestrado. Lisboa: FA/Universidade de Lisboa.

GIL, Milene, 2009 – **A conservação e restauro da pintura mural nas fachadas alentejanas: estudo científico dos materiais e tecnologias antigas da cor**. Tese de Doutoramento. Lisboa: FCT/Universidade NOVA de Lisboa.

KANAN, Maria Isabel, 2008 – **Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal**. Cadernos Técnicos 8. Brasília, DF: Iphan/Programa Monumenta. ISBN 978-85-7334-077-8.

KÜHL, Beatriz Mugayar, 2004 – **O tratamento das superfícies arquitetônicas como problema teórico da restauração**. In Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material. v.12 N.1 (jan/dez). São Paulo: Museu Paqulista, Universidade de São Paulo. ISSN 1982-0267.

SANTOPUOLI, Nicola; SECCIA, Leonardo, 2008 – **Il rilievo del colore nel Campo dei Beni Culturali**. *In* CARBONARA, G. (Org.). Torino, Itália. ISBN 978 88 598 03027.

TAVARES, Martha, 2009 – **A conservação e o restauro de revestimentos exteriores de edifícios antigos: uma metodologia de estudo e reparação**. Tese de Doutoramento. Lisboa: LNEC.

VEIGA, M. Rosário, 2004 – **Conservação e renovação de revestimentos de paredes de edifícios antigos**. Colecção Edifícios, CED 9. Lisboa: LNEC. ISBN 978-972-49-2176-1.

VEIGA, M. Rosário, 2005 – **Comportamento de rebocos para edifícios antigos: exigências gerais e requisitos específicos para edifícios antigos**. *In* Seminário "Sais solúveis em argamassas de edifícios antigos". Lisboa: LNEC. ISBN 978-972-49-2176-1.

BIBLIOTECA MÁRIO DE ANDRADE: O PATRIMÔNIO CULTURAL E SUA PRESERVAÇÃO NO URBANO CONTEMPORÂNEO

MÁRIO DE ANDRADE LIBRARY: THE CULTURAL HERITAGE AND ITS PRESERVATION IN THE CONTEMPORARY URBAN





Laís Amorim [(1)], Manoela Rufinoni [(2)]

(1) Escola de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade Federal de São Paulo (EFLCH-UNIFESP), Brasil, laisilvamorim@gmail.com

(2) Escola de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade Federal de São Paulo (EFLCH-UNIFESP), Brasil, mrrufinoni@hotmail.com

RESUMO

Este artigo procura analisar de que modo e em qual contexto histórico, econômico e sociocultural a Biblioteca Mário de Andrade foi concebida, vivenciada, tutelada e restaurada. O estudo pretende identificar, ainda, em que medida as particularidades do edifício e a interação com o espaço urbano envoltório foram considerados nas ações de tutela e de restauro.

Palavras-chave: Biblioteca Mário de Andrade / Jacques Pilon / Patrimônio Arquitetônico / Patrimônio Urbano / São Paulo (Cidade)

RESUMO ALARGADO

Projetada pelo arquiteto francês Jacques Émile Paul Pilon (1905-1962)[1], a Biblioteca Mário de Andrade (BMA) foi construída entre 1935 e 1942, momento em que o centro histórico da cidade de São Paulo, Brasil, passava por incisivas transformações arquitetônicas e urbanas. Como um dos marcos dessas transformações, a BMA assinala a presença de profissionais estrangeiros na construção civil e de linguagens arquitetônicas de vanguarda que começavam a repercutir em solo brasileiro, além da verticalização do centro histórico e da busca pela interação entre espaços públicos e privados, delineando um significativo espaço de convivência e de sociabilidade urbana. Devido às características arquitetônicas e à particular inserção urbana da BMA (edifício tutelado pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do estado de São Paulo – CONDEPHAAT em 2013 e pelo Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo – CONPRESP indiretamente em 1992 e diretamente em 2017), o estudo das ações de preservação e de restauro desse patrimônio assume grande relevância, pois impulsiona o debate sobre a ampliação das ações de tutela para além do edifício isolado e, consequentemente, para a necessidade de construirmos relações entre as políticas de preservação, as diretrizes de restauro e as normativas de planejamento urbano.

Esta comunicação, portanto, procura analisar de que modo e em qual contexto histórico, econômico e sociocultural a BMA foi concebida e projetada nas gestões dos prefeitos Fábio Prado (1934-938) e Prestes Maia (1938-1945); vivenciada desde o desenvolvimento do centro novo, entre as décadas de 1950 e 1970, até a atualidade, dotada de uma menor frequência de pedestres na região; tutelada, e por fim restaurada em 2005 pelo escritório Piratininga Arquitetos (ação sistêmica, com base em um projeto amplo e sustentável, já que as anteriores de 1973 e 1991 foram pontuais) .

O estudo procura identificar, ainda, em que medida as particularidades do edifício e a interação com o espaço urbano envoltório foram considerados nas ações de tutela e de restauro.

Nota

Artigo completo em avaliação para publicação em revista temática.

REFERÊNCIAS

Arquitetura, urbanismo, decoração. +Revista Acrópole. 1942. Ano 5. n.º 50. São Paulo: Edições Técnicas Brasileiras, LTDA.

Cartas patrimoniais. Rio de Janeiro: IPHAN, 2000.

CARVALHO, Orlando França, 2004 – **Forma e contexto no projeto da Biblioteca Mário de Andrade (1934-2004).** Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie.

CORREIA, Telma de Barros, 2008 – **Art Déco e indústria. Brasil, décadas de 1930 e 1940.** *Anais do Museu Paulista*. v.16. n.2 (jul-dez).

1 Jacques Pilon, desde a sua chegada ao Brasil em 1933 (Silva, 2010, p. 42), adotou diferentes técnicas e tendências arquitetônicas, demonstrando o seu desenvolvimento como arquiteto e as suas referências projetuais. Entre algumas das notáveis obras em que participou na capital paulista, podemos citar: edifício residencial São Luís, edifício Stella, edifício Edlu, hotel Jaraguá, edifício sede da Aliança Francesa, condomínio Paulicéia e São Carlos do Pinhal e Liceu Pasteur (Casa Santos Dumont).

COSTA, Sabrina Studart Fontenele, 2010 – **Relações entre o traçado urbano e os edifícios modernos no Centro de São Paulo: arquitetura e cidade (1938/1960).** São Paulo: FAUUSP.

HOAY, Françoise, 2006 – **Alegoria do patrimônio.** São Paulo: Editora Unesp.

LE GOFF, Jacques, 1992 – **História e memória.** Campinas: Unicamp.

LEFÈVRE, José Eduardo de Assis, 2000 – **Entre o discurso e a realidade. A quem interessa o centro de São Paulo? A Rua São Luiz e sua evolução.** Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

PINHEIRO, M. L. B, 1997 – **Modernizada ou moderna? A arquitetura em São Paulo (1938-1945).** Tese de Doutorado. São Paulo: FAUUSP.

PRADO Jr., Bento, 1992 – **A biblioteca e os bares na década de 50.** *Revista da Biblioteca Mário de Andrade*. 8. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo/Secretaria Municipal de Cultura

Processo n.º 1741/2015 **– Bens tombados e processos em andamento pelo IPHAN**. Disponível em:http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Lista_bens_tombados_processos_andamento_2018 [Acesso em julho de 2018].

Resolução n.º 02/2017/CONPRESP/2017 – **Processo n. 2016-0.075.508-5.** Diário Oficial da cidade de São Paulo. 62(100) 15

Resolução n.º 37/92 **– Tombamento na área do Vale do Anhangabaú. Resolução CONPRESP 06/91**. SÃO PAULO: Prefeitura do Município de São Paulo/SMC/DPH

Resolução SC 82/13 – **Tombamento da Biblioteca Municipal Mario de Andrade, à rua da Consolação, 94, bem como da Praça Dom José Gaspar, na cidade de São Paulo**. **Processo CONDEPHAAT 51479/2005.** DOE 21.08.2013 – Poder Executivo – Seção I. p. 49

RUFINONI, Manoela Rossinetti, 2013 – **Preservação e restauro urbano: intervenções em sítios industriais.** São Paulo: Fap-Unifesp.

RUFINONI, Manoela Rossinetti, 2010 – **A cidade e seus bens culturais: a dimensão urbana da tutela na abordagem dos documentos internacionais.** *Revista Projeto História*. v.40.

SILVA, Joana Mello de Carvalho, 2010 – **O arquiteto e a produção da cidade: a experiência de Jacques Pilon em perspectiva 1930-1960.** Tese de Doutorado. São Paulo: FAUUSP.

A PERCEÇÃO DOS INVESTIDORES E UTILIZADORES SOBRE A APLICAÇÃO DE COBERTURAS E FACHADAS AJARDINADAS EM EDIFÍCIOS

INVESTORS AND USERS PERCEPTION ON THE APPLICATION OF GREEN ROOFS AND GREEN WALLS IN BUILDINGS

Tiago Liberalesso [(1)], Cristina Matos Silva [(2)], Carlos Oliveira Cruz [(3)], Maria Manso [(4)]

(1) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Portugal, tiago.liberalesso@tecnico.ulisboa.pt
(2) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Portugal, cristina.matos.silva@tecnico.ulisboa.pt
(3) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Portugal, oliveira.cruz@tecnico.ulisboa.pt
(4) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Portugal, maria.manso@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

A implementação de infraestruturas verdes no contexto urbano contribui para a mitigação dos impactes ambientais causados pela impermeabilização do solo, bem como, aumenta a resiliência das cidades aos fenómenos associados às mudanças climáticas. Neste sentido, as coberturas e fachadas ajardinadas apresentam inúmeros benefícios económicos, sociais e ambientais. No entanto, os elevados custos de instalação e manutenção, podem, por vezes, inviabilizar a aplicação dessas soluções por parte de investidores privados. Torna-se assim importante, averiguar as particularidades de cada investidor de forma a se identificar alternativas que ratifiquem tal investimento. Neste estudo, analisou-se a perceção de hóspedes e investidores no que se refere à aplicação de coberturas e fachadas ajardinadas em alojamentos locais (*Hostels*) no município de Lisboa, Portugal. A investigação foi conduzida através de inquéritos estruturados. Neste estudo, foram analisadas 184 respostas de hóspedes e 4 respostas de investidores.

Os resultados demonstraram uma considerável apreciação por parte dos hóspedes em relação ao potencial de melhoria estética do local e do bem-estar proporcionado pela presença de coberturas e fachadas ajardinadas, podendo tornar-se um fator importante a ser considerado no processo de seleção do local de hospedagem. Por outro lado, os investidores consideraram que a existência de políticas de incentivo pode ser um estímulo importante à instalação dessas soluções. Ambos os grupos de entrevistados demonstraram preocupação com a possibilidade do aparecimento de pragas.

Palavras-chave: Coberturas Ajardinadas / Fachadas Ajardinadas / Perceção / Infraestruturas Verdes

1. INTRODUÇÃO

As infraestruturas verdes, enquanto técnicas de baixo impacte, são cada vez mais utilizadas como instrumentos de mitigação dos impactes ambientais resultantes do processo de urbanização. Estas técnicas contribuem para a criação de um ambiente urbano "naturalizado", diminuindo, entre outros problemas, o efeito de "ilhas de calor" e contribuindo assim para a adaptação das cidades às mudanças climáticas.

Entre as inúmeras soluções de infraestruturas verdes existentes, destacam-se as coberturas e fachadas ajardinadas. Essas estruturas podem contribuir significativamente para a redução da temperatura do ambiente circundante em até 2 °C (Qin *et al*., 2012; Savio *et al*., 2006; Susca *et al*., 2011), bem como, melhorar a qualidade do ar através da retenção de poeiras e gases poluentes (Deutsch, 2002; Yang *et al*., 2008). Além do mais, podem fornecer serviços ecossistémicos de aprovisionamento (alimentos – agricultura urbana e recursos ornamentais), de habitat (espaços adequados para plantas e animais selvagens) e culturais (melhoria estética e espaços de lazer) (Zhang and Ramírez, 2019).

No entanto, apesar dos inúmeros benefícios, os custos de instalação e manutenção destes revestimentos ajardinados são geralmente onerosos, dependendo sobretudo da tipologia e do nível tecnológico empregue (Bianchini and Hewage, 2012; Cruz *et al.*, 2018; Peng and Jim, 2015; Perini and Rosasco, 2016; Riley, 2017; Sproul *et al.*, 2014; William *et al.*, 2016). Dependendo da solução aplicada, importa também referir a necessidade de reforço estrutural (Akther *et al.*, 2018; Ampim *et al.*, 2010; Cao *et al.*, 2014; FLL, 2008; Molineux *et al*., 2009; Sutton, 2018), nos casos de edifícios antigos e/ou que não foram projetados para tal sobrecarga, incrementando assim os custos de instalação, tornando mais inviável o investimento em infraestruturas dessa natureza.

Alguns estudos demonstraram, através de análises de custo-benefício, que, apesar de as coberturas e fachadas ajardinadas serem economicamente inviáveis para os investidores privados, podem ter uma viabilidade positiva ao se considerar os benefícios públicos à escala da cidade (Ngan, 2004; Perini and Rosasco, 2013; Teotónio *et al.*, 2018). Por outras palavras, as infraestruturas verdes geralmente têm viabilidade financeira negativa (ganhos privados) mas viabilidade económica e socioambiental positiva (ganhos públicos) (Teotónio *et al.*, 2018).

Nesse sentido, e como forma de maximizar os benefícios sociais, económicos e/ou ambientais das coberturas e fachadas ajardinadas (Teotónio *et al.*, 2018), muitos municípios, localizados em diferentes países, têm vindo a desenvolver políticas de incentivo para estimular os proprietários de imóveis a aderirem a estas infraestruturas verdes através do fornecimento de incentivos fiscais, subsídios financeiros ou outras formas de incentivo (Liberalesso *et al.*, 2020).

Por outro lado, quando não há iniciativas desta natureza por parte do poder público, é necessário que outras possibilidades sejam averiguadas de acordo com as especificidades de cada investidor (tipo de edificado, atividade desenvolvida, condições da envolvente, etc.). Neste sentido, os proprietários de estabelecimentos de hospedagem têm como clientes, hóspedes de diversas partes do mundo, com características e exigências particulares. Portanto, perceber uma possível tendência no comportamento e na preferência desses atores pode ser uma importante ferramenta para auxiliar no processo de tomada de decisão desses investidores.

Este artigo teve como objetivo identificar as preferências e a perceção dos hóspedes e proprietários de alojamentos locais (*Hostels*) no município de Lisboa, Portugal, no que respeita à aplicação de coberturas e fachadas ajardinadas, focando-se sobretudo na compreensão dos benefícios e impedimentos para a difusão destas soluções.

2. METODOLOGIA

Os dados foram reunidos entre agosto e setembro de 2019 através da aplicação de inquéritos estruturados aos hóspedes e proprietários de alojamentos locais (*Hostels*) no município de Lisboa, Portugal. Foram entrevistados 184 hóspedes e 4 investidores. Este estudo focou-se na avaliação da perceção dos hóspedes sobre as coberturas e fachadas ajardinadas, nomeadamente, sensação de bem-estar (*BemEst*), melhoria na estética local (*MelEst*), solução para os problemas ambientais urbanos (*ProbUrb*), possibilidade de proliferação de insetos e animais roedores (*InsRoed*), e de desencadear reações alérgicas a hóspedes mais suscetíveis (*PesAler*), bem como, a possibilidade das infraestruturas verdes serem um ponto de decisão na escolha do local de hospedagem (*PontoDec*).

Este estudo visou identificar também a perceção dos proprietários/investidores relacionada com a valorização do negócio e do imóvel, bem como da receita média por hóspede. Além das variáveis anteriormente citadas, estes foram também questionados sobre os principais impedimentos para a instalação das coberturas e fachadas ajardinadas e a sua perceção sobre o papel do poder público na promoção destas soluções.

Os entrevistados indicaram o grau de preferência usando uma escala do tipo Likert, com variações de resposta entre "muito improvável" [1] a "muito provável" [5]. Para fins estatísticos as diferenças na "intensidade de preferência" entre os cinco níveis da escala foram consideradas idênticas, permitindo assim o tratamento quantitativo dos dados. Os dados foram analisados com auxílio do pacote estatístico SPSS e o nível de significância adotado foi de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os hóspedes entrevistados têm uma idade média de 28 (± 11,5) anos, sendo 59% do sexo feminino e 41% do sexo masculino. O nível de escolaridade da maioria dos inquiridos corresponde ao nível secundário (39%) conforme indicado na Figura 1.

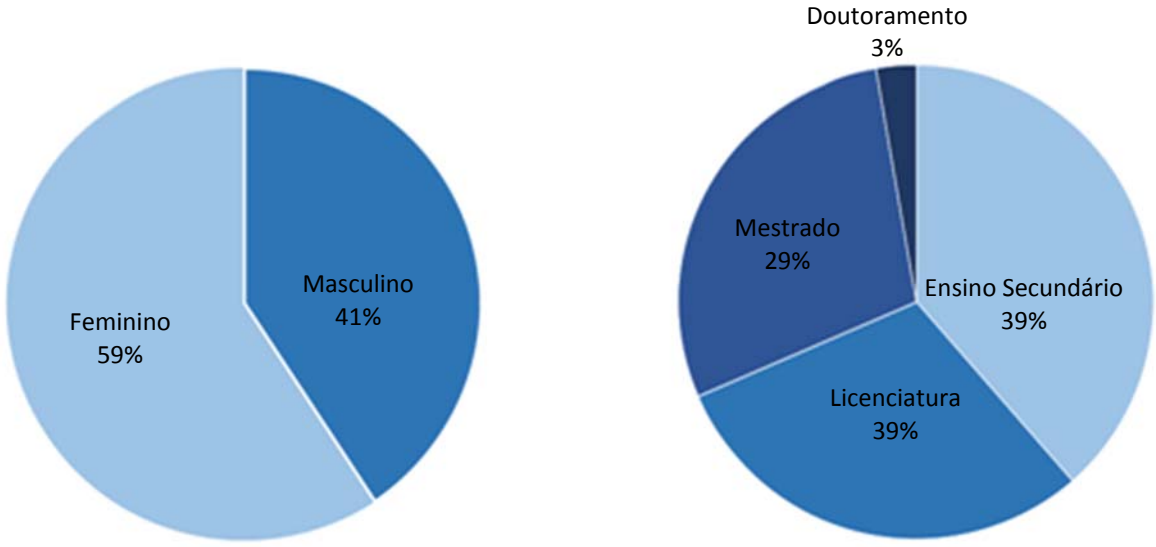


Figura 1 – Distribuição dos hóspedes por sexo e nível educacional

No que se refere à perceção dos hóspedes entrevistados quanto à aplicação de coberturas e fachadas ajardinadas, estes indicaram a sua perceção através de uma escala de intensidade de [1] a [5]. Considerou-se que a "intensidade de preferência" entre os cinco níveis é idêntica e, portanto, os dados puderam ser trabalhados quantitativamente.

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva referente as variáveis analisadas, nomeadamente: sensação de bem-estar (*BemEst*), melhoria na estética local (*MelEst*), ponto de decisão na escolha entre dois estabelecimentos (*PontoDec*), solução para os problemas ambientais urbanos (*ProbUrb*), possibilidade de proliferação de insetos e animais roedores (*InsRoed*), e de desencadear reações alérgicas aos hóspedes (*PesAler*).

Tabela 1 – Estatística básica para a perceção dos hóspedes em relação à aplicação de coberturas e fachadas ajardinadas

Acrónimo	*μ*	Mediana	Moda	*σ*	*CV(%)*	*Q1*	*Q3*	*IQR*	*γ*	*κ*
BemEst	4,000	4	5	0,994	24,862	3	5	2	-0,813	0,224
MelEst	4,060	4	5	1,004	24,722	3	5	2	-0,908	0,182
PontoDec	3,667	4	5	1,294	35,286	3	5	2	-0,727	-0,534
ProbUrb	4,082	4	5	1,013	24,818	4	5	1	-1,026	0,514
InsRoed	3,511	4	3	1,169	33,304	3	4	1	-0,373	-0,653
PesAler	2,901	3	3	1,253	43,194	2	4	2	0,018	-0,920

μ: média; σ: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Q1: Primeiro quartil; Q3: Terceiro quartil; IQR: Amplitude interquartil; γ: Distorção (Skewness); *k*: Curtose (Kurtosis)

Observa-se que os coeficientes de variação das variáveis são consideravelmente próximos ou superiores a 25% (limiar para alta variabilidade), principalmente no que se refere às variáveis *PontoDec*, *InsRoed* e *PesAler*. Ou seja, existe uma grande heterogeneidade entre os hóspedes entrevistados quanto à perceção destes sobre as infraestruturas verdes.

De seguida são detalhados os resultados obtidos para as variáveis estudadas de maneira a procurar um melhor entendimento das preferências dos hóspedes e a identificação de possíveis tendências, principalmente no que se refere à existência de coberturas e fachadas ajardinadas em estabelecimentos de hospedagem.

3.1. Bem-estar e melhoria na estética local

Estudos verificaram que o contacto contínuo com a natureza pode reduzir o risco de doenças que envolvam stress crónico (Grinde and Patil, 2009; Hartig *et al*., 2014) podendo assim melhorar a qualidade de vida dos cidadãos nos centros urbanos. Para além disso, a melhoria estética de um local (Contesse *et al*., 2018), e a interação com ambientes naturais pode proporcionar efeitos positivos na saúde e no bem-estar humano (Grinde and Patil, 2009).

De facto, as perguntas relacionadas com a melhoria na sensação de bem-estar e melhoria estética do local receberam uma considerável recorrência de respostas positivas (entre 4 e 5) de 71% e 74%, respetivamente.

A média e mediana de ambas as variáveis se concentraram entre 4 e 5, com moda igual a 5. Ou seja, a maioria dos inquiridos considerou muito provável [5] pela escala do tipo Likert, que as coberturas e fachadas ajardinadas contribuam para melhorar os fatores supracitados. O desvio padrão no entorno da média demonstra uma possível dispersão dos dados, e os coeficientes de variação atestam uma possível heterogeneidade.

Através da correlação de Pearson se procurou identificar a relação entre as variáveis *BemEst* e *MelEst*. Habitualmente as correlações são classificadas como fortes, moderadas e fracas, sendo essa classificação definida de acordo com as especificidades de cada estudo e geralmente por critérios definidos pelos autores. Portanto, para fins deste estudo, foi considerado (para valores positivos ou negativos): quando $r > 0{,}9$ a correlação é muito forte; $0{,}7 < r \leq 0{,}9$ a correlação é forte; $0{,}5 < r \leq 0{,}7$ a correlação é moderada; $0{,}3$ $r \leq 0{,}5$ a correlação é fraca

e para 0 < r ≤ 0,3 a correlação é considerada desprezável.

A Figura 2 mostra graficamente a relação entre a variável independente ou explicativa (neste caso, a melhoria estética do local), e a variável resposta (sensação de bem-estar ocasionada pelas infraestruturas verdes). Observa-se que o gráfico de dispersão apresenta uma particularidade no que se refere a dispersão dos pontos, visto que as respostas dos mesmos estavam condicionadas a uma escala de satisfação de 1 a 5. E, portanto, o indicativo de correlação positiva, negativa ou nula é dado pela reta e sua respetiva equação. Em cada ponto do gráfico é indicado o número de inquiridos para as respetivas alternativas, seguindo-se a ordem XY das coordenadas.

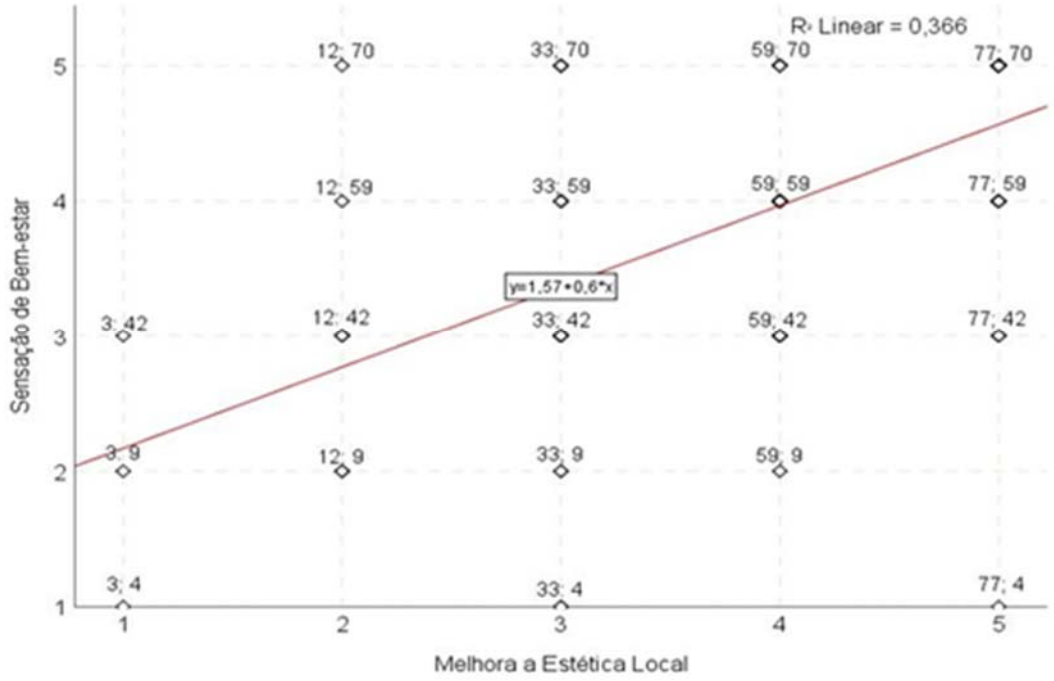


Figura 2 – Gráfico de dispersão entre "Sensação de bem-estar" e "Melhora a estética local"

De facto, ao se observar o diagrama de dispersão observa-se que os 184 pontos se encontram sobrepostos entre 1 e 5. No entanto, conforme indicado pelo *r* de Pearson verifica-se que a relação de bem-estar com a melhoria estética do local apresenta uma correlação moderada positiva (0,605). Isto porque, ao se melhorar a estética do local os hóspedes tenderão a se sentir mais confortáveis e consequentemente ter uma maior sensação de bem-estar. Obviamente que ao considerar as infraestruturas verdes como um aspeto positivo para melhorar as condições locais, isto também traria uma sensação de aconchego e contentamento ao hóspede e, portanto, é evidente a existência de correlação entre essas variáveis.

3.2. Infraestruturas verdes como ponto de decisão

Quanto à perceção dos hóspedes em relação a quão relevante seria a existência de infraestruturas verdes entre duas opções de estabelecimentos com mesma taxa diária, mas diferenciando-se em relação à existência de infraestruturas verdes, verificou-se que a maioria dos hóspedes (63%) considera a existência dessas soluções como um fator provável [4] ou muito provável [5] no momento da decisão entre dois estabelecimentos de hospedagem.

É possível perceber que, apesar da maior frequência de respostas corresponder a 5 (muito provável), representando aproximadamente 34% dos inquiridos, a média (3,667) apresentou um desvio padrão considerável, demonstrando assim uma dispersão significativa dos dados, o que é confirmado por um coeficiente de variação superior a 35%.

No entanto, é importante indicar que neste estudo não foram considerados outros serviços e facilidades que podem ser consideradas muito mais importantes para os hóspedes. Portanto, é de salientar que a análise dessa variável deve concentrar-se exclusivamente na existência ou inexistência de infraestruturas verdes, considerando, portanto, que as outras possíveis interferências na escolha do local são nulas.

3.3. Infraestruturas verdes como estratégia para os problemas ambientais urbanos

Embora exista atualmente um amplo consenso de que as questões ambientais urbanas são importantes para o desenvolvimento humano e que o processo de aquecimento global tende a se agravar nas próximas décadas, ainda são poucas as estratégias de adaptação e mitigação das mudanças climáticas nos centros urbanos. Nesse sentido, as infraestruturas verdes podem ser uma importante ferramenta no processo adaptativo das cidades, tornando-as cada vez mais resilientes.

Ao serem questionados sobre a possibilidade de as infraestruturas verdes serem uma solução alternativa aos problemas ambientais urbanos atuais e futuros (*ProbUrb*), mais de 75% dos inquiridos considerou as infraestruturas verdes como uma provável [4] ou muito provável [5] alternativa de mitigação do impacte ambiental decorrente da densa urbanização. No extremo oposto (entre [1] e [2]) encontram-se 8% dos respondentes, enquanto que mais de 15% pensam ser indiferente [3] utilizar tal estratégia como solução para os problemas ambientais urbanos.

Ao se analisar os resultados da estatística descritiva para as medidas de tendência central verifica-se que, a média (4,082), moda (5) e mediana (4) apresentam valores que confirmam, segundo a perceção dos entrevistados, o carácter positivo que as infraestruturas verdes têm para mitigação dos problemas ambientais dos centros urbanos.

3.4. Possíveis desvantagens das infraestruturas verdes

Relativamente aos potenciais problemas causados pelas coberturas e fachadas ajardinadas no que se refere à proliferação de insetos e animais roedores (*InsRoed*), as medidas de tendência central apontaram que a maioria dos inquiridos (moda) considera como neutra/indiferente [3] a possibilidade de aparecimento dessas pragas. No entanto, a média (3,51) e a mediana (4) destoam desse valor, isto porque o coeficiente de variação é consideravelmente elevado (33%), o que leva a identificar uma heterogeneidade na perceção dos hóspedes para com a variável citada.

Os possíveis problemas alérgicos (*PesAler*) também apresentam igualmente uma heterogeneidade considerável (CV ≅ 44%), apesar do visível alinhamento das medidas de tendência central (média = 2,9; mediana e moda = 3) e da assimetria próxima a zero (0.018). Ao se testar a normalidade dos dados para essa variável, com 5% de significância, percebe-se que os dados não satisfazem os pressupostos de normalidade pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk.

No entanto, é interessante notar que os inquiridos estão, aparentemente, mais preocupados com o aparecimento de insetos e animais roedores (problemas que os podem afetar diretamente) do que na possibilidade de desencadear reações a hóspedes com problemas alérgicos (*PesAler*). O que difere portanto, do observado por Fernandez-Cañero *et al*. (2013) onde a preocupação dos inquiridos para com ambas as variáveis foi praticamente idêntica.

3.5. Perceção dos investidores

A avaliação económica é um instrumento importante para determinar a viabilidade de um investimento potencial, que permite identificar se os retornos diretos (sejam eles monetários ou não) justificam os custos para o investidor (Hassanain *et al*., 2017). Neste âmbito, as infraestruturas verdes podem não ser consideradas a

melhor opção, atendendo a que do ponto de vista do investidor, possuem viabilidade financeira negativa (Perini and Rosasco, 2013; Teotónio *et al*., 2018). No entanto, é importante reconhecer os benefícios não monetários destas soluções ajardinadas (Hughes, 2014), bem como, a sensibilidade dos investidores no que se refere aos seus benefícios socioambientais e a consequente disponibilidade de investimento.

A Figura 3 ilustra a perceção dos investidores inquiridos sobre alguns pontos importantes. Note-se que ao serem questionados sobre se a implementação de infraestruturas verdes poderia aumentar o valor do imóvel, os inquiridos acabam por se subdividir em três grupos distintos, considerando provável (25%), muito provável (25%) ou indiferentes (50%) tal afirmação. Por outro lado, 75% dos investidores consideraram que a instalação de infraestruturas verdes é uma mais-valia, podendo valorizar o negócio.

Os investidores também consideram, na sua maioria (75%), que a instalação de coberturas e fachadas ajardinadas seria um fator importante para o hóspede na escolha entre duas opções com mesma taxa diária. Por outro lado, os inquiridos parecem não convergir quanto à possibilidade de aumento na receita média por hóspede. Isso significa que, apesar de considerarem um fator de decisão importante, este, não se sobrepõe a outros serviços e comodidades habitualmente avaliados pelos potenciais clientes.

No que se refere à necessidade de políticas de incentivo capazes de promoverem a instalação de infraestruturas verdes por parte dos investidores privados, observou-se uma considerável uniformidade de respostas a essa variável, sendo que 75% dos inquiridos consideraram muito provável, ou provável a necessidade de políticas de incentivo para fomentar a instalação de coberturas e fachadas ajardinadas.

A agilidade nos processos administrativos de licenciamento do edificado e atribuição de certificados de sustentabilidade (LEED, LiderA, etc.) são as políticas de incentivo consideradas mais importantes por parte dos investidores, demonstrando, não somente uma preocupação com a burocracia do processo de licenciamento, mas também como uma possibilidade de marketing empresarial ao se intitular como um empreendimento sustentável, atraindo assim a atenção de um público cada vez mais preocupado com o consumo consciente de bens e serviços.

Em menor proporção, mas equitativamente, aparecem outras políticas de incentivo à aplicação de coberturas e fachadas ajardinadas, tais como: os subsídios financeiros; a redução da taxa de juros para financiamento da obra; e a permissão para construir uma área acima daquela estipulada pela legislação vigente. Denota-se que neste caso de estudo os investidores dão preferência à agilidade nos processos burocráticos, uma vez que estes, aparentemente, são o maior entrave para iniciarem atividade.

Os investidores ao serem questionados sobre as principais barreiras que os impede de adotarem as infraestruturas verdes como prática sustentável nos seus estabelecimentos de hospedagem, verificou-se que a possibilidade de pragas é o principal entrave, sendo seguida pelos custos de instalação e manutenção; pela deterioração do edifício (infiltrações, rachaduras, etc.); pela falta de espaço e pela degradação da vegetação ao longo do tempo, sendo mais económico e prático o uso de vegetação artificial. A Figura 3 sumariza as principais variáveis referentes à perceção dos investidores em questão.

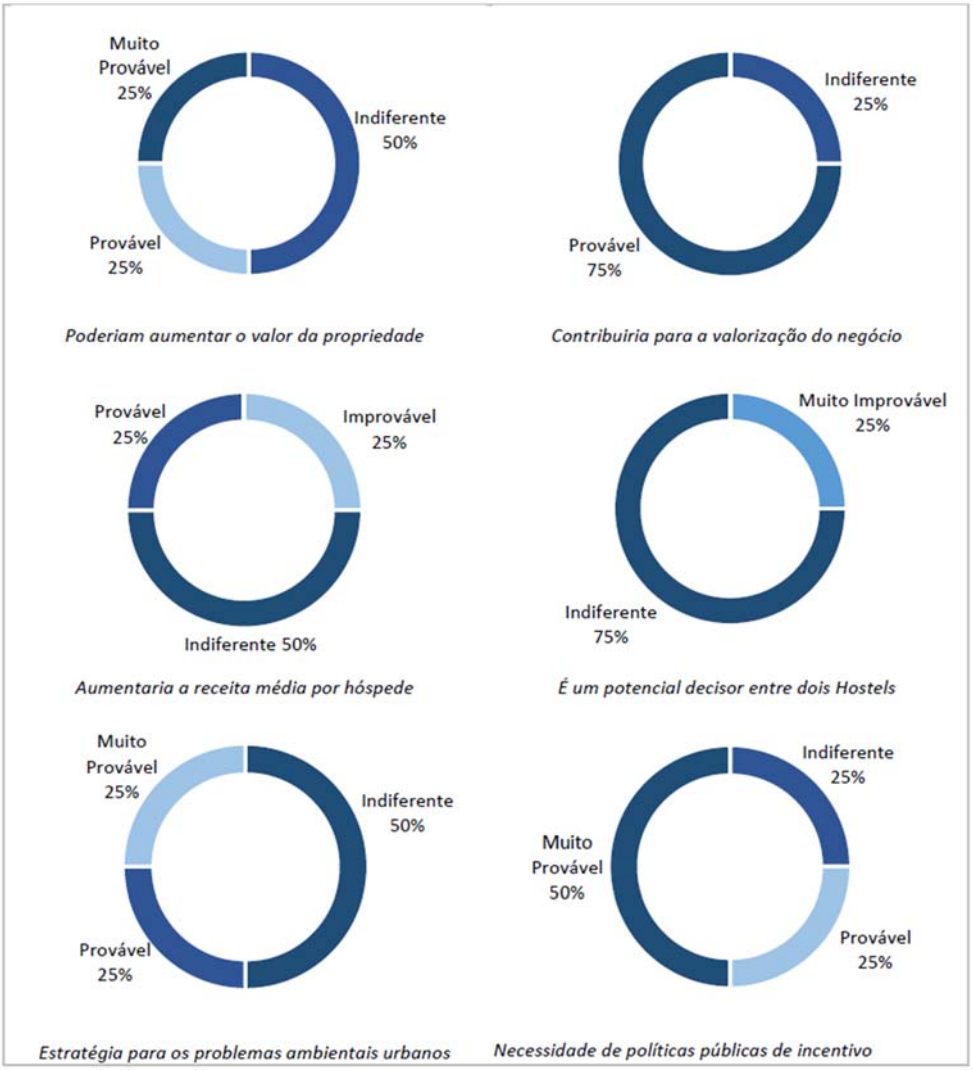


Figura 3 – Perceção dos investidores em relação às coberturas e fachadas ajardinadas

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo visou identificar a perceção dos hóspedes e proprietários em relação à aplicação de coberturas e fachadas ajardinadas em de alojamentos locais (*Hostels*) no município de Lisboa, Portugal, através da aplicação de inquéritos estruturados. Neste sentido, verificou-se que as coberturas e fachadas ajardinadas podem ser soluções potenciais para a melhoria estética do local e do bem-estar dos hóspedes, sendo consideradas uma estratégia importante na resolução dos problemas ambientais urbanos.

No que se refere à perceção dos investidores, os resultados aqui apresentados referem-se à perceção individual de cada proprietário. Não foram realizados testes estatísticos detalhados, devido sobretudo ao reduzido número de observações. A análise concentrou-se sobretudo na apresentação gráfica dos resultados obtidos, portanto, os dados apresentados têm, sobretudo, um caráter informativo. Assim sendo, recomenda-se a elaboração de estudos mais aprofundados com um número significativo de investidores, ou mesmo, a utilização de ferramentas de decisão multicritério.

Ao se comparar os resultados obtidos para a variável *PontoDec* (infraestruturas verdes como ponto de decisão na escolha do local de hospedagem), verificou-se que, tanto os hóspedes como os investidores consideram que a existência de soluções ajardinadas é um fator importante na escolha pelo local de hospedagem, principalmente quando não há diferença no valor da taxa diária.

Verificou-se ainda que, o principal obstáculo para os investidores na implementação de infraestruturas verdes é, além dos elevados custos de instalação, a preocupação com o aparecimento de insetos e animais roedores. E que, as políticas de incentivo orientadas para agilizar os processos de licenciamento municipal e para a atribuição de certificações ambientais são aquelas que têm maior atratividade.

Por fim, salienta-se que dada a iminente ameaça das mudanças climáticas, as infraestruturas verdes, nomeadamente as coberturas e fachadas ajardinadas, apresentam-se como soluções adaptativas tecnologicamente simples e com grande potencial socioambiental, que podem contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e dessa forma, minimizar os efeitos negativos ocasionados pelas alterações climáticas. Devendo, portanto, serem consideradas em futuros projetos de reabilitação do edificado de forma a contribuir para a resiliência urbana.

REFERÊNCIAS

AKTHER, M.; HE, J.; CHU, A.; HUANG, J.; VAN DUIN, B., 2018 – **Urban stormwater in different** https://doi.org/10.3390/su10082864.

AMPIM, P. A. Y.; SLOAN, J. J.; CABRERA, R. I.; HARP, D. A.; JABER, F. H., 2010 – **Green roof growing substrates: types, ingredients, composition and properties**. *J. Environ. Hortic*. 28, 244-252.

BIANCHINI, F.; HEWAGE, K., 2012 – **Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs**: **A lifecycle approach**. *Building Environ*. 58, 152-162. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.07.005.

CAO, C. T. N.; FARRELL, C.; KRISTIANSEN, P. E.; RAYNER, J. P., 2014 – B**iochar makes green roof substrates lighter and improves water supply to plants**. *Ecological Engineering 71*. 368-374. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.06.017.

CONTESSE, M.; VAN VLIET; B. J. M.; LENHART, J., 2018 – **Is urban agriculture urban green space? A comparison of policy arrangements for urban green space and urban agriculture in Santiago de Chile**. *Land use policy*. 71, 566-577. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.006.

CRUZ, C. O.; SILVA, C. M.; TEOTÓNIO, I., 2018 – **Green infrastructures: cost benefit analysis** [infraestruturas verdes: análise custo benefício]. Lisboa: IST Press.

DEUTSCH, B., 2002 – **A green roof vision based on quantifying storm water and air quality benefits**.

FERNANDEZ-CAÑERO, R.; EMILSSON, T.; FERNANDEZ-BARBA, C.; MACHUCA, M. Á. H., 2013 – **Green roof systems: a study of public attitudes and preferences in southern Spain.** *J. Environ. Manage*. 128, 106-115. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.04.052

FLL, 2008 – **Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofing – Green roofing guideline**.

GRINDE, B.; PATIL, G. G., 2009 – **Biophilia: does visual contact with nature impact on health and well-being?** *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 6, 2332-2343. https://doi.org/10.3390/ijerph6092332.

HARTIG, T.; MITCHELL, R.; VRIES, S. de; FRUMKIN, H., 2014 – **Nature and health.** *Annu. Rev. Public Health*. 35, 207-228. https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182443.

HASSANAIN, M.; SANNI-ANIBIRE, M.; BABSAIL, M.; MAHMOUD, A.; ASIF, M., 2017 – **Energy and economic evaluation of green roofs for residential buildings in hot-humid climates**. *Buildings*. 7, 30. https://doi.org/10.3390/buildings7020030.

HUGHES, J., 2014 – **Methods and strategies for financing green infrastructure. In the city and county of Durham, North Carolina.** USA: UNC Environmental Finance Center.

LIBERALESSO, T.; CRUZ, C. O.; SILVA, C. M.; MANSO, M., 2020 – **Green infrastructure and public policies: an international review of green roofs and green walls incentives**. Land use policy [Artigo submetido].

MOLINEUX, C .J.; FENTIMAN, C. H.; GANGE, A. C., 2009 – **Characterising alternative recycled waste materials for use as green roof growing media in the U.K.** *Ecological Engineering*. 35, 1507-1513. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.06.010.

NGAN, G., 2004 – **Green roof policies: tools for encouraging sustainable design.** Canada: Landscape Architect.

PENG, L. L. H.; JIM, C. Y., 2015 – **Greening economic evaluation of green-roof environmental benefits in the context of climate change: the case of Hong Kong.** *Urban For. Urban Green*. 14, 554-561. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.05.006

PERINI, K.; ROSASCO, P., 2013 – **Cost-benefit analysis for green façades and living wall systems**. *Build. Environ.* 70, 110-121. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.08.012.

PERINI, K.; ROSASCO, P., 2016 – **Is greening the building envelope economically sustainable? An analysis to evaluate the advantages of economy of scope of vertical greening systems and green roofs**. *Urban For. Urban Green.* 20, 328-337. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.08.002.

QIN, X.; WU, X.; CHIEW, Y.; LI, Y., 2012 – **A green roof test bed for stormwater management and reduction of urban heat island effect in Singapore**. *Br. J. Environ. Clim. Chang*. 2, 410-420.

RILEY, B., 2017 – T**he state of the art of living walls: lessons learned.** *Building Environ*. 114, 219-232. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.016.

SAVIO, P.; ROSENZWEIG, C.; SOLECKI, W. D.; SLOSBERG, R. B., 2006 – **Mitigating New York city's heat island with urban forestry, living roofs, and light surfaces**. New York: USCHAlliance.

SPROUL, J.; WAN, M.P.; MANDEL, B. H.; ROSENFELD, A. H., 2014 – **Economic comparison of white, green, and black flat roofs in the United States**. *Energy Build*. 71, 20-27. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.058.

SUSCA, T.; GAFFIN, S. R.; DELL'OSSO, G . R., 2011 – **Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs**. *Environ. Pollut*. 159, 2119–2126. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.03.007.

SUTTON, R. K., 2018 – **Green roofs increase structural loading costs**. Landscape Architecture Program: Faculty Scholarly and Creative Activity. Lincoln: Universidade of Bebraska.

TEOTÓNIO, I.; SILVA, C.M.; CRUZ, C. O., 2018 – **Eco-solutions for urban environments regeneration: the economic value of green roofs**. J. Clean. Prod. 199, 121-135. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.084.

WILLIAM, R.; GOODWELL, A.; RICHARDSON, M.; LE, P. V. V; KUMAR, P.; STILLWELL, A. S., 2016 – **An environmental cost-benefit analysis of alternative green roofing strategies**. *Ecol. Eng*. 95, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.091.

YANG, J.; YU, Q.; GONG, P., 2008 – **Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago**. *Atmos. Environ*. 42, 7266-7273. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.07.003

ZHANG, S.; RAMÍREZ, F. M., 2019 – **Assessing and mapping ecosystem services to support urban green infrastructure: the case of Barcelona, Spain**. *Cities*. 92, 59-70. https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.03.016.

ANOMALIAS E REPARAÇÃO DO CHALET DA RAINHA DONA MARIA PIA NO MONTE ESTORIL

ANOMALIES AND RESTORATION OF QUEEN DONA MARIA PIA CHALET AT MONTE ESTORIL





Ana Santos [(1)], Paula Lamego [(2)], Pedro Pinho [(3)]

(1) Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal, 35118@alunos.isel.pt
(2) Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal, paula.lamego@dec.isel.pt
(3) Stone Capital, Portugal, pedropinho@stonecapital.pt

RESUMO

Os edifícios antigos são de extrema importância e o Chalet da Rainha Dona Maria Pia no Monte Estoril não é exceção. Trata-se de um edifício de uma arquitetura com características únicas, visível da Avenida Marginal, no Estoril, em Lisboa. O valor histórico e cultural encontra-se patente neste edifício do século XIX, constituindo assim um dos exemplares de Arquitetura de Veraneio do Monte Estoril.

Neste artigo pretende-se apresentar não só a caracterização do Chalet, mas também as anomalias e patologias decorrentes do abandono e da falta de manutenção, bem como soluções para reparação. Todo o processo de levantamento das anomalias neste edifício é aqui apresentado, tendo em conta a informação necessária para a sua identificação, desde a sua localização até às ações de intervenção realizadas ao longo dos anos, dando origem ao seu estado atual. Diversas visitas ao local serviram de igual forma para a execução de um levantamento fotográfico das anomalias permitindo uma análise mais detalhada. Durante a análise inspetiva identificou-se e fez-se o levantamento detalhado do edifício e das suas características, incluindo os materiais e soluções construtivas, assim como o levantamento de todas as anomalias visíveis. Constataram-se uma série de anomalias, muitas delas não estruturais e que, portanto, não colocam em risco a segurança do edifício, mas sim a sua degradação e falta de condições de habitabilidade. Verificou-se ainda que as anomalias com maior relevância estão relacionadas com os elementos expostos ao meio ambiente e às ações atmosféricas, em particular no alçado Sul do edifício. As soluções para reparação são pensadas de forma a manter as características iniciais e identidade do edifício, com intervenção minimalista, mas capaz de restituir as características perdidas ao longo dos tempos.

Palavras-chave: Edifício Histórico / Reabilitação / Anomalias / Reparação / Levantamento e Diagnóstico

1. INTRODUÇÃO

O Chalet da Rainha Dona Maria Pia situa-se no Monte Estoril, na rua D. António Guedes de Herédia, Avenida Marginal 18 N.º 6, tendo pertencido à rainha D. Maria Pia de Sabóia em finais do século XIX (Figuras 1 e 2). Este Chalet, como património edificado, é considerado uma referência histórica sob o ponto de vista social e técnico. Contudo e com base na informação disponibilizada pelo Sistema de Informação para o Património Arquitetónico (SIPA), ao Chalet Dona Maria Pia não se atribui um regime de proteção patrimonial, dado que esta denominação está ainda em fase de estudo.



Figura 1 – Alçado poente do Chalet (Batista, 2012)



Figura 2 – Fotografia datada de 1894 (Parque de Sintra Monte da Lua, 2016)

Todos os edifícios antigos apresentam o seu grau de importância, pois conseguem fornecer dados, conceitos para o conhecimento e compreensão da evolução do homem. Estes edifícios transmitem dados relevantes para a história da cidade e dos seus habitantes, permitindo fornecer informações relativas à evolução da humanidade e dos seus edifícios. «*Os edifícios antigos foram construídos de acordo com as necessidades específicas da época, contudo hoje devem ser observados com o respeito pela carga histórica e cultural que transportam*» (Oliveira, 2003). O Chalet Dona Maria Pia não é exceção, sendo considerado um dos exemplares de Arquitetura de Veraneio do Monte Estoril e, por isso, ser merecedor de uma atenção redobrada no que toca a qualquer intervenção. Assim, foi alvo de uma análise generalizada, antes de qualquer intervenção, de modo a compreender os materiais utilizados e seus componentes, para garantir a forma mais correta de intervenção.

2. IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

2.1. Localização

O Chalet, construído em meados do século XIX constitui um dos edifícios mais imponentes do Monte Estoril, pela sua arquitetura de veraneio. A entrada principal para o edifício faz-se pela linha costeira, na Avenida Marginal «*e está confinado por dois edifícios, a nascente pela Vila Aduar e a poente pela Casa de S. Cristóvão*». «*O Chalet encontra-se posicionado perpendicularmente em relação ao mar e «o lote carateriza-se por estar delimitado a Sul pela Avenida Marginal, a Norte pela Rua Dom António Guedes de Herédia*» (Mateus, 2018).

Quanto à topografia, o lote apresenta um desnível entre os limites, sendo que no limite a Norte o lote encontra-se a uma cota altimétrica mais elevada do que a Sul. A existência desta diferença de cotas entre os limites, permite uma vista desimpedida para a Baía de Cascais, tornando-se num ponto estratégico ao nível da sua envolvente (Figura 3).



Figura 3 – Planta de localização do Chalet D. Maria Pia. Situação existente em 2019
(Sistema de Informação Geográfica digital Geo-Cascais, 2019)

2.2. Enquadramento histórico - Cronologia

De acordo com Batista (2012), o Chalet foi construído em 1889 e batizado de Vista Longa, a pedido de João Henrique Ulrich Júnior, proprietário e membro da administração da Companhia de Crédito Edificadora Portuguesa. Na Figura 4 é apresentada uma linha de tempo com todas as datas referenciadas e documentadas com base nas informações disponíveis no SIPA e em Baptista (2012). De salientar que as alterações registadas no Chalet ficaram a cargo dos arquitetos Rosendo Carvalheira (c. 1864-1919) e Luís Caetano Pedro d'Ávila (c. 1840-1904) (Batista, 2012). «*Ainda à data de 1943, o Chalet pertencia a D. António de Herédia, tendo sido mantido na posse na família até à atualidade*» (Mateus, 2018).

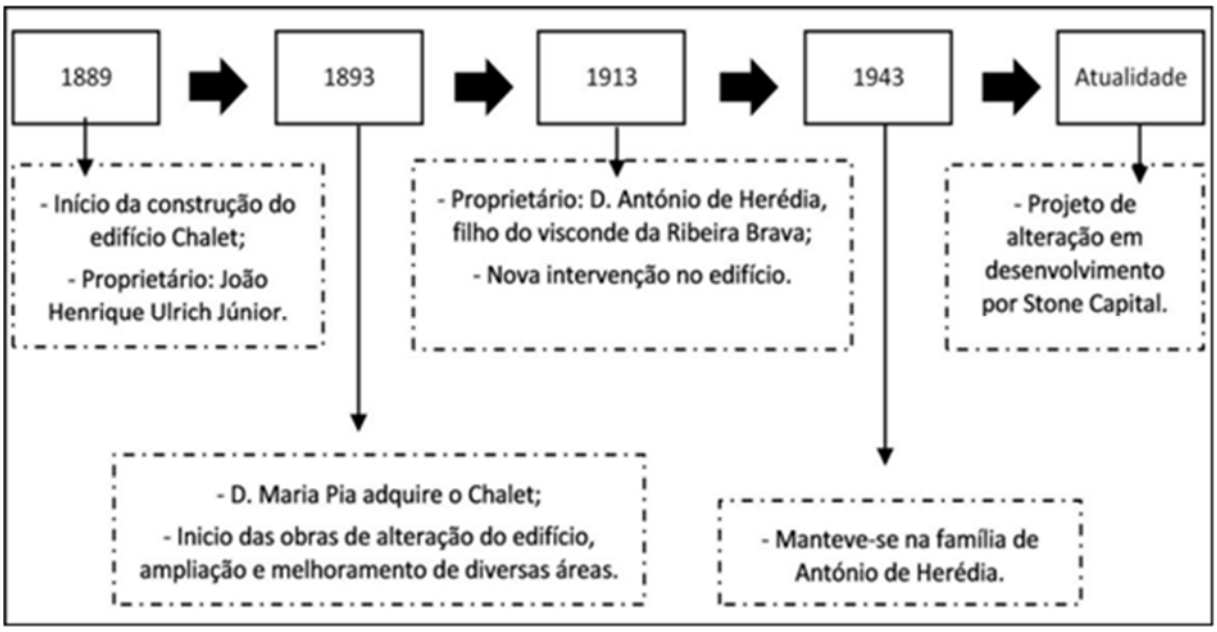


Figura 4 – Linha cronológica da evolução do Chalet Dona Maria Pia

2.3. Caracterização do edifício (estado atual)

O Chalet Dona Maria Pia insere-se num lote delimitado por um muro de separação e encontra-se localizado no limite sul da malha oitocentista do Monte Estoril, junto à linha de costa e posicionado perpendicularmente em relação ao mar. A área do lote é de aproximadamente 7852 m^2 e configura uma forma trapezoidal irregular alongada segundo um eixo norte-sul (Mateus, 2018). O mesmo lote possui um segundo edifício, localizado a norte, que tinha como função principal albergar os trabalhadores da propriedade e ainda uma terceira construção de menores dimensões com uso exclusivo para arrumos. Para além destes edifícios anexos, destaca-

se ainda uma estufa em ferro fundido e um jardim (Figura 5) onde se destacam os pinheiros mansos, os cedros, as olaias, os zambujeiros, um conjunto de estrelícias gigantes, os dragoeiros e as palmeiras (Mateus, 2018). A estrutura da estufa encontra-se num estado de degradação evidente, de tal forma que atualmente já não é possível observar nem os elementos decorativos em ferro fundido nem os painéis envidraçados, outrora existentes (Figura 6).



Figura 5 – Envolvente do Chalet



Figura 6 – Pormenor da estrutura da estufa em ferro fundido

O Chalet caracteriza-se pela presença de quatro pisos na fachada principal (Sul), enquanto que na fachada de tardoz (Norte) apenas são visíveis três pisos. O acesso ao interior do edifício faz-se essencialmente por um núcleo de escadas principais e por um elevador, contudo também é possível aceder ao interior pelo piso 0 através de umas escadas exteriores. No alçado Sul (piso 0 e piso 1), deparamo-nos com a existência de grandes galerias compostas por colunas de pedra calcária de forma arredondada e com capitéis que se estendem para o alçado Nascente. Quanto aos vãos exteriores, destacam-se os vãos de sacada, vãos de peito com respetiva cantaria de pedra e as trapeiras, com emolduramento simples de cantaria e em madeira pintada de cor branca. Relativamente à cobertura destaca-se a presença de um telhado constituído por telhas cerâmicas vidradas à cor preta na face exterior. O acabamento da telha surge como uma alteração, visto que originalmente a telha cerâmica representava-se por dois tons com um padrão geométrico. Um dos elementos emblemáticos deste edifício é a existência de um coruchéu de planta octogonal, que se prolonga até uma cota bastante superior à da cobertura. Atualmente, as fachadas exteriores caracterizam-se por panos de reboco pintados de cor cinza e com cunhais de cantaria e embasamento em pedra calcária.

O piso 0 ou rés-do-chão (Figura 7) localiza-se a uma cota mais baixa, contudo os acessos ao interior do piso fazem-se precisamente por estes vãos principais. Não apresenta um caráter de importância ao nível do detalhe arquitetónico como o piso superior, sendo caracterizado pela existência de compartimentos que têm como função o apoio ao Chalet. Estes compartimentos subdividem-se em: cozinha, espaço de tratamento de roupa, arrumos, garrafeira, área técnica da caldeira, garagem, quartos, entre outros.

O piso 1 ou piso nobre (Figura 8) destaca-se dos restantes por apresentar um detalhe arquitetónico único, tal como tetos trabalhados e pintados, carpintarias interiores e exteriores com detalhe, pavimento de madeira maciça e sala de jantar da Rainha. A sala de jantar é considerada o "ex-libris" do Chalet e situa-se na zona poente, posicionada de forma paralela ao mar, com janelas convidativas para a paisagem, a Sul o oceano e a Norte o jardim. Quanto aos detalhes arquitetónicos da sala nobre, destacam-se os diversos frescos ilustrados pelo pintor António Ramalho no teto e paredes, com painéis de madeira trabalhada (Figura 9). Este piso, além da sala nobre, possui ainda uma suite, sala de jantar, zonas de circulação, closet, uma instalação sanitária, uma sala de apoio, entre outras divisões. Relativamente aos acessos, estes fazem-se pelo auxílio de uma escada do núcleo central e pelo elevador existente ou ainda pelo exterior, através das janelas de sacada e das grandes escadarias exteriores.



Figura 7 – Planta do piso 0 (Martins, 2016)



Figura 8 – Planta do piso 1 com localização da sala nobre (Martins, 2016)



Figura 9 – Pormenor dos Frescos no teto e parede da sala nobre

O piso 2 (Figura 10) caracteriza-se por ser um piso diferente dos anteriores ao nível dos acabamentos e detalhes, sendo constituído por tetos simples sem grandes ornamentos e por carpintarias interiores simples. No entanto, possui um pé-direito com cerca de 3,5 m e permite vistas panorâmicas devido à sua cota altimétrica superior. Todos os acessos ao piso são feitos pelo núcleo de escadas interiores e respetivo elevador. Neste piso deparamo-nos com um terraço exterior orientado a Sul, o qual permite alcançar longas paisagens de oceano praia. Possui um total de 9 compartimentos.

No piso 3 (Figura 11) a compartimentação dos espaços assemelha-se ao piso inferior, com exceção da zona do terraço mais a poente do piso 2. Possui um total de oito compartimentos.

O piso 4 ou piso de sótão resulta de um aproveitamento da parte superior da cobertura, sem as condições mínimas de habitualidade, mas onde é possível observar a estrutura de cobertura composta por asnas e traves de madeira maciça.



Figura 10 – Planta do piso 2 (Martins, 2016)

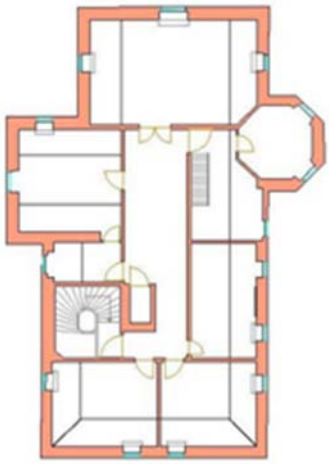


Figura 11 – Planta do piso 3 (Martins, 2016)

3. ANÁLISE DE ANOMALIAS E PROPOSTAS DE REPARAÇÃO

Para a análise das anomalias no Chalet Dona Maria Pia, elaboraram-se fichas de inspeção do edifício, sintetizando o processo de inspeção pelo diagnóstico e avaliação das anomalias, recorrendo a análise inspetiva por visitas ao edifício, registo fotográfico e respetiva localização. São aqui apresentados alguns exemplos, tanto de anomalias como de propostas para reparação das mesmas. No entanto, para além destas, salienta-se ainda a existência de anomalias relacionadas com a degradação e inadequação das redes de abastecimento de águas e elétricas, presença evidente de colonização biológica no exterior, fratura da soleira na transição entre o soalho e o pavimento em pedra, presença de corrosão no corrimão das guardas da escada exterior e degradação acentuada do reboco e consequentemente da pintura.

3.1. Anomalias no pavimento hidráulico

A degradação do pavimento hidráulico pode ser observada no alçado principal, principalmente no terraço exterior do piso 0, piso 1 e piso 2 (Figura 12). Esta anomalia descreve-se essencialmente pela presença de um pavimento com evidências claras de desgaste ao nível dos mosaicos. Esta anomalia terá sido causada provavelmente por desgaste do próprio revestimento hidráulico, consequência da antiguidade do edifício. Poderá ainda resultar das alterações climáticas a que se encontra exposto o pavimento e evidente falta de manutenção ao longo do tempo.



Figura 12 – Degradação do pavimento hidráulico

A proposta para recuperação do mosaico existente nos pisos 1 e 2 é a proteção de todo o pavimento com auxílio de uma manta geotêxtil, sobreposta com placas de madeira do tipo OSB. Posteriormente, serão realizados diversos testes e ensaios de modo a avaliar o método de intervenção com vista à recuperação do pavimento.

Estes ensaios consideram-se fundamentais, pois permitem verificar o modo como se encontra a ligação do mosaico ao suporte. Relativamente ao pavimento existente no piso 0, como se encontra num estado avançado de degradação, a substituição integral será a solução mais indicada.

3.2. Anomalias no pavimento de madeira

No pavimento de madeira destacam-se a degradação da madeira por ataques de agentes xilófagos, o desgaste e a humidade. Estas anomalias podem ser encontradas no núcleo das escadas do piso 0 e nas salas do piso 1 (Figura 13). A anomalia presente no conjunto de imagens (A), resulta da ação de humidade no pavimento, presença de fungos de podridão e agentes xilófagos. Por sua vez, no conjunto de imagens (B) verifica-se o ataque de insetos xilófagos (carunchos). Já no conjunto de imagens (C) encontram-se anomalias resultantes da descolagem do pavimento, provavelmente resultado do mau assentamento ou movimentos de corte do edifício. Todas estas anomalias resultam igualmente da falta de manutenção do pavimento ao longo do tempo.



Figura 13 – Degradação do pavimento interior de madeira

Relativamente às intervenções, desconsidera-se a recuperação do núcleo das escadas, dado que na proposta atual de reabilitação do Chalet as mesmas se encontram numa configuração diferente da existente. Quanto ao pavimento existente no piso 1 contemplam-se ações de reparação, mantendo assim o soalho. O procedimento inicia-se com a proteção do soalho com manta geotêxtil e com placas platex, posteriormente removem-se as camadas de proteção, seguido da restituição dos elementos em falta do soalho. Numa última fase, procede-se à limpeza do pavimento e se necessário à sua desinfestação.

3.3. Anomalias na cobertura

Quanto à degradação da estrutura da cobertura e respetivo revestimento, destacam-se anomalias possíveis de observar no sótão, piso de cobertura e no alçado Sul (Figura 14). Estas anomalias refletem uma consequência da entrada de água pela cobertura, provocando assim o desenvolvimento de humidades e a queda de elementos da cobertura. As primeiras imagens resultam da infiltração de água, originando o desenvolvimento de manchas de humidade nas laterais. Verificou-se ainda a queda de telhas, remates do beirado e o destacamento de pintura.



Figura 14 – Degradação do revestimento e da estrutura da cobertura

Conclui-se que a cobertura existente não se encontra em condições de recuperar, prevendo-se substituição integral com a introdução de um telhado novo. O telhado será constituído por telha cerâmica do tipo marselha à cor natural e pela inserção de telha em cor branca. A utilização de telha em cor branca prende-se com a introdução de um padrão geométrico ao longo da cobertura, recuperando assim a originalidade da cobertura do Chalet.

3.4. Anomalias nos vãos exteriores

Nos alçados dos pisos 1 e 2 verifica-se a degradação dos vãos exteriores, nomeadamente a degradação da caixilharia, das portadas e destacamento da pintura (Figura 15). Esta degradação resulta de um envelhecimento natural dos materiais e seus acabamentos. Para além das causas anteriormente referidas, realça-se a presença de manchas de humidades nas madeiras, provocadas essencialmente pela proximidade da zona costeira, assim como a presença de vidros partidos resultado de ações de vandalismo e da falta de manutenção. Nas portadas dos vãos salienta-se a falta da camada cromática.



Figura 15 – Degradação dos vãos exteriores

No caso das caixilharias considerou-se a sua substituição, desvalorizando qualquer ação de intervenção para a recuperação das mesmas. Quanto às portadas interiores e exteriores contemplam-se ações de reparação, com utilização de um decapante, seguido da aplicação de um biocida e de uma camada de proteção. Já numa última fase, aplica-se um primário e respetiva pintura.

3.5. Anomalias nas cantarias e elementos pétreos

Os elementos pétreos e a cantaria existente no Chalet encontram-se num avançado estado de degradação, evidenciada nos pisos 0 e 1. Nas colunas exteriores contatou-se uma degradação elevada originando alguma desagregação, enquanto que nas vergas, as cantarias apresentam fendilhação pronunciada (Figura 16). Possivelmente a fratura da verga, localizada a meio vão da mesma, resultou de movimentos de corte induzidos pelas cargas permanentes e também do desgaste da própria cantaria. Para uma análise pormenorizada e por forma a complementar as inspeções visuais, recorre-se à verificação por cálculo estrutural, modelação numérica e /ou ensaio de carga. Já as colunas exteriores caracterizam-se por uma degradação acentuada, advinda da ação da água da chuva e da sua localização junto ao mar.



Figura 16 – Degradação da cantaria e elementos pétreos

Para qualquer cantaria do Chalet, aconselha-se sempre a proteção com manta geotêxtil do elemento a recuperar. Antes de iniciar o processo de recuperação, deve-se fazer o levantamento de todos os elementos e respetiva lavagem. No caso da existência de fendas abertas, considera-se fundamental o tratamento prévio da fenda. Este processo inicia-se pela "abertura da junta", retirando-se os elementos "antigos" que possam produzir danos, e finalmente volta-se a fechar a junta, aplicando posteriormente uma camada de proteção. Quanto à reparação das colunas, o procedimento inicia-se pela respetiva lavagem, seguido da aplicação de um produto de dessalinização, restituição e microestucagem e aplicação final de uma camada de proteção.

3.6. Anomalias em elementos de ferro

Os elementos de ferro existentes no exterior do piso 1 e no jardim que envolve o Chalet encontram-se deteriorados pela corrosão, resultado da presença de água e oxigénio e da falta de manutenção periódica ao longo do tempo (Figura 17).



Figura 17 – Corrosão dos elementos em ferro

Como a estufa é uma estrutura pesada, o procedimento de transladação deverá ser antecedido pela separação da estrutura pelas soldaduras e seccionamento dos elementos nesses pontos. Antes de qualquer intervenção, aconselha-se o levantamento e registo dos elementos, prosseguindo-se então com a decapagem, aplicação de uma camada de proteção e por fim a camada final de pintura. Caso existam vazios ou irregularidades, poderão ser aplicadas argamassas de reparação à base de resina. Quanto às guardas exteriores, considera-se um processo semelhante à da estrutura da estufa. Porém antes de qualquer processo, deve-se proteger temporariamente os gradeamentos com geotêxtil.

3.7. Anomalias em elementos decorativos

Alguns dos elementos decorativos existentes no piso 1 (sala nobre) e no piso 0 (zona exterior) encontram-se degradados, destacando-se a degradação do lago do dragão e a presença de humidade nos murais da sala nobre (Figura 18). No lago verifica-se a presença de vegetação, colonização biológica e sujidade, identificando ainda a existência de algumas fissuras. Por sua vez, os frescos existentes na sala nobre, apresentam problemas de infiltração provenientes da cobertura.



Figura 18 – Degradação dos elementos decorativos

As ações de intervenção propostas para o lago do dragão consistem, numa primeira fase, na transladação do lago para outro local designado. Antes de iniciar a desmontagem do lago, procede-se de forma a fazer o levantamento e etiquetagem de cada elemento do mesmo. De seguida, faz-se o mapeamento com as respetivas medidas, referenciando cada elemento, seguido de transporte dos elementos para um lugar devidamente acondicionado. Todos os elementos devem ser protegidos com espuma e envolvidos em geotêxtil. Após a retirada dos elementos do lago, será necessário aplicar biocidas com concentração a definir, lavar e secar os elementos, seguindo-se a aplicação de uma camada protetora (camada hidrófuga).

No que respeita aos frescos da sala nobre, deve-se resolver primeiramente os problemas de infiltração de água e isolar o mais possível o local. Quanto ao procedimento de intervenção, deve-se estabilizar o mais possível o estuque, proceder à desinfestação das paredes e consequente limpeza, avaliar o nível de ausências e, se necessário, proceder ao seu preenchimento. Finalmente, avaliar a coesão, proceder à fixação dos elementos por consolidação pontual, executar um micropreenchimento e reintegração cromática.

4. CONCLUSÕES

No decorrer do estudo realizaram-se diversas visitas ao local que permitiram um levantamento fotográfico das anomalias referenciadas durante a comunicação, bem como a análise detalhada das anomalias que caracterizam o edifício Chalet. Todas as fases inspetivas foram consideradas fundamentais para a correta caracterização do edificado e dos seus materiais, dos elementos constituintes e por conseguinte do seu estado de conservação. Contudo para um diagnóstico mais fiável, deve-se recorrer a outros métodos de inspeção fundamentados em ensaios e testes, integrando mais do que um método sempre que necessário.

De uma forma geral pode concluir-se que, embora este edifício possua uma idade considerável e nos últimos anos não se tenham realizado medidas de manutenção, o seu estado de conservação é ainda aceitável, com boas possibilidades de recuperação dos seus elementos. Quanto à origem das anomalias referenciadas, estas resultam essencialmente da exposição às condições atmosféricas, com maior relevância nos elementos com orientação para o alçado Sul e do envelhecimento natural dos materiais.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Stone Capital pela cedência de todos os elementos necessários, bem como ao Diogo Pires, conservador restaurador da empresa Conservação, pelo acompanhamento deste trabalho no que concerne às soluções de reparação, assim como à empresa Constructora SanJose por toda a colaboração.

REFERÊNCIAS

BATISTA, M., 2012 – **Casas com história e memória em Cascais – Um itinerário turístico pedestre**. Trabalho apresentado para a obtenção do Título de Especialista. Estoril: Escola Superior de Hotelaria e Turismo do Estoril.

GEOCASCAIS, 2019 – **Sistema de informação geográfica digital (Sigweb).** Cascais: CML. https://geocascais.cascais.pt/. Acedido em 05/01/2020.

MARTINS, J., 2016 – **Levantamento arquitetónico interior**. Topomartins. Projeto cedido por Stone Capital.

MATEUS, N., 2018 – **Vila D. Maria Pia. Lisboa. Projeto para a reabilitação do Chalet D. Maria Pia – Memória descritiva e justificativa**. ARX Portugal, Arquitetos Lda. Projeto cedido por Stone Capital.

OLIVEIRA, R., 2003 – **Análise de práticas de conservação e reabilitação de edifícios com valor patrimonial**. Tese de Mestrado. Porto: FEUP.

PARQUES DE SINTRA – MONTE DA LUA, 2016 – **O Infante D. Manuel de Bragança**. www.parquesdesintra.pt. Acedido em 05/01/2020.

A PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DOS CIMENTOS ENTRE O FINAL DO SÉCULO XIX E O PRIMEIRO QUARTEL DO SÉCULO XX

PRODUCTION AND USE OF CEMENT FROM THE END OF THE 19TH CENTURY AND FIRST QUARTER OF THE 20TH CENTURY

Cristiano Figueiredo [(1)], Sara Moutinho [(1)], Clara Pimenta do Vale [(2)], Slavka Andrejkovičová [(3)], Ana Velosa [(1)], Alice Tavares [(1)], Luís Almeida [(4)], Ana Rita Santos [(4)], António Santos Silva [(4)], Manuel Vieira [(4)], Rosário Veiga [(4)]

(1) RISCO – DEC da Universidade de Aveiro, Portugal, cristianofigueiredo@ua.pt; sara.moutinho@ua.pt; avelosa@ua.pt; tavares.c.alice@ua.pt

(2) CEAU – Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, Portugal, clara_vale@arq.up.pt

(3) GEOBIOTEC – DG da Universidade de Aveiro, Portugal, slavka@ua.pt

(4) LNEC, Portugal, lalmeida@lnec.pt; arsantos@lnec.pt; ssilva@lnec.pt; mvieira@lnec.pt; rveiga@lnec.pt

RESUMO

A partir da primeira metade do século XIX inicia-se a produção industrial de um conjunto de ligantes hidráulicos que, embora com características distintas, foram unificados sob a designação comum de cimento. A esta denominação juntaram-se adjetivos ou nomes, para identificar as diferentes características ou os distintos lugares de produção. Passados quase dois séculos pouco resta dessa grande variedade e variabilidade inicial, e a maior parte da produção atual corresponde quase exclusivamente ao cimento Portland. Contudo esses vários cimentos - naturais, ou romanos, de jorra, de rolão, de Vassy, Voreppe, de Portland, de Glasgow, nas designações coevas - foram utilizados em diversos edifícios ou estruturas, construídos entre o final do século XIX e as primeiras décadas do século XX, e ainda atualmente em uso. A necessidade de manutenção dessas construções, ou da sua reparação, determina a importância do reconhecimento das características dessas argamassas e betões e das suas condições de aplicação originais.

Tomando como base algumas revistas e manuais de construção de divulgação corrente em Portugal na mudança de século, pretende-se fazer uma análise das descrições referentes ao fabrico dos diferentes cimentos e das prescrições técnicas relativas à execução de argamassas e betões, bem como do seu contexto de utilização. São também apresentadas as origens do cimento natural em Portugal que passou por um período inicial de importação, passando pela produção local competindo com os cimentos estrangeiros até que foi gradualmente substituído pelo cimento Portland. O presente artigo inscreve-se no projeto de investigação CemRestore – Argamassas para a conservação de edifícios do início do séc. XX. Compatibilidade e Sustentabilidade.

Palavras-chave: Cimento Natural / Reabilitação / História da Construção / Literatura Técnica / Património Edificado

1. INTRODUÇÃO

A conservação e reabilitação de edifícios históricos assume cada vez mais um importante papel na construção civil, motivado pela observação da degradação do património edificado e da necessidade de atribuir novos usos a edifícios até agora esquecidos. O elevado interesse na recuperação do património requer o conhecimento das técnicas e materiais originalmente utilizados, para assegurar a compatibilidade entre os materiais novos e os existentes, assim como a durabilidade e a qualidade nas intervenções de reabilitação.

De maneira geral, até ao final do século XVIII, os ligantes utilizados eram de base calcária, seja a cal área ou a cal hidráulica, podendo ser encontrados em argamassas interiores, exteriores ou elementos estéticos (Damas *et al.*, 2016). Após esse período, do desenvolvimento dos ligantes hidráulicos apareceram os cimentos naturais, nomeadamente com a patente de James Parker do nomeado "cimento romano". Este cimento resulta da queima de rochas do tipo marga septaria, seguida de moagem e produzindo um pó de cor castanha que quando misturado com água resulta numa presa rápida. Os cimentos naturais são caracterizados por não sofrerem modificações de composição das materiais primas, sendo as propriedades destes ligantes o resultado das características químicas e mineralógicas dos materiais originais, diretamente relacionadas com o local de extração e com as condições de queima. As margas calcárias originais deveriam ter um teor de argilas de 22-35%, resultando num ligante maioritariamente hidráulico devido ao alto teor de argila e baixo teor de cal livre (Hughes *et al.,* 2009; Kozłowski *et al.,* 2010; Cantisani *et al.,* 2018; Weber *et al.,* 2007).

Do final do séc. XVIII até ao início do séc. XIX este ligante foi produzido maioritariamente em Inglaterra. A partir de 1802, a produção industrial inicia-se em França com vários locais de produção a surgir mais tardiamente a partir de 1940. Paralelamente, arranca também na Alemanha a produção em massa, após um período inicial de importação de Inglaterra e da primeira produção local em 1820. A Áustria, um dos maiores produtores de cimento natural, iniciou a produção em larga escala a partir de 1842 (Gurtner *et al.,* 2012). Com o desenvolvimento dos cimentos artificiais, em particular do cimento Portland, a produção de cimento natural diminui, inicialmente afetando o fabrico inglês, mas acabando por ficar limitada a um número reduzido de produtores europeus.

Os cimentos naturais são, de uma forma geral, produzidos a temperaturas mais baixas, entre 850 a 1100 °C quando comparados com o moderno cimento Portland (OPC), resultando num cimento maioritariamente belítico, donde provém a sua hidraulicidade. Simultaneamente, é habitual também a formação de aluminatos de cálcio que ao hidratarem proporcionam uma presa rápida (Hughes *et al.,* 2007; Gosselin *et al.,* 2012; Wilk *et al.,* 2013). Esta característica, em conjunto com a resistência elevada das argamassas produzidas por estes ligantes, a durabilidade por boa resistência aos elementos meteorológicos e a sua capacidade de impermeabilização, leva a que estes cimentos sejam encontrados com frequência em elementos decorativos de fachadas do séc. XIX até ao início do séc. XX. Foram também usados em obras tão diversas como no túnel sob o rio Tamisa em Londres ou em França na reparação ou construção das pontes de Paris, na sua rede de esgotos e abastecimentos de águas, em praças e fortes. Há registos também da sua utilização em edifícios industriais, nomeadamente uma fábrica de produção de cimento, no restauro da catedral de Nevers, na abóbada do salão nobre da Câmara Municipal de Clermon-Ferrand, nos túneis do metro de Paris e em elementos Rocaille para o Bois de Bologne e Exposição Universal de 1900. Este ligante foi também utilizado em elementos de betão armado e elementos pré-fabricados. Em países como a Áustria e a Polónia ainda hoje pode ser verificada a disseminação deste ligantes pela presença num elevando número de edifícios (Kozłowski *et al*., 2010; Pintér & Gosselin 2018; Vale *et al*., 2019).

Considerando os requisitos de compatibilidade dos trabalhos de conservação, a escolha dos materiais mais adequados para estas intervenções é um dos mais importantes elementos de decisão. O conhecimento acerca do uso de cimentos naturais, a sua produção e os períodos de utilização são assim essenciais. Este trabalho

expõe os primeiros passos do projeto CemRestore debruçando-se particularmente acerca do estudo da presença dos cimentos naturais em Portugal.

2. OS CIMENTOS NA LITERATURA TÉCNICA ENTRE O FINAL DO SÉCULO XIX E O PRIMEIRO QUARTEL DO SÉCULO XX

No âmbito das intervenções de conservação e restauro levadas a cabo em edifícios europeus, onde a construção recorreu a cimento natural nos seus revestimentos, decorações ou a um nível mais estrutural, tem vindo a ser identificado uma generalizada falta de conhecimento acerca deste grupo de ligantes. Ao mesmo tempo, em Portugal, este problema foi também identificado por trabalhos académicos recentes (Rocha 2015; Velosa *et al.,* 2011; Velosa *et al.,* 2013; Almeida *et al.,* 2016; Almeida *et al.,* 2018), não havendo ainda um estudo sistematizado acerca da presença deste ligante e do papel deste na transição entre os ligantes de base cal e os modernos cimentos artificiais no contexto português.

O uso comum da palavra "cimento" para a identificação dos cimentos utilizados na época temporal em análise e que pode ser encontrada em processos de licenciamento e cadernos de encargo não ajuda na identificação do tipo de ligante usado para a execução dos elementos. Uma das abordagens que pode ser usada será a análise de manuais de construção identificando o conhecimento técnico e a disponibilidade dos materiais (Vale *et al.,* 2019). O resultado desta análise, complementada com estudos laboratoriais de caracterização e identificação dos materiais permitirá adquirir conhecimento mais sustentado acerca dos materiais utilizados.

Clara Vale (2019) identifica duas obras, de uso generalizado entre o final do séc. XIX e a primeira metade do séx. XX em Portugal, onde este conhecimento da época pode ser analisado: O livro "Bases para Orçamentos" de David Xavier Cohen, obra que teve 4 edições entre 1880 e 1930, refletindo assim meio século de mudanças na construção; e a coleção de livros "Biblioteca de Instrução Profissional", publicada em 1904, com múltiplas reedições durante a primeira metade do séc. XX.

Os livros de David Xavier Cohen, "Bases para Orçamentos" (citados por Clara Vale (Vale, 2018; Vale *et al.,* 2019)) procuram divulgar os métodos de cálculo dos preços de diversas obras de construção civil, como estradas, pontes, portos, vias férreas, edifícios, entre vários outros, apresentando um pequeno caderno de encargos e onde podemos encontrar também tabelas de preços de alguns materiais. Nas subsequentes edições da obra este conhecimento vai sendo atualizado e complementado impulsionado pelos avanços técnicos e a própria experiência do autor.

Os ligantes hidráulicos estão presentes nas bases para orçamentos e nos cadernos de encargos. Na primeira edição não há referência a cimento natural ou cimento romano, apenas a cimento de Vassy (cimento natural de produção francesa). São feitas comparações entre o cimento de Vassy e o cimento Portland, sendo o cimento de Vassy indicado para quando o requisito for uma presa rápida e impermeabilidade, sendo que este cimento deveria ser utilizado apenas por operários especializados com experiência no uso destes materiais. Nesta primeira edição, de 1880, são também encontradas formulações equivalentes de argamassas de cimento Portland e cimento de Vassy onde, analisando traços semelhantes, se verificam as diferentes características dos ligantes, verificando-se a menor massa volúmica do cimento de Vassy e o mais requisito de água.

Em 1986, na segunda edição da obra os cimentos naturais passam a ser referidos dentro das argamassas de cimentos de presa rápida sem especificação de marcas ou tipos por oposição ao grupo do cimento Portland que se designa argamassas de cimento de presa lenta, aparecendo a designação "cimento Portland" na composição destas argamassas. Aparece nesta edição a designação de cimento de jorra de origem nas escórias dos altos fornos de fabrico de ferro. Este livro apresenta também um salto na descrição e detalhe das características dos cimentos, como a composição química, o peso específico, a baridade e a resistência mecânica das argamassas

realizadas com estes ligantes, aconselhando acerca da adequabilidade em função da utilização esperada das argamassas. Há especial descrição de argamassas e betões utilizados em obras marítimas onde o cimento natural parece não ter sido utilizado, sendo referidos as argamassas de presa rápida nas bases para rebocos hidráulicos de 1 a 5 cm de espessura em paramentos verticais, pavimentos e extradorsos de abobadas. Nos restantes trabalhos são indicados a cal hidráulica e o cimento Portland.

Em 1913 é publicada a terceira edição das "Bases para Orçamentos" onde aparece uma segunda seção nos cadernos de encargos dedicada às condições de fornecimento de *aglomerantes* hidráulicos. Nos cimentos de presa lenta aparece o cimento de rolão proveniente dos resíduos da produção de cal hidráulica. O grupo onde podemos encontrar os cimentos naturais passa agora a designar-se por argamassas hidráulicas de cimento romano ou de presa rápida e aparece novamente uma marca, Voreppe fabricado por Thorrand & C.^{o} em Voreppe, departamento de Isére, França. Nesta altura são considerados os melhores cimentos romanos franceses. Os traços apresentados nesta edição são mais rigorosos, em massa de cimento por metro cúbico de areia e deixando de ser mencionadas as formulações mais ricas.

A quarta edição, de 1930, reflete apenas ligeiras alterações, sendo os regulamentos estrangeiros presentes nas edições anteriores substituídos pelo primeiro regulamento português para utilização de betão armado.

A outra publicação, ou conjunto de publicações, referida por Clara Vale (Vale *et al.,* 2019), a "Biblioteca de Instrução Profissional" apresenta uma série dedicada à construção civil. A publicação inicia-se em 1904, sendo os volumes comercializados em Portugal e no Brasil. A série de construção civil fica a cargo de José Emílio dos Santos Segurado sendo responsável por um aumento de conteúdo e importância deste tema.

Nos primeiros fascículos do livro "Materiais de Construção", que se pensa ter sido publicado em 1905, é feita a referência à produção de cimentos distinguindo-se os cimentos de presa rápida, cimento romano e os cimentos Portland de presa lenta. Alerta-se para que a designação cimento romano pode ser errónea ligando este cimento às características que se pensava para as argamassas dos romanos. São explicadas as diferenças de volume depois de endurecido da Cal para o cimento, manifestando este último uma diminuição de volume ao ganhar presa. Salienta-se que as propriedades do cimento são dependentes das características da rocha mãe e do sistema de fabrico. Nestes fascículos são também apresentadas as composições do cimento romano de Vassy e de outros cimentos naturais e artificiais. Destes últimos, salienta-se que se podem obter cimentos naturais por uma mistura de cal e argila ajustando-se as proporções. Nesta edição de 1905(?) referem-se estes cimentos para o uso debaixo de água ou em ambiente com bastante humidade devido à sua desagregação em ambientes secos. Para evitar esta contração e fissuração ao ar livre, originada pela elevada quantidade de água requerida por estes cimentos, aconselha-se o uso de areia. Estes cimentos são assim indicados para *molduras delicadas* que podem ser cobertas por estuques e serem pintadas. Servem também para cantarias, chapa de abobadas e para o fabrico de tubagens de gás e água. O cimento Vassy é destacado pela sua presa de um ou dois minutos. Há também referência ao cimento natural francês de Boulogne-sur-Mer explicando o seu processo de fabrico.

Da comparação entre o cimento de Vassy, cimento natural Inglês, cimento de Boulogne, cimento artificial Inglês e cimento artificial Francês é possível ver-se as composições químicas dos ligantes nomeadamente as proporções entre a cal, a sílica e alumina e a presença ou ausência de ferro assim como de magnésio. Esta proporções dariam diferentes características aos cimentos aqui discutidos.

Nos livros de 1908, "Alvenaria e Cantaria" e de 1911, "Acabamento das construções", não há referência explícita a cimentos naturais ou romanos. Encontram-se referências genéricas ao uso de cimento para argamassas e, em alguns casos, refere-se explicitamente o cimento Portland. Em 1923 no livro "Cimento Armado" não há referência a cimentos naturais, à semelhança do livro "Alvenaria e Cantaria" publicado em 1947 onde se verifica a ausência da menção a este tipo de ligantes.

Em 1948, a sexta edição do livro "Materiais de Construção" apresenta uma classificação dos cimentos em três grupos de acordo com o tempo de presa: cimentos de presa rápida ou romanos, cimentos de presa lenta ou Portland e cimentos especiais. Refere-se o mais importante como sendo o cimento Portland, dando o exemplo que o cimento romano perdeu a importância na Alemanha, sendo considerado agora do grupo das cais hidráulicas. Das características do cimento romano é referida a cor amarela e os traços habituais para as argamassas. São referidas as produções nacionais de cimento, as fábricas Liz, Secil e Tejo e a fábrica da Rasca pertencente à Secil no Outão. Descreve-se a evolução da produção de cimento, que inicialmente era natural, por cozedura de um calcário argiloso e mais tarde, sendo aperfeiçoado, passando a ser artificial por ajuste das composições sendo comercializado sob as marcas *Audaz* e *Tenaz* (Vale *et al.,* 2019).

3. A PRODUÇÃO E IMPORTAÇÃO DO CIMENTO NATURAL EM PORTUGAL

3.1. Distribuição dos recursos geológicos para a produção de cimento

Apesar da abundância de recursos geológicos e materiais primas para a produção, durante a primeira metade do séc. XIX o cimento natural utilizado em Portugal era maioritariamente importado de Inglaterra e de França (Vassy). Esta abundância de matérias primas foi um fator de estímulo para o desenvolvimento de uma indústria nacional de cal e cimento (Rocha 2015).

Na Figura 1 temos a distribuição geral da geologia em Portugal. Sendo os principais materiais para a produção de ligantes a rochas calcárias, argilas e margas, os principais locais de produção acabaram por se localizar junto a maciços destes materiais.

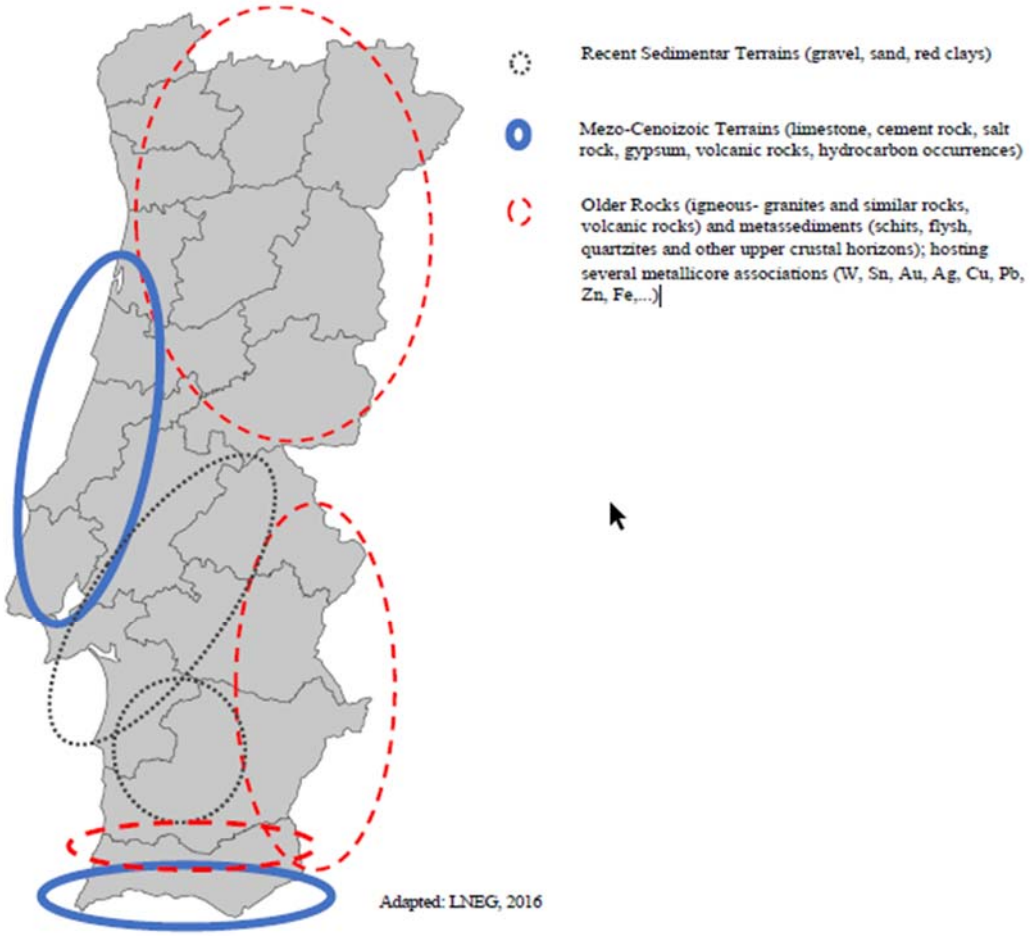


Figura 1 – Geologia de Portugal. Adaptado pelo LNEG, 2016
(http://www.aniet.pt/fotos/editor2/jt/lneg_for_aniet_9_nov_2016_v1.pdf)

Apesar de estarem distribuídos por todo o território continental português, os principais maciços calcários localizam-se no Sul de Portugal, estando os principais afloramentos distribuídos por diferentes regiões - Condeixa-Sicó-Alvaiázere-Tomar, Estremenho, Montejunto, Arrábida e Algarve. As formações calcárias e argilo-calcárias estendem-se desde o Centro de Portugal até à zona de Aveiro (Anadia e Mealhada), Coimbra (Cantanhede, Coimbra, Figueira da Foz, Verride e Montemor-o-Velho). Também localizadas no centro do país, um pouco a sul dos depósitos referidos anteriormente, as principais formações conhecidas localizam-se em Maceira e Pataias, Serra d'El Rei-Nazaré (Leiria), Vila Nova de Ourém, Alcanede, Rio Maior, Benedita, Turquel e Alcobaça. Lisboa mostra evidências de calcários perto de Montejunto e Alenquer-Vila Franca de Xira. Os afloramentos também podem ser encontrados na Península de Setúbal e Alentejo (Santiago do Cacém).

Assim, de uma forma geral, os locais de produção cimento podem ser encontrados em diversos locais como: a foz do rio Sado, na região sul do país, uma zona geologicamente rica em sedimentos e onde se localizou a primeira produção de cimento (1866 a 1877); no centro do país na região do Cabo Mondego onde há produção de cal hidráulica e cimento natural; também em Pataias e S. Pedro de Moel os depósitos de calcários argilosos foram explorados para a produção de cal hidráulica e cimento, assim como em Maceira (Rocha 2015; Neves 1894).

3.2. Industrialização da produção dos cimentos em Portugal

O período de uso do cimento natural em Portugal não está bem definido. Na Europa central a produção industrial do cimento natural em larga escala ocorreu desde o final do séc. XVIII até final do séc. XIX. Em Portugal, o interesse neste material manifesta-se a partir da segunda metade do séc. XIX. A produção do cimento no contexto europeu beneficiou com a passagem dos métodos artesanais de produção para os métodos industriais refletindo os avanços introduzidos pela revolução industrial do séc. XVIII. Até ao final do séc. XIX, Portugal importava a maior parte do cimento presente no mercado nacional até que, beneficiado pela revolução industrial e consequente desenvolvimento de técnicas industriais e estratégia económica, se começa a instalar a indústria de produção de ligantes (Rocha 2015; Diogo 2000).

António Moreira de Rato & Filhos (1840) inaugura a primeira empresa de materiais de construção, importando e vendendo materiais incluindo cimento Portland. Em 1866 dá-se a primeira tentativa de produção de cimento natural a partir de calcários argilosos da Quinta da Rasca, inaugura-se assim a Companhia de Cimentos Rasca construída em Alcântara (Lisboa). A produção de cimento natural recorria assim a margas do Vale de Alcântara e dos depósitos calcários argilosos da Quinta da Rasca na foz do Sado. Devido a problemas de qualidade de produção, este cimento comercializado como “Rasca” foi rejeitado para obras marítimas, assim durou pouco tempo no mercado, tenho a companhia operado apenas por 11 anos. A Fábrica da Rasca (agora conhecida como Fábrica de Outão) que, entretanto, tinha sido deslocalizada para as instalações da Quinta da Rasca, depois ter passado pelo Altinho, onde não teve sucesso na produção de cimento natural por usar matérias primas não adequadas da pedreira do Alvito, viu-se obrigado a suspender a produção de cimento natural. Em 1906 passou a produzir cimento Portland (Mascarenhas-Mateus & Castro 2018; Rocha 2015; Diogo 2000; Neves 2007).

Em 1873 surgiu uma nova empresa do Cabo Mondego junto à Figueira da Foz, na região Centro de Portugal, onde se iniciou a produção industrial de cimento natural. A Companhia do Cabo Mondego começou por explorar o carvão betuminoso e as formações margo-carbonatadas disponíveis na região do Cabo Mondego. Esta exploração mineira é a mais antiga (1773), seguida da exploração de S. Pedro da Cova no Porto (1802). No início do séc. XIX, estas minas eram as únicas minas de carvão e permaneceram ativas até 1962 e 1970, respetivamente. Apesar dos diferentes tipos de indústrias instaladas na região do Cabo Mondego, as mais importantes foram as fábricas de cal hidráulica e de cimento natural pelo seu contributo para a economia local (Mascarenhas-Mateus & Castro 2018; Rocha 2015).

A partir de 1884, as indústrias do Cabo Mondego produziam cal branca, cal hidráulica e cimento natural sendo

provavelmente a melhor qualidade da produção de cimento natural em Portugal (Neves 1894).

Apesar dos avanços no fabrico de cimento em Portugal, ainda existiam muitas dificuldades técnicas. Os altos custos de extração e a baixa qualidade do carvão levaram à continuação das importações da França e do Reino Unido (Callapez *et al.,* 2014).

Assim que o cimento Portland apareceu na Europa, Portugal fez várias tentativas para a sua produção. A partir de 1881/82, iniciou-se uma abordagem científica ao estudo do cimento através dos engenheiros docentes da Escola Militar que criaram a disciplina Secção de Estudos sobre resistência de Materiais e do departamento de mecânica de materiais da Direção das Obras Portuárias de Lisboa (1886). José Paixão Castanheira das Neves (1849-1922) foi o seu primeiro diretor, apresentando vários estudos sobre os materiais de construção portugueses tendo em vista as diretrizes para um cimento Portland português (Mascarenhas-Mateus & Castro, 2018).

Em 1887, o aumento da produção industrial de materiais de construção e a necessidade de avaliar e controlar sua qualidade levaram ao desenvolvimento do primeiro laboratório oficial de controle de qualidade. Castanheira das Neves, o engenheiro responsável pelo laboratório, publicou um relevante estudo sobre os cimentos naturais portugueses (Mascarenhas-Mateus & Castro, 2018; Neves, 1894). Este estudo definiu os cimentos naturais portugueses em dois grupos: os cimentos naturais de presa lenta (Rasca e Cabo Mondego) e os cimentos de presa rápida (Pataias, Maceira e São Pedro de Moel) (Mascarenhas-Mateus & Castro, 2018). Além disso, Castanheira das Neves publicou diversos estudos sobre a construção e materiais de construção portugueses na Revista de Obras Públicas e Minas (1891).

Entre 1891 e 1894 seguiram-se vários estudos com destaque na produção de cal hidráulica, cimento romano e nas características dos materiais disponíveis no mercado. Foram analisadas várias amostras das marcas mais comuns de cimentos britânicos, franceses, belgas e alemães - naturais, Portland e escória - vendidas em Portugal e algumas amostras de Espanha e EUA. Em 1907 foi também publicado um estudo sobre a pozolana portuguesa dos Açores. Em 1892, foi fundada a primeira empresa produtora de cimento Portland artificial. Esta empresa, então Cimento Tejo, é a atual CIMPOR. Foi fundada em Alhandra, a poucos quilómetros de Lisboa, por António Teófilo de Araújo Rato. Possuía um forno Hoffman e capacidade de produção de 6.000 toneladas. A licença de produção foi atribuída em 1894, marcando o início de 10 anos de exclusividade para a produção de cimento Portland português (Mascarenhas-Mateus & Castro, 2018).

Alguns anos depois, continuaram as explorações que permitiram encontrar uma mina existente para a produção de cimentos naturais no terreno em Vale de Moz. O fabrico de cimento natural continuou na Quinta da Rasca que viria a ser designada por Fábrica da Falésia de Cimento da Rasca. Como mencionado anteriormente, a produção foi suspensa pouco tempo depois. Apesar disso há registos da produção de cimento natural de presa lenta (conjuntamente com cal hidráulica e mistura de cal/cimento) na zona de Maceira-Liz antes da inauguração oficial da Fábrica de Cimentos Maceira-Liz, a percursora da atual SECIL (Rocha, 2015).

Os novos avanços da investigação e desenvolvimento dos cimentos artificiais e em particular do cimento Portland levaram a que este último passasse a ser o recomendado para a generalidade das obras onde se desejasse um ligante hidráulico, particularmente em betão armado usado em construções como túneis, pontes e tubagens. As consequências da segunda guerra mundial tiveram também um impacto na produção industrial e, consequentemente, na arquitetura. Onde antes se poderiam encontrar edifícios ornamentados, elementos onde seria adequado o uso do cimento natural, passou-se a ter uma arquitetura mais simples e frugal (Mascarenhas-Mateus & Castro, 2018; Appleton, 2005; Rocha, 2015).

4. CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DO INÍCIO DO SÉC. XX

Mais de um século após a sua construção, a evidente degradação dos edifícios do início do séc. XX levou a projetos de investigação compreendendo observações *in situ* e recolha de amostras (Vale *et al.,* 2019; Velosa *et al.,* 2013; Velosa *et al.,* 2011). Apesar de algumas intervenções de manutenção terem ocorrido, o estado daquelas edificações é frágil, verificando-se principalmente nas argamassas de ornamentos – causadas principalmente pela corrosão das armaduras.

Apesar destes estudos não se limitarem a estes dois edifícios, podemos verificar estes mecanismos de degradação no que se pensa ser argamassas de cimento natural, no Teatro Nacional de São João e no Mercado do Bolhão, ambos no Porto.

Foram desenvolvidos estudos no TNSJ que indicam o uso de cimento natural na sua construção (Rocha 2015; Velosa *et al.,* 2011; Velosa *et al.,* 2013; Silva *et al.,* 2014). Em 2009, foi realizada uma intervenção que permitiu a remoção de argamassas de estruturas degradadas, em particular de rebocos externos e elementos ornamentais. Os resultados das análises químicas e mineralógicas das argamassas revelaram a utilização de ligantes hidráulicos, compatíveis com as propriedades esperadas para os cimentos utilizados no início do séc. XX.

A recente intervenção de reabilitação do Mercado do Bolhão permitiu a recolha e análise de amostras de argamassas e betão. Verificando a tendência generalizada para a utilização de argamassas compostas por ligantes hidráulicos (Silva *et al.,* 2014; Rocha, 2015).

Integrada no projeto CemRestore – Argamassas para a conservação de edifícios do início do século XX – Compatibilidade e Sustentabilidade, a caracterização de exemplares recentes obtidos em edifícios do final do século XIX e início do século XX, incluindo o TNSJ e o Mercado do Bolhão entre outros, está a ser finalizada em complemento dos estudos já realizados ao longo dos últimos anos. Além disso, considerando que as ações de conservação e restauro devem responder aos requisitos de compatibilidade, durabilidade e reversibilidade, nas situações em que haja necessidade de intervenção, pretende-se estabelecer modelos de diagnóstico, conservação e reparo desses elementos, com o estudo de novos materiais de reparação compatíveis com as argamassas existentes.

5. CONCLUSÕES

O cimento natural, apesar utilizado num relativo curto período de transição entre o uso da cal e a sua substituição geral pelo cimento Portland, está presente em elementos importantes do património edificado por toda a Europa. Esse ligante foi um importante material de construção na arquitetura da época, permitindo a realização dos seus vários elementos característicos como os ornamentos exteriores.

Em Portugal, em que o cimento natural terá sido utilizado principalmente no final do século XIX e início do século XX, estudos recentes parecem confirmar presença deste material em importantes edifícios históricos como o Teatro Nacional São João e o Mercado do Bolhão na região do país.

As fontes bibliográficas indicam que o cimento natural foi importado, fabricado e utilizado em Portugal. Apesar disso, restam muitos poucos registos desse uso. Da análise destas obras também é permitido concluir que muitos tipos de cimento da época podem caber na definição de *cimento natural*, refletindo-se isto numa variabilidade de características dos ligantes a nível de composição química e de propriedades físicas. Esta variação vai ser traduzida na variabilidade das características das argamassas produzidas com estes cimentos.

A indústria do cimento em Portugal surgiu mais tarde quando comparada com a da Europa Central. A competição comercial, o desenvolvimento técnico e a introdução de nova tecnologia aumentaram a produção e a qualidade dos materiais e impulsionaram uma evolução nas propriedades do cimento. Estes desenvolvimentos levaram a

que o cimento natural não conseguisse competir com o cimento Portland, sendo gradualmente substituído. Ao mesmo tempo, aconteceram mudanças importantes na arquitetura dos edifícios reduzindo-se os elementos ornamentais, onde o cimento natural era predominantemente importante, resultando numa estética mais simples.

O aumento generalizado de intervenções de conservação e restauro implica uma particular atenção na utilização de materiais com propriedades mecânicas, físicas e químicas desejavelmente compatíveis com os materiais originais. Assim, conjugada com a investigação de fontes bibliográficas da época, a caracterização de argamassas de edifícios dos finais do séc. XIX e séc. XX deverá resultar em melhores informações sobre as suas características e poderá ajudar a traçar um período mais preciso de utilização do cimento natural em Portland.

Além disso, os resultados permitirão determinar propriedades tais como traços, tipo de agregados e ligantes utilizados e as propriedades físicas e mecânicas das argamassas. A caracterização dos materiais originalmente aplicados permitirá a formulação de novas argamassas compatíveis para conservação e restauro, evitando-se intervenções danosas e salvaguardando as características do património edificado.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto CemRestore – Argamassas para a conservação de edifícios do início do século XX - Compatibilidade e Sustentabilidade referência POCI-01-0145-FEDER-031612 cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do COMPETE 2020 – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI) e por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P. Teve também o apoio da FCT através do projeto UIDB/00145/2020.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. *et al.*, 2018 – **Betões de edifícios galardoados com o Prémio Valmor de Arquitectura**. **Caracterização e contributos para a sua salvaguarda**. Encontro Nacional Betão Estrutural – BE 2018.

ALMEIDA, L. *et al.*, 2016 – **Caracterização de revestimentos de edifícios galardoados com o Prémio Valmor de Arquitetura (1902 a 2002).** Porto.

APPLETON, J., 2005 – **Construções em betão – Nota histórica sobre a sua evolução**. Lisboa: Instituto Superior Técnico, (Figura 1), pp. 1-18.

CALLAPEZ, P. *et al.*, 2014 – **A mina de carvão do Cabo Mondego: 200 anos de exploração e a paleontologia portuguesa**. In *Memórias do Carvão*.

CANTISANI, E. *et al.*, 2018 – **Production of the roman cement in Italy: characterization of a raw material used in Tuscany between 19th and 20th century and its comparison with a commercialized French stone material**. *International Journal of Architectural Heritage*. 12(6), pp. 1038-1050.

DAMAS, A.L.; Veiga, R.; Faria, P., 2016 – **Caraterização de argamassas antigas de Portugal – contributo para a sua correta conservação**. Congresso Ibero-Americano "Património, suas Matérias e Imatérias", pp. 67_021.

DIOGO, M., 2000 – **Indústria e engenheiros no Portugal de fins do século XIX: o caso de uma relação difícil. Scripta Nova**. *Revista Eletrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. 69(6).

GOSSELIN, C.; Girardet, F.; Feldman, S. B., 2012 – **Compatibility of roman cement mortars with gypsum stones and anhydrite mortars: The example of Valère Castle (Sion, Switzerland)**. *Proceedings of the 12th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone*. New York, (October 2016), pp. 22-26.

GURTNER, C. *et al.*, 2012 – **Manual on best practice in the application of roman cements. Roman cement, past and present.** *Conservation theory and practice*. (226898), p. 113.

HUGHES, D. C. *et al.*, 2009 – **Roman cements – Belite cements calcined at low temperature**. *Cement and Concrete Research*.

HUGHES, D. C.; SWANN, S.; Gardner, A., 2007 – **Roman cement: Part one: Its origins and properties**. *Journal of Architectural Conservation.* 13(1), pp. 21-36.

KOZŁOWSKI, R.; Hughes, D.; Weber, J., 2010 – **Roman cements: key materials of the built heritage of the 19th century.** M. B. Dan, R. P$\$vrikryl, & Á. Török, eds. – *Materials, Technologies and Practice in Historic Heritage Structures*. pp. 259-277.

MASCARENHAS-MATEUS, J.; CASTRO, C., 2018 – **The Portland cement industry and reinforced concrete in Portugal.** In 6th International Congress on Construction History.

NEVES, J. C., 1894 – **Estudos sobre cimentos estrangeiros importados em Portugal**. *Revista de Obras Públicas e Minas.*

NEVES, P., 2007 – **Grandes empresas industriais de um país Pequeno: Portugal. Da década de 1880 à 1.ª Guerra Mundial**. pp. 200–207.

PINTÉR, F.; GOSSELIN, C., 2018 – **The origin, composition and early age hydration mechanisms of Austrian natural Portland cement**. *Cement and Concrete Research*. 110, pp. 1-12.

ROCHA, D. V. da, 2015 – **Argamassas de cimento romano utilizadas em edifícios do início do século XX**. Aveiro: Universidade de Aveiro.

SILVA, A. P. C. P. da; Velosa, A. L., 2014 – **Revestimentos do início do século XX**. Aveiro: Universidade de Aveiro.

VALE, C., 2018 – **Bases para orçamentos de David Xavier Cohen. Contributo para o (re)conhecimento das formas de construção correntes entre 1880 e 1930**. *Construção 2018*. (November), pp. 1452-1460.

VALE, C. P. do *et al.*, 2019 – **O cimento natural em Portugal. Registos de uso entre o final do século XIX e o primeiro quartel do século XX**. In 3.º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira.

VELOSA, A. *et al.*, 2011 – **Characterization of the conservation state of the façade of Teatro Nacional de S. João, Porto**. In International Conference on Durability of Buildings Materials and Components. pp. 1-8.

VELOSA, A. *et al.*, 2013 – **Teatro Nacional de S. João (Porto, Portugal). Mortar characterization in early 20th century architecture**. In 3rd Historic Mortars Conference. Glasgow, Scotland.

WEBER, J. *et al.*, 2007 – **Microstructure and mineral composition of roman cements produced at defined calcination conditions**. *Materials Characterization*. 58(11), pp. 1217-1228.

WILK, D., Bratasz, Ł. & Kozłowski, R., 2013 – **Shrinkage cracking in roman cement pastes and mortars**. *Cement and Concrete Research*. 53, pp. 168-175.

LOS MORTEROS HISTÓRICOS DEL CASTILLO DE CIFUENTES (GUADALAJARA, ESPAÑA)

THE HISTORICAL MORTARS OF THE CASTLE OF CIFUENTES (GUADALAJARA, SPAIN)

Cristina Mayo Corrochano [(1)], David Sanz Arauz [(2)]

(1) ETS. Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid y Estudio Mayo. España, cristina@estudiomayo.com
(2) ETS. Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, España, david.sanz.arauz@upm.es

RESUMEN

En la presente comunicación se exponen los resultados de los análisis de caracterización mineralógica y petrográfica de los morteros de las fábricas y revestimientos del Castillo de Cifuentes, en la provincia de Guadalajara (España). El inicio de la construcción del castillo data de 1324, bajo el patrocinio del infante Don Juan Manuel, personaje ilustre más conocido por su obra literaria (autor de "El conde Lucanor"). Don Juan Manuel tuvo una gran influencia política y gran actividad militar en las guerras de Reconquista, esto le llevaría a residir en varios castillos a lo largo de la geografía española. El Castillo de Cifuentes consta de cinco torres y un patio de unos 400 m_2 con una puerta de influencia islámica. Con el paso del tiempo ha sufrido diversas modificaciones hasta su actual estado de abandono. Englobado en un estudio más amplio de materiales y estado de conservación del castillo se han realizado análisis de caracterización de morteros.

Palabras clave: Morteros Históricos / Morteros de Yeso / Morteros Hidráulicos / Fortificaciones

RESUMEN EXTENDIDO

En la presente comunicación se exponen los resultados de los análisis de caracterización mineralógica y petrográfica de los morteros de las fábricas y revestimientos del Castillo de Cifuentes, en la provincia de Guadalajara (España). El inicio de la construcción del castillo data de 1324, bajo el patrocinio del infante Don Juan Manuel, personaje ilustre más conocido por su obra literaria (autor de "El conde Lucanor"). Don Juan Manuel tuvo una gran influencia política y gran actividad militar en las guerras de Reconquista, esto le llevaría a residir en varios castillos a lo largo de la geografía española. El Castillo de Cifuentes consta de cinco torres y un patio de unos 400 m^2 con una puerta de influencia islámica. Con el paso del tiempo ha sufrido diversas modificaciones hasta su actual estado de abandono. Englobado en un estudio más amplio de materiales y estado de conservación del castillo se han realizado análisis de caracterización de morteros.

Los resultados de los ensayos permiten diferenciar y asociar varios tipos de morteros:

- Núcleo de la fábrica de piedra del patio con argamasa de mortero de yeso.
- Fábrica revestida por mortero de cal y arena con impurezas arcillosas.
- Morteros con similar composición y estructura microscópica que los del torreón y los del adarve.
- Fábrica de piedra del patio con un último revestimiento de mortero de cal y yeso acabado con un mortero de yeso gris similar al revestimiento de la primera bóveda del torreón.

Los ensayos de caracterización de muestras de morteros históricos es una parte indispensable en los proyectos de intervención en patrimonio. Por una parte, ayudan a establecer una cronología relativa de las distintas fases constructivas, complementando los trabajos arqueológicos. Por otra parte, clarifican el diagnóstico sobre el estado de conservación. Estos datos de composición y estado de conservación orientan las decisiones de intervención, en especial las relacionadas con los materiales a emplear, que han de ser los de mayor compatibilidad con los existentes.

Pese a que la caracterización de morteros históricos es un campo científico bien establecido y con gran desarrollo en las últimas décadas, su aplicación práctica continúa presentando dificultades. La intervención en fábricas históricas con argamasas de unión y/o revestimientos de cal o yeso ha planteado severos problemas debido a la falta de conocimiento de la mayoría de los proyectistas sobre las técnicas y los materiales empleados en épocas históricas y a la escasa compatibilidad de los morteros basados exclusivamente en cementos de tipo portland con los materiales de las fábricas antiguas.

En muchos casos los materiales encontrados en las fábricas históricas tienen mejores prestaciones y un comportamiento más satisfactorio que las soluciones actuales, estando adaptados a los sistemas constructivos propios de cada caso y al ambiente.

En este trabajo se han caracterizado morteros a base de cal y a base de yeso a través de la secuencia de análisis: Difracción de Rayos X, Estereomicroscopía de secciones pulidas, Microscopía Óptica de Polarización y análisis de la porosidad mediante el análisis digital de imágenes de láminas delgadas; lo que ha permitido describir los aspectos compositivos y texturales de las muestras.

Los datos obtenidos permiten alcanzar algunos resultados respecto a la composición, textura y porosidad de los morteros del Castillo.

Desde el punto de vista compositivo se aprecian tres grandes grupos de morteros: morteros de yeso: MP3, MP5 y MB1; morteros de cal y arena: MP2, MP1, MP4, MB2, MF1 y MT1; y finalmente morteros de cal y arena con un contenido en yeso como impureza y/o adición: MA2 y MA1.

Estos morteros, se corresponden con diferentes etapas constructivas. El mortero MP3 se encuentra en el centro del muro del patio lo que permite suponer que está en la zona más antigua de la construcción. Teniendo en cuenta que en Castilla en el 1300 y debido a las guerras con los reinos musulmanes se levantan y refuerzan fortificaciones sobre antiguos establecimientos militares y se generaliza una tipología con torres y almenas, es posible que esta muestra nos indique un posible núcleo musulmán de yeso.

Sobre este núcleo se produciría la construcción del resto del Castillo, datada históricamente y atribuida al Conde Don Juan Manuel, que correspondería con los morteros del Torreón: MB2, MF1 y MT1, que a su vez son coincidentes en composición, textura y propiedades con el mortero de junta encontrado en el Adarve (figura 2) con los que tienen similitudes: MA2. Aquí tendríamos la etapa de mayor importancia en la construcción del Castillo, con morteros de junta que guardan grandes similitudes en composición, relación árido/conglomerante, y porosidad. Los restos de yeso encontrados en la difracción de rayos X de MA2 no se llega a apreciar de forma importante en la microscopía, por lo que nos inclinamos a pensar que se trata del resto de un revestimiento o pintura perdidas.

Por otra parte, hay un tercer grupo de morteros que guardan similitudes compositivas y texturales: son los morteros del patio que recrecen el núcleo central: MP2, y MP1, y estos morteros son similares a su vez a MA1, en el adarve. Lo cual supondría una fase de reparación o de mantenimiento posterior a la fase principal de construcción.

Finalmente se puede identificar una última fase en la que se revestirían algunas zonas con un mortero de yeso de textura similar: MB1, en la torre y MP5 en el patio.

Desde el punto de vista metodológico se comprueba la utilidad del análisis digital de imágenes como complemento a los estudios petrográficos. También conviene resaltar la importancia de la microscopía óptica como medio idóneo para discernir dudas que presenta la difracción de rayos x o los métodos químicos en general. El papel de la porosidad y las relaciones árido / conglomerante, así como la forma de los áridos y la textura de las matrices permiten reconocer mejor similitudes y diferencias entre grupos complejos de morteros.

DESAFIOS DE CONSERVAÇÃO E RESTAURO DO PATRIMÓNIO CONSTRUÍDO NA ILHA DE MOÇAMBIQUE. CASOS DE ESTUDO

CHALLENGES FOR CONSERVATION AND RESTORING OF HERITAGE BUILT IN THE ISLAND OF MOZAMBIQUE. STUDY CASES

José Mendes da Silva [(1)], Lídia Catarino [(2)], Catarina Mouraz [(3)], Vanessa Pires de Almeida [(4)]

(1) ADAI-LAETA, DEC da Universidade de Coimbra, Portugal, raimundo@dec.uc.pt
(2) DCT da Universidade de Coimbra, Portugal, lidiagil@dct.uc.p
(3) Instituto Pedro Nunes e DEC da Universidade de Coimbra, Portugal, catarinamouraz@hotmail.com
Instituto Pedro Nunes, Portugal, vpiresalmeida@gmail.com

RESUMO

A ilha de Moçambique é um local singular, que testemunhou, ao longo dos séculos, muitos marcos da história de diversos povos e culturas. Capital do país até 1898, a Ilha de Moçambique recebeu a construção, no século XVI, da primeira capela cristã da costa do Índico e, pouco depois, da Fortaleza de São Sebastião. À *cidade de pedra e cal* contrapõe-se a *cidade de Macuti*, construída com vara de mangal, terra e folha de palma, no local onde foi extraída a pedra para a construção da primeira.

Em 1991, a ilha de Moçambique é inscrita na lista do Património Mundial pela UNESCO, através do reconhecimento dos critérios IV (*"oferecer um exemplo excecional de um tipo de construção ou de conjunto arquitetónico ou tecnológico ou de paisagem ilustrando um ou vários períodos significativos da história humana"*) e VI *("Estar direta ou materialmente associado a acontecimentos ou a tradições vivas, a ideias, a crenças, ou a obras artísticas e literárias com um significado universal excecional"*).

A gestão e preservação do património debate-se com muitas dificuldades que não se limitam a questões técnicas ou financeiras. A conservação, e, em muitos casos, a imprescindível recuperação deste património, obriga a decisões estratégicas complexas, que conciliem a preservação da identidade e da integridade com a qualidade de vida e com as exigências ambientais e de sustentabilidade económica.

Neste artigo abordam-se dois casos de estudo: a Capela de Nossa Senhora do Baluarte, na Ilha de Moçambique; e o antigo Palácio do Governador, na baía de Mossuril; construções emblemáticas que exigem atenção urgente. Faz-se uma aproximação à sua história, caracterização construtiva e estado de conservação, e apresentam-se pistas para estratégias de intervenção.

Palavras-chave: Ilha de Moçambique / Património Mundial / Conservação e Restauro / Gestão e Preservação do Património Construído

1. INTRODUÇÃO

O concelho de Mossuril, na província de Nampula, na costa norte de Moçambique, é um território extenso, de grande diversidade física, económica e social, onde a orla marítima e a sua baía bem protegida das intempéries do Índico assumem particular destaque. Porto de abrigo, há muitos séculos, é atualmente conhecido pela sua importância turística, por força das suas praias paradisíacas, pelos extensos palmares e mangais, mas também por ser um alfobre de evidências físicas, construídas, das memórias da história pós-quinhentista.

É imperativo destacar o poço onde, alegadamente, as naus de Vasco da Gama se abasteceram de água doce, em 1498, a caminho da Índia, e o edifício da antiga residência de Verão dos Governadores, também conhecido como antigo Palácio do Governador, construído na segunda metade do século XVIII, em plena transformação pombalina.

A Ilha de Moçambique, situada entre a baía de Mossuril e o canal de Moçambique, foi capital da África Oriental Portuguesa entre 1570 e 1898, e a sua fortaleza, a Fortaleza de São Sebastião, erigida, no século XVI, no topo Norte da Ilha, sobre o grande recife de coral, foi, durante muito tempo, a grande proteção da baía e do tráfego marítimo para Oriente.

No século XVI*, "com o objetivo de defender a parte norte da ilha de Moçambique foi erguido um pequeno baluarte artilhado, onde mais tarde seria erguida a capela de Nossa Senhora do Baluarte (1522), templo este que é considerado a mais antiga edificação europeia na costa oriental africana"* (fortalezas.org, 2020), "único exemplar de arquitetura manuelina em Moçambique" (UCCLA, 2016), ao qual apenas se tem acesso pelo interior da Fortaleza de São Sebastião.



Figura 1 – Vista aérea da Fortaleza de São Sebastião e da Capela de Nossa Senhora do Baluarte, no esporão da ilha (DGPC, 2020)

2. RECURSOS DO TERRITÓRIO

A topografia da baía de Mossuril e ilha de Moçambique pode ser caraterizada por extensas zonas aplanadas e de pouca elevação, mas muito recortadas, originando locais abrigados onde plantas e animais se estabeleceram e desenvolveram abundantemente. Assim, são frequentes os mangais e os palmares que, ao longo dos tempos, foi possível usar como fonte de material de fácil e barato acesso para a construção.

O material pétreo utilizado na construção da maioria das edificações da zona, localmente chamado de pedra coralina, é constituído por uma estrutura de natureza calcária resultante da atividade biológica de várias espécies de animais, em particular os cnidários da classe Anthozoa, originando recifes de coral fósseis da época Pleistocénico (Lächelt, 2004).

A exploração da pedra coralina na ilha de Moçambique aconteceu sobretudo na zona sudoeste, onde, desde o século XVIII, existiu uma zona designada por pedreira, observável em mapa de 1802 (Paixão, 2014), e que permaneceu, pelo menos, até ao início do século XX, conforme foi registado em fotografia por Carlos Freire de Andrade (Freire de Andrade, 1929).

Uma das caraterísticas importantes desta pedra é a presença de poros, remanescentes do corpo vivo anteriormente existente, sendo de particular relevância a uniformidade da distribuição e da dimensão dos mesmos (Berti, Arif, 2005). Estes espaços vazios permitem a respirabilidade das paredes, evitando a cristalização de sais, e, no caso destes se formarem, encontram espaço de cristalização sem degradar a estrutura global (Berti, Arif, 2005). Contudo, a sua capacidade de absorção de água é da ordem de 17% (Manohar, Bala, Santhanam *et al*., 2020), sendo imperativo que a pedra aplicada em construção seja rebocada para evitar a entrada de humidade salina transportada pelo vento e, ao mesmo tempo, melhorar a resistência à erosão por ele provocada.

A pedra coralina, pela sua natureza carbonatada, era também calcinada para a produção de cal, utilizada quer como ligante, nas argamassas, quer como acabamento de paredes. Hoje, devido a restrições de carácter ambiental, a exploração desta pedra é reduzida ou nula, embora exista uma pedreira na zona continental onde são retirados blocos de pedra para restauro e fabrico de cal (Berti, Arif, 2005).

A cidade de Macuti, localizada no lado oposto à Fortaleza de S. Sebastião, na zona da ilha de Moçambique utilizada para retirar a pedra para a construção dos edifícios mais importantes da ilha, foi construída com materiais de baixo custo e fácil acesso para a população local, quando esta, em 1868, foi obrigada, por decreto, a construir as suas cabanas apenas no lado sul da ilha (Eloundou, Weydt, 2009).

Assim, recorrendo à vara de mangal, foram construindo estruturas abertas que eram de seguida preenchidas com pequenos seixos apanhados na praia, colmatando os espaços vazios com "matope" (material argiloso) e uniformizando a superfície exterior com uma argamassa de cal e areia. As coberturas eram realizadas com folhas de palmeira, "macuti", ligadas entre si, originando estruturas de grandes dimensões e resistentes à água, com um beiral que evitasse a ação da água da chuva nas paredes frágeis. A utilização de óleo de "murrapa" (planta arbustiva de nome *Cissus Integrifolia*) como aditivo era também frequente para aumentar as caraterísticas hidrófugas da argamassa (Berti, 2016; Brito, Franco de Mendonça, 2018), fundamentais para resistir ao ambiente marinho em que estão enquadradas estas construções.

3. DESCRIÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

3.1. Antigo Palácio do Governador

O antigo Palácio do Governador, ou Residência de Verão do Governador, foi uma "*iniciativa do governador Baltazar Manuel Pereira do Lago (1765-1779), autor das reformas da fase pombalina, que para o efeito adquiriu um palmar no local*" (Fernandes, 2020).

O edifício, que se pode observar na Figura 2, é um corpo compacto, de planta aproximadamente quadrada, que se desenvolve em dois pisos, de elevado pé-direito, com vãos regulares nas diferentes fachadas, ainda que refletindo diferentes organizações funcionais e espaciais.

A fachada que atualmente confina com a via de acesso (Figura 2.1) apresenta cinco vãos em cada piso, simétricos em relação a um eixo vertical central, com uma porta sobre este eixo, no piso de entrada, e três janelas de sacada no piso superior, agora com acesso a varanda de betão armado, apoiada em consolas do mesmo tipo, que terá sido introduzida em meados do século XX.

A fachada posterior (Figura 2.2) projeta-se para um amplo logradouro – crê-se, outrora, um jardim privado, na transição para um pomar de cerca de quatro hectares. Toda a fachada é marcada pela escadaria exterior em pedra, com lanços laterais simétricos, dois de cada lado, paralelos à fachada, de acesso ao piso superior, terminando num alpendre, sob o qual se acede ao piso térreo, através de duas portas simétricas, compostas por arcos de volta perfeita.

A fachada lateral poente é assumida como um elemento neutro na composição, enquanto a fachada lateral nascente se destaca pela sua *loggia* (Figura 2.3), aparentemente central, com duas colunas de pedra a sustentar a viga periférica da cobertura e duas meias colunas, de remate ornamental, nas extremidades, de onde se avistaria não só o Índico como o extenso palmar da propriedade.

As paredes são em alvenaria de pedra, de espessura significativa, coerentes com a época e o tipo de construção europeia do século XVIII, mas com inteligentes adaptações à realidade e materiais locais. A pedra coralina, com toda a certeza extraída das proximidades, é o material principal, quer das alvenarias correntes, quer das colunas, padieiras, arcos e ornamentos dos vãos.

A ornamentação é sóbria, embora constante, e presente nos cunhais, frisos, molduras, cornijas e mísulas, sobre padieiras, nas fachadas, nas bases e capitéis das colunas da *loggia*, e nos baixos-relevos interiores dos vãos principais (Figura 2.5). Adivinham-se, ainda, algumas antigas pinturas ornamentais interiores.



Figura 2 – Vistas gerais e pormenores construtivos do Palácio (em cima: (1) fachada principal, (2) fachada posterior, (3) *loggia* na fachada nascente; em baixo: (4) espaços interiores, (5) ornamento interior num vão, (6) cunhal e cornija no exterior)

O revestimento das paredes seria originalmente de cal, tanto no interior como no exterior, sendo conhecida na região a produção de cal a partir da rocha coralina, ainda que, atualmente, fortemente limitada, por motivos

ambientais, de preservação da paisagem e dos recursos naturais.

A alvenaria é de construção cuidada e formal, visível nos remates e cunhais. Nas janelas e portas, as padieiras assumem diferentes soluções, maioritariamente em pedra, mas também com recurso à madeira em vãos de menor importância.

Os pavimentos elevados, incluindo o teto do piso superior, que se crê ser o suporte da cobertura, são constituídos por uma estrutura de madeira, com vigas principais, de grande dimensão e secção retangular, as quais suportam vigas secundárias (barrotes), pouco espaçadas. Crê-se, pela informação local, tratar-se de "pau-ferro", da floresta próxima, na Cabaceira, face à sua alegada resistência e durabilidade. O apoio das vigas principais é feito por encastramento na parede ou, em casos pontuais, por cachorros.

A surpresa maior, que também se traduz na maior dúvida, é a forma como, sobre esta estrutura cruzada de vigas de madeira, se constrói o pavimento, já que se encontram duas variantes, eventualmente utilizadas em conjunto: colocação de lajetas de pedra sobre os barrotes, com dimensões aproximadas de 30 x 20 x 4 cm, sobre as quais se justapõe o enchimento e o revestimento; ou laje de argamassa de cal executada com vara de mangal, com cerca de 2 cm de diâmetro, funcionando simultaneamente como armadura e cofragem inferior.

A primeira, mais usada em coberturas, recebe uma camada de argamassa e hidrofugante natural, com as necessárias inclinações, numa solução de cobertura quase plana, e a segunda, usada sobretudo nos pisos interiores, recebe igualmente a argamassa de enchimento e o acabamento final, atualmente em betonilha e mosaico hidráulico, sem quaisquer evidências da existência de antigos soalhos de madeira.

O atual estado de abandono do edifício conduz, com facilidade, a um juízo de grande degradação, aproximando-se do estado de ruína (Quadro 1).

Contudo, uma observação mais atenta permite moderar essa apreciação e identificar os aspetos mais críticos, bem como os que devem ser avaliados antes da definição de qualquer intervenção mais profunda.

Nas paredes de alvenaria, a maior preocupação é a progressiva degradação da pedra, ainda que de forma localizada, face à ação da água da chuva e do vento, carregado de partículas finas e abrasivas, em consequência da progressiva deterioração e destacamento do reboco. Esta preocupação assume maior destaque nas colunas da *loggia*, onde a alveolização atinge níveis severos, permitindo, aliás, conhecer em detalhe a estrutura das próprias colunas, construídas por sobreposição de cilindros de pedra, rigorosamente talhados.

As fissuras verticais nas padieiras, sobre os vãos, deixam de ser uma preocupação relevante, a partir do momento em que conhecemos o seu funcionamento. A padieira é constituída por duas peças horizontais e por uma peça vertical a meio, de fecho, em pedra.

A anomalia mais carismática advém da presença de uma enorme figueira, cujas raízes invadiram o edifício e fazem já parte dele e da sua identidade, mas que, em boa verdade, o estão a destruir, sendo necessário avaliar a verdadeira extensão do problema, nomeadamente no que diz respeito ao impulso das paredes para fora do plano e à entrada de água que afeta todas as estruturas.

As estruturas de madeira estão francamente afetadas pela ação da água, e, uma vez ultrapassada a causa das infiltrações, importa avaliar o estado de cada peça, atendendo principalmente às vigas principais e aos seus apoios nas paredes de alvenaria, sempre mais suscetíveis ao apodrecimento, não sendo de afastar, pelo menos numa primeira fase, a possibilidade de também existir alguma ação de térmitas.

Todas as estruturas secundárias e caixilharias apresentam-se inoperacionais ou inexistentes, reclamando a sua renovação, com funcionalidade e características que conciliem a identidade do local e a eficácia e a durabilidade desses sistemas.

Quadro 1 – Principais anomalias observadas no Antigo Palácio do Governador



3.2. Capela de Nossa Senhora do Baluarte

A Capela de Nossa Senhora do Baluarte (Figura 3), datada de 1522, configura uma planta quadrangular, uma

nave única, rebocada e caiada, com cabeceira poligonal, a nordeste, que integra três troneiras cruzetadas, com nicho em arco, coberta por uma abóbada de nervuras e bocetes decorados por esfera armilar e cruz da Ordem de Cristo. Aqui, encontram-se várias lajes tumulares.



Figura 3 – Vistas gerais e pormenores construtivos da Capela (em cima: (1) nártex, (2) sacristia, (3) cabeceira poligonal; em baixo: (4) vista interior de troneira, (5) abóboda de nervuras, (6) gárgula)

O acesso à capela é feito por um portal, de duas folhas de madeira e moldura reta pintada de branco, ladeado por janelas retangulares com grades de madeira e encimado por um brasão com as armas de Portugal, entre duas esferas armilares, de cantaria relevada. As fachadas são rematadas por cornijas e ameias, e duas gárgulas em cada uma das fachadas nordeste e sudoeste.

Foram acrescentados e adossados: a sudoeste, no século XVII, um alpendre, um amplo nártex retangular com vãos, frontais e laterais, compostos por arcos de volta perfeita; e, a noroeste, uma sacristia retangular, com um pequeno vão e uma escada contígua.

Os diferentes volumes apresentam diferentes coberturas: de quatro águas, de muito reduzida inclinação, na capela; plana, no nártex; e curvilínea, na sacristia. As fachadas são rebocadas e caiadas de branco.

A fachada sudoeste do nártex, de acesso à capela, é coroada por um merlão, semelhante aos dispostos entre as ameias, e é rasgada por dois vãos compostos por arcos de volta perfeita e rematada por um beirado sobre caibros. A fachada noroeste é rasgada por três vãos enquadrados por arcos de volta perfeita e peitoris, e a fachada sudeste por dois vãos, semelhantes, e um vão retilíneo, junto ao qual é encostada, exteriormente, uma escada, e, interiormente, um púlpito sobre uma coluna. A fachada noroeste do nártex é encimada por um elemento em arco de volta perfeita, de suporte do sino (SIPA, 2011).

A abóbada de nervuras da capela é suportada pelas paredes periféricas de grande espessura. A estrutura de cobertura do nártex, com vigas orientadas paralelamente ao portal de entrada da capela, apoia sobre os arcos laterais, travados transversalmente pela parede da capela e pelos arcos de entrada no espaço.

O pavimento interior é composto por lajes em pedra coralina polida, retangulares, sujeitas recorrentemente à água do mar que, em condições adversas, penetra através dos vãos. O revestimento interior das paredes é equivalente ao exterior, ainda que o reboco de cal aparente ser mais brando.

Crê-se que as nervuras da abóbada vieram de Portugal, a pedra coralina, do pavimento e da cobertura, da própria ilha, e a madeira, das vigas e dos caibros, do continente, nas imediações da ilha.

As anomalias mais graves situam-se no nártex, perante o colapso da cobertura, estando as restantes fortemente relacionadas com a degradação natural, de mais fácil resolução (Quadro 2).

Quadro 2 – Principais anomalias observadas na Capela de Nossa Senhora do Baluarte

2.1	Rutura de viga e desabamento da laje de cobertura do alpendre (nártex)	
2.2	Fissuras horizontais no topo das paredes do nártex, por queda da cobertura, com ligeiras fissuras verticais no topo dos arcos	
2.3	Desagregação de rebocos de cal originais e destacamento de reparações com cimento, no exterior	
2.4	Degradação superficial dos merlões em pedra e da pintura exterior, por ação climática direta	
2.5	Destruição de púlpito, devido à queda da estrutura da cobertura	
2.6	Colonização biológica de paredes e pavimento, no interior da capela	

As anomalias estruturais circunscrevem-se ao nártex, cuja cobertura ruiu, após a rutura de uma viga principal e consequentes roturas secundárias, influenciando, de forma negativa e errónea, o juízo preliminar sobre o estado global de conservação da estrutura da capela.

A rutura da viga pode ter resultado da humidade oriunda do contacto desta com as paredes, sem a devida proteção e/ou drenagem no apoio, ou da laje de cobertura, não podendo excluir-se totalmente a eventual ação de térmitas.

A parede a noroeste movimentou-se, provocando a abertura de fissuras verticais, inferiores a 5mm, sobre os vãos. A parede frontal do nártex apresenta fissuras horizontais inferiores a 5 mm e a 10 mm. No entanto, a sua distribuição e evolução não suscitam grandes preocupações em termos de segurança estrutural.

A desagregação das argamassas e dos merlões, bem como a degradação e a sujidade da pintura, nas paredes e elementos exteriores, resultam da ação do vento e da chuva, acrescendo a influência costeira e marítima, seja pela carga erosiva, seja pela ação salina.

As anomalias interiores limitam-se à colonização biológica de paredes e pavimento interiores, ao desgaste superficial das pedras coralinas do pavimento e à degradação da pintura das paredes, onde a ação do tempo é reforçada por fenómenos de humidade ascensional, infiltrações pela cobertura e entrada de água pelos vãos, com aberturas sem qualquer proteção.

4. ESTRATÉGIA DE INTERVENÇÃO

4.1. Introdução

A pergunta que sempre nos acompanha é: “o que fazer?”

Nestes casos, como em quase todos, as dúvidas são sobretudo metodológicas e as certezas sobretudo de carácter mais técnico, sendo que as primeiras são as que definem o caminho, ainda que não possam vingar sem as segundas.

Perante o estado de conservação do edifício, as respostas técnicas e intuições devem sempre ser precedidas de um conhecimento detalhado do edifício, da sua história, das suas características e do seu significado. E tão importante como o passado é o futuro. “Que função terá?”, “Como será mantido?”, “Que mensagem queremos que transmita?”, “Que meios serão necessários mobilizar?”, são as perguntas que devem conduzir as intervenções, aliando o “zeitgeist” (“espírito da época”), o entendimento e o desenvolvimento do pensamento atuais, ao contexto histórico, paisagístico e cultural onde se inserem.

Deste modo, é reiterado o que foi levado a cabo na construção dos edifícios em análise, que não só assimilaram as referências do povo português como os recursos e o modo de construir do povo autóctone.

4.2. Antigo Palácio do Governador

Não queremos nem podemos desvalorizar o elevado estado de degradação do edifício, mas será fácil encontrar respostas técnicas, devidamente especializadas, para a substituição ou reforço das madeiras, para a estabilização das paredes e para a estanquidade da cobertura, uma vez que a estratégia será, fundamentalmente, de restauro, usando os materiais e as técnicas originais, que só faliram por abandono prolongado. Para levar a cabo a missão, a etapa mais relevante é o conhecimento detalhado do edifício e das soluções construtivas, tecnologias e materiais utilizados, sobre os quais se debruçaram as secções anteriores.

Contudo, primeiramente, é preciso responder às questões anteriormente colocadas. “Que função terá? Como será mantido? Que mensagem queremos que transmita? Que meios serão necessários mobilizar?”.

De acordo com Mário Intetepe, chefe dos serviços de ação cultural da Direção Provincial de Educação e Cultura, em 2010, a propósito da angariação de apoios financeiros internacionais para o restauro de património histórico-cultural localizado no distrito costeiro de Mossuril, o Antigo Palácio do Governador, para além de atração turística, poderá ser utilizado como local de debate de temas, ligados à história e cultura, entre outros, ou como escola, já que as suas amplas salas poderão acolher as salas de aulas de algumas turmas que estudam ao relento na Cabaceira Grande (Wordpress, 2010).

Assim, indo ao encontro das necessidades locais, a conservação do edifício assegura a sua permanência no tempo, integrando-o no dinâmico e imparável desenvolvimento cultural.

Menos consensual pode ser a tomada de decisão relativa aos elementos espúrios de betão armado, introduzidos na segunda metade do século XX, à utilização de materiais iguais aos originais, com a recente proteção por legislação ambiental, e, ainda, à figueira, cujas raízes invadiram o edifício, criando um misto de fascínio e de apreensão, com a destruição que está a provocar, de forma grave e acelerada.

4.3. Capela de Nossa Senhora do Baluarte

A constância e a significância do seu uso, como local de oração e refúgio dos túmulos de São Sebastião de Morais (sacerdote português e primeiro Bispo do Japão) e Dom António de Castro (OMAR, 2008), reclamam a conservação da sua função. Este significado é reforçado pelo reconhecimento da comunidade, que assume a Capela como elemento identitário inquestionável.

A intervenção na Capela deve reger-se pelos mesmos princípios enunciados para o antigo Palácio dos Governador, mas a sua concretização assume uma forma muito distinta.

Aqui, não havendo alteração de função, nem a necessidade de introduzir elementos em falta (janelas, pavimentos, etc.), a ação de restauro é mais independente e pode ser conduzida com menos compromissos externos. Esta situação é válida para a capela e para a estrutura de alvenaria do nártex, ainda que neste último se exija a estabilização localizada da alvenaria, a reparação das fissuras e a reconstrução do seu coroamento, para receber, de forma adequada, a nova cobertura do alpendre.

A cobertura do alpendre deve interromper a tendência de adaptação e adulteração da solução original, verificada nas intervenções mais recentes, para retomar a solução original, que se afigura adequada e durável, desde que seja alvo de adequada manutenção.

5. CONCLUSÕES

Separados por quase dois séculos e meio, os edifícios analisados evidenciam a duradoura importância estratégica da Ilha de Moçambique. Inserida numa ampla e recortada baía, num tipo de “Mediterrâneo- Índico” (Fernandes, 2020), a ilha tornou-se numa escala obrigatória das viagens entre Lisboa e Goa (“Carreira da Índia”), permanecendo como entreposto comercial, a função encontrada por Vasco da Gama, em 1498, no domínio do sultão de Zanzibar. Toda a região é um testemunho rico de todos os tempos, permitindo uma reconstrução da história, não só para os povos autóctones como para os povos que por lá passaram.

As características construtivas e arquitetónicas de ambos os edifícios demonstram uma particular adaptação às condições climatéricas e uma adaptação criteriosa de soluções construtivas inspiradas em outras latitudes aos materiais locais, que, nalguns casos, lhe conferem particular valor e singularidade e ilustram de modo expressivo aquilo que hoje facilmente se denomina como construção sustentável.

Num e noutro caso, o estado de degradação, ainda que acentuado em algumas partes das construções, é reversível com ações de restauro, já que os materiais e as técnicas originais demonstraram uma plena eficácia,

não fossem as intervenções geradoras de alterações de carácter incompatível ou menos durável e a inexorável ação do tempo que não foi contrariada pela necessária manutenção.

Uma intervenção criteriosa, e tão minimalista quanto possível, devolverá a integridade e o valor de uso que perderam, juntando-se à sua autenticidade, que não se encontra ameaçada.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho exigiu diligências, quer no local, quer junto das instituições intervenientes, na área do Património, na Província de Nampula, em Moçambique, só possíveis com o apoio da Universidade Lúrio, dos alunos, docentes e coordenadores do seu curso de mestrado em Património Cultural e Desenvolvimento Físico e do programa Erasmus +, através da bolsa concedida no âmbito da ICM.UC.

REFERÊNCIAS

BERTI, Maurizio; ARIF, Mohamad, 2005 – **Conservação dos antigos edifícios de pedra coral. Dois casos ao longo da costa moçambicana**. Maputo: Edições Faculdade de Arquitectura e Planeamento Físico da Universidade Eduardo Mondlane.

BERTI, Maurizio, 2016 – **Conservation of coral stone architectural heritage on the Coast of East Africa**. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 225:47-56.

BRITO, Aldevina; FRANCO DE MENDONÇA, Lisandra, 2018 – **Plano para o centro comunitário na faixa central da ilha**. In *Oficinas de Muhipiti: planeamento estratégico, património, desenvolvimento*. (Ed.) Walter Rossa, Nuno Lopes, Nuno Simão Gonçalves. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.

DGPC@2020 – **Ilha de Moçambique. Lisboa: património cultural – Direção-Geral do Património Cultural**. [Disponível em http://www.patrimoniocultural.gov.pt/pt/patrimonio/patrimonio- mundial/origem-portuguesa/ilha-de-mocambique/, consultado em 8 de fevereiro de 2020]

ELOUNDOU, Lazare; WEYDT, Jana, 2009 – **Reabilitação da Fortaleza de São Sebastião, Ilha de Moçambique**. Paris: Centro do Património Mundial da UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura.

FERNANDES, José Manuel, 2020 – **Antigo Palácio do Governador (Mossuril). HPIP – Heritage of portuguese influence / Património de influência portuguesa**. [Disponível em http://hpip.org /pt/Heritage/Details/2116, consultado em 8 de fevereiro de 2020].

FORTALEZAS.ORG@2020 – **Torre de São Gabriel. Fortalezas.org**. [Disponível em http://fortalezas.org/index.php?ct=fortaleza&id_fortaleza=598&muda_idioma=PT, consultado em 8 de fevereiro de 2020].

FREIRE DE ANDRADE, Carlos, 1929 – **Esboço geológico da Província de Moçambique**. Lisboa: Ministério das Colónias, Republica Portuguesa.

LÄCHELT, Siegfried, 2004 – **Geology and mineral resources of Mozambique.** Maputo: Ministério dos Recursos Minerais e Energia, Direcção Nacional de Geologia.

MANOHAR, Swathy; BALA, Karpagam; SANTHANAM, Manu; MENON, Arun, 2020 – **Characteristics and deterioration mechanisms in coral stones used in a historical monument in a saline environment**. *Construction and Building Materials*. 241 (2020) 118102. [https://doi.org/10.1016/ j.conbuildmat.2020.118102].

OMAR, Lúcia Laurentina, 2008 – **Ilha de Moçambique e os monumentos que marcam a história**. Ilha de Moçambique: Gabinete de Conservação da Ilha de Moçambique – GACIM. [Disponível em https://www.ilhademocambique.co.mz/sites/default/files/monumentos_emblematicos_da _ilha_0.pdf].

PAIXÃO, Jano, 2014 – **Ilha de Moçambique. Uma breve perspectiva**. Rio de Janeiro: Oficina "Desafios de candidaturas a Património Mundial". [Disponível em http://portal.iphan.gov.br/uploads /ckfinder/arquivos/Ilha%20de%20Mo%C3%A7ambique_Jano (1).pdf, consultado em 26 dezembro 2019].

SIPA@2011 – **Capela de Nossa Senhora do Baluarte**. Forte de Sacavém: Sistema de Informação para o Património Arquitetónico. [Disponível em http://www.monumentos.gov.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=11334, consultado em 8 de fevereiro de 2020]

UCCLA@2016 – **Ilha de Moçambique: breve história. Unidade das cidades capitais de língua portuguesa**. [Disponível em https://www.uccla.pt/membro/ilha-de-mocambique, consultado em 8 de fevereiro de 2020]

WORDPRESS@2010 – **Património histórico-cultural: Governo mobiliza fundos para restauração de importantes monumentos em Nampula**. Blog: WordPress. [Disponível em https://gm54.wordpress.com/tag/palacio-de-verao-dos-governadores/, consultado em 11 de fevereiro de 2020], [DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.06.007]

O MECANISMO DE LIESEGANG NA CARBONATAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE CAL AÉREA

THE LIESEGANG PHENOMENON IN THE CARBONATION OF LIME MORTARS



José Delgado Rodrigues

LNEC (Ap.), Portugal, delgado@lnec.pt

RESUMO

O artigo apresenta uma breve explicação sobre o mecanismo de Liesegang, cujos pressupostos se verificam no sistema formado pela argamassa de cal aérea em fase de carbonatação, sustentando que essa carbonatação se processa segundo aquele mecanismo. O artigo é ilustrado com diversas situações de rebocos de cal com padrões de Liesegang característicos e faz considerações sobre a forma de interpretar o seu significado em termos da composição e qualidade das argamassas onde ocorrem. O acabamento final dado aos rebocos e a estabilidade das condições de cura induzem padrões característicos, nomeadamente a formação de células de carbonatação onde se desenvolvem os padrões de Liesegang. As fendas de retracção das argamassas desempenham papel relevante na fase de carbonatação porque delimitam as células de carbonatação e permitem o acesso do CO2 à camada do reboco em profundidade. Este novo olhar sobre o mecanismo de carbonatação permite inferir sobre as condições em que se processou a cura das argamassas de cal aérea, donde se podem extrair informações relevantes que ajudam na definição das melhores estratégias para a conservação dos elementos construtivos onde estes padrões ocorrem.

Palavras-chave: Argamassas de Cal / Carbonatação / Liesegang / Conservação

1. INTRODUÇÃO

O mecanismo de Liesegang, ou Liesegang phenomenon, como é designado em língua inglesa, foi descrito e caracterizado ainda no séc. XIX e foi progressivamente ganhando visibilidade, aplicações e interesse, sendo hoje um grande tema de investigação em variados ramos da Ciência. É conhecido desde há muito tempo nas ciências geológicas e biológicas e as suas manifestações reais, designadas habitualmente como anéis ou bandas de Liesegang, podem adquirir aspectos de alguma espectacularidade (Figura 1).



Figura 1 – Anéis de Liesegang em arenitos (região da Ericeira, Portugal)

Ocorrências destes anéis foram descritas em estudos de laboratório com argamassas de cal, tendo a sua formação sido considerada como fenómeno exclusivo de argamassas preparadas com cais de períodos de maturação muito longos (Cazalla *et al*., 2000), (Rodriguez-Navarro *et al*., 2002).

As manifestações concretas deste fenómeno em argamassas de cal expostas eram obviamente "conhecidas", pois elas ocorrem por todo o lado onde tais argamassas existam, mas a sua identificação como sendo uma consequência do mecanismo de Liesegang só muito recentemente foi assumida (Delgado Rodrigues 2016). Este aparente paradoxo entre a ubiquidade destas ocorrências em argamassas expostas e o desconhecimento do seu mecanismo de formação suscitou no autor o interesse pela procura de uma melhor caracterização e demonstração do seu papel na carbonatação das argamassas de cal aérea. Com a investigação realizada (Delgado Rodrigues 2020), provou-se que os anéis, ou bandas, de Liesegang ocorrem em argamassas de cal de composição e qualidade muito diversas, em regiões climáticas tropicais, temperadas e áridas, e em múltiplas situações de exposição, pelo que se pode concluir, com razoável grau de certeza, que a carbonatação das argamassas de cal aérea segue, na sua essência, um processo enquadrável no mecanismo ou fenómeno de Liesegang.

A presente comunicação procura divulgar o processo físico-químico que está na base do fenómeno de Liesegang, apresentando-se uma breve demonstração da sua ocorrência em argamassas de cal aérea, procurando-se, também, que ela suscite o interesse da investigação pelo aprofundamento do conhecimento sobre os mecanismos que presidem à carbonatação das argamassas de cal aérea e que leve à melhor identificação das implicações que possam ser extraídas para a conservação destes materiais no património histórico.

2. BREVES NOÇÕES SOBRE O FENÓMENO DE LIESEGANG

A precipitação sob a forma de bandas foi pela primeira vez mencionada por F. Runge, em 1855, em 1896 R. E. Liesegang descreveu o fenómeno em publicação científica, e em 1897 W. Ostwald propôs uma explicação coerente para a sua formação (Büki, 2007).

A precipitação sob a forma de bandas ocorre quando dois reagentes que dão origem a um produto insolúvel se encontram em meio gelatinoso, onde o transporte se processa exclusivamente por difusão. O reagente A (externo) entra em contacto com o reagente B (interno ou residente) dando origem ao composto D (insolúvel). Em regime de difusão, quando as condições de sobressaturação e nucleação se verificam, a formação do composto D dá-se sob a forma de bandas sucessivas, adquirindo um caracter de reacção quasi-periódica. Uma breve introdução a este tema pode ser encontrada na publicação citada (Delgado Rodrigues 2020), ou procurada em publicações mais especializadas (Sadek and Sultan, 2011), (Flickert and Ross, 1974), (Antal *et al*., 1999), (Izsák and Lagzi, 2005), (Hantz, 2006).

A precipitação em bandas segue padrões bem definidos, tendo sido identificadas três regras quantitativas básicas aplicáveis à descrição deste fenómeno (ver por ex. (Antal *et al.,* 1999), (George and Varghese, 2005):

i) A lei do tempo relaciona a distância de uma dada banda de ordem n, com o tempo em que se inicia a sua formação ($X_n = (\alpha t_n)^{0.5}+\beta$), onde X_n é a distância da banda de ordem *n* até à superfície de contacto entre os dois reagentes A e B; t_n é o tempo que passou desde que começou a difusão; α e β são constantes.
ii) A lei do espaçamento estipula que as bandas seguem uma sequência próxima de uma série geométrica do tipo $X_{n+1} = \gamma X_n$, onde γ se aproxima de uma constante quando o número de bandas é suficientemente grande.
iii) A lei da espessura estipula que a largura da banda (Wn) aumenta com o número de ordem da banda e obedece a uma relação simples do tipo $W_n = \varepsilon.n$, onde ε é uma outra constante.

Nos casos mais frequentes, a largura das bandas e o espaçamento aumentam com o número de ordem das bandas e estas situações são designadas como padrão normal. Quando os espaçamentos e as larguras decrescem, designam-se por padrão invertido. O padrão equidistante corresponde a situações onde o espaçamento se mantém constante.

3. A CARBONATAÇÃO E O FENÓMENO DE LIESEGANG

As condições básicas necessárias para que ocorra o fenómeno de Liesegang estão presentes durante a fase de carbonatação das argamassas de cal aérea. O hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) usado na preparação da argamassa é o reagente B, o anidrido carbónico do ar (CO_2) é o reagente A que, quando em contacto, reagem para formar carbonato de cálcio ($CaCO_3$), que será o reagente D. Como a migração do CO_2 se dá por difusão, cumpre-se também o contexto físico necessário para que o fenómeno se verifique.

Alguns autores manifestam preferência pelas teorias que admitem um composto intermediário C (Antal *et al.,* 1999) no processo de formação das bandas, (A + B → C → D), composto esse que corresponderá ao carbonato de cálcio amorfo (CCA) que tem sido identificado como fase intermédia na carbonatação da cal aérea (Rodriguez-Navarro *et al.*, 2002)

A formação em bandas corresponde a alternâncias no teor em carbonato de cálcio o que implica que uma argamassa de cal aérea carbonatada nunca será um material homogéneo. Essa heterogeneidade traduz-se em diferenças na resistência que, por sua vez, conduzem aos padrões de erosão diferencial tão característicos (Figura 2).



Figura 2 – Exemplos de bandas ou anéis de Liesegang em argamassas de cal, no Convento de S. Paulo (Arrábida, Setúbal). A erosão diferencial deixa em relevo as bandas onde é maior a concentração do carbonato de cálcio. Argamassas de reboco (esq.) e de assentamento (dir.)

A formação das bandas é a consequência do processo designado como "Ostwald repinning" que consiste no crescimento de cristais de maiores dimensões à custa da solubilização dos de menores dimensões. Assim, as pequenas partículas de CCA vão-se aglomerando em cristais de calcite acabando por formar as bandas onde o teor de $CaCO_3$ é mais elevado. A geometria das bandas reflecte as condições de fronteira entre os reagentes A e B. Assim, as bandas sub-verticais na argamassa de reboco (Figura 2, esq.) pressupõem que o CO_2 migrou horizontalmente, o que implica a existência de uma camada superficial mais impermeável que lhe serviu de barreira e que impediu a sua entrada directamente por toda a superfície exposta ao exterior. Por sua vez, na argamassa de assentamento (Figura 2, dir.), as bandas são sub-paralelas à superfície e moldam os agregados da argamassa, significando que a superfície da parede e o contacto com os inertes foram os locais de entrada do CO_2.

A Figura 3 exemplifica como os padrões podem ser interpretados. A argamassa de reboco, de cor bege, apresenta vestígios de uma fina camada de cor branca de um revestimento que a recobria totalmente. Os anéis de Liesegang desenvolvem-se em células definidas por uma rede de fendas que cobrem todo o revestimento. Estas fendas eram as fendas de retracção da argamassa, que serviram de porta de entrada para o CO_2, e que assim definiram as condições de fronteira para a carbonatação.

No artigo citado (Delgado Rodrigues, 2020), foi demonstrado que as bandas correspondem efectivamente a diferentes teores em $CaCO_3$, e que estas se desenvolvem segundo padrões que respeitam a lei do espaçamento, corroborando, assim, que essas bandas terão sido formadas segundo o mecanismo de Liesegang. Como estes padrões se formam em múltiplos tipos de argamassas de cal, e se encontram em regiões climáticas muito diversas, pode-se concluir, com razoável grau de certeza, que a carbonatação das argamassas de cal aérea se processa segundo o mecanismo de Liesegang.



Figura 3 – Anéis de Liesegang em argamassa de reboco, de cor bege, recoberta com fina camada de acabamento de cor branca. A camada de acabamento é uma barreira à entrada directa do CO_2, que por isso utilizou as fendas de retracção para aceder ao interior da argamassa. As fendas de retracção formam as células onde se processou a carbonatação e onde se localizam as séries de bandas concêntricas e paralelas às fronteiras de ingresso do CO_2. (Convento de S. Paulo, Arrábida)

4. IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE CAL AÉREA

4.1. Interpretação

Dado que é muito recente o reconhecimento deste fenómeno como sendo característico da carbonatação das argamassas de cal aérea, não é de admirar que nada exista publicado sobre a forma como se pode tirar partido destas ocorrências para a sua conservação. As considerações que a seguir se avançam devem ser entendidas como contributo para lançar a discussão sobre este tema e para suscitar o aprofundamento do seu significado.

Uma primeira ideia que fica aparente é que as fendas de retracção não devem ser tidas como um problema na carbonatação das argamassas de cal aérea. De facto, elas distribuem o acesso do CO_2 em profundidade e dessa forma influenciam o processo de carbonatação. A observação de argamassas com longos tempos de exposição (Figura 4) mostra que a carbonatação é mais eficaz ao longo das fendas e que as bandas formadas nas paredes da fenda servem como ancoragens da argamassa ao substrato, funcionando como factor de durabilidade do revestimento.



Figura 4 – Fendas de retracção e respectivas bandas de carbonatação. As fendas foram as portas de entrada do CO_2 e a sua permanência no estado de erosão já avançado mostra que elas não são um factor de debilidade do revestimento. O interior das células, onde estão os anéis de Liesegang, sofreram erosão mais rápida. (Palácio Nacional de Queluz)

Embora o conhecimento sobre a relação entre a morfologia dos anéis e a qualidade da argamassa esteja ainda num estado incipiente, as primeiras observações sugerem que existem relações que merecem ser aprofundadas.

Contrariamente ao que os primeiros estudos de laboratório apontavam, os anéis de Liesegang formam-se em argamassas de melhor e de pior qualidade, pelo que da sua presença não é possível inferir com que tipo e qualidade de cal a argamassa teria sido fabricada. No entanto, conhece-se muito bem o fenómeno físico que dá origem à formação dos anéis, o que permite deduzir que a morfologia obtida deve ter relações muito claras com as condições em que o fenómeno ocorreu, isto é, com as condições ambientais e de fronteira que prevaleciam quando a cura se processou. Sabendo-se o impacte que as condições de cura têm nas propriedades físicas e mecânicas dos materiais finais, o estabelecimento de relações causa-efeito aparece como procedimento legítimo e aceitável.

As figuras seguintes apresentam duas paredes rebocadas com argamassas de cal onde se desenvolveram extensivos padrões de Liesegang. A parede da Figura 5 pertencia a uma casa modesta, no centro da Ericeira, e a argamassa utilizada é notoriamente de qualidade sofrível, como se deduz do seu aspecto tosco, com agregados muito grosseiros e fraca resistência mecânica. No entanto, os anéis estão amplamente representados e a sua geometria apresenta desenvolvimento grosseiramente paralelo à superfície, o que mostra que a cura se deu sem recobrimento, nem grande acabamento final.



Figura 5 – Reboco em parede de uma casa de habitação (Ericeira) com extensiva formação de anéis. As bandas de carbonatação são claras, mas grosseiras e em número reduzido e, nalgumas áreas, são sub-paralelas à superfície

A Figura 6 mostra a parede da igreja do Convento de S. Paulo, na Serra da Arrábida, totalmente recoberta com os típicos padrões de Liesegang. Os anéis desenvolvem-se no interior das características células definidas pelas fendas de retracção, são bem definidos e em número extraordinariamente elevado. Nestas células foram contadas até 42 bandas, um número excepcional, mesmo em contextos de experimentação laboratorial controlada.

O número de bandas, a sua regularidade e persistência mostram que a carbonatação se processou de forma continuada, sem perturbações, em condições que se podem inferir como sendo próximas das ideais. A sua permanência em ambiente exposto e pouco cuidado por mais de um século (o convento alcançou o estado de quase ruína após a sua desocupação em consequência da proibição das ordens religiosas) atesta a elevada durabilidade destas argamassas.

Assim, pode-se deduzir que o reboco foi aplicado com um acabamento fino que impediu a rápida secagem e implicou que a principal entrada do CO_2 se fizesse através das fendas de retração.



Figura 6 – Reboco da parede da igreja do Convento de S. Paulo, Arrábida. Os padrões de Liesegang ocorrem dentro das células definidas pelas fendas de retracção e o número e definição das bandas mostram que a carbonatação se processou em regime não-perturbado que conduziu a um material de excelente qualidade. A coloração cinzento-escura é devida a colonização biológica difusa

4.2. Indicações para a sua conservação

Para além das razões de natureza intangível que possam justificar a preservação dos rebocos executados com cal aérea, as propriedades físicas e mecânicas desses rebocos são elementos com peso decisivo na tomada de decisão sobre as opções de manutenção ou de remoção na altura de definir a metodologia de intervenção. Como se apontou anteriormente, espera-se que esta chamada de atenção para este novo olhar sobre os rebocos de cal aérea permita orientar os critérios de intervenção para patamares de maior exigência, em conformidade com a qualidade que têm e com a contribuição que podem oferecer para uma política de sustentabilidade na preservação do património cultural.

A Figura 6 ilustra a situação que se verificava quando o autor deste artigo foi solicitado pelo autor do projecto de restauro a dar parecer sobre algumas das opções que se ofereciam para a preservação deste património. O aparente mau estado do reboco, com aparência de grande irregularidade que a erosão diferencial tinha originado, e as múltiplas pequenas lacunas que o afectavam tinham levado a equacionar o seu desmonte e substituição por novo reboco. Com base no conhecimento que sumariamente aqui fica descrito, foi argumentado que, contrariamente ao que a observação sumária sugere, o reboco é de grande qualidade, a sua condição é perfeitamente recuperável e a durabilidade que se julga poder obter após a sua adequada conservação não será inferior à de um reboco novo.

O projectista aceitou a recomendação, tendo sido proposta a conservação dos rebocos através da consolidação das zonas mais erodidas, e portanto mais descoesas, com ciclos de aplicação de uma nanocal, seguida da colmatação das áreas erodidas com argamassa de cal aérea adequada ao preenchimento de espaços de dimensões muito reduzidas.

Como infelizmente acontece amiúde, a empreitada foi realizada com uma lógica de construção civil, e a

conservação não respeitou integralmente as recomendações, tendo sido omitida a consolidação com nanocal e usada uma cal hidráulica para preenchimento das zonas erodidas. Apesar destas insuficiências, os rebocos originais foram mantidos, e presume-se que tenha sido a primeira vez em que a teoria do fenómeno de Liesegang foi usada como argumento para justificar a manutenção de um reboco de cal aérea antigo.

5. CONCLUSÕES

Padrões formados segundo o mecanismo de Liesegang são muito frequentes nos ambientes geológicos e no mundo vegetal e animal. A carbonatação das argamassas de cal aérea exibe padrões semelhantes, tendo sido demonstrado (Delgado Rodrigues, 2020) que esses padrões correspondem a bandas ou anéis de Liesegang. Estes padrões podem ser encontrados em diversas qualidades de argamassas, e podem ser vistos em todos os tipos de clima, pelo que se deduz que eles devem traduzir um mecanismo fundamental da carbonatação da cal aérea.

Por sua vez, a geometria e continuidade desses padrões informam sobre as condições ambientais que prevaleciam na altura da carbonatação, pelo que constituem elementos essenciais para avaliar a qualidade final atingida pela carbonatação. Observada e interpretada devidamente, essa informação pode ser muito relevante na altura de proceder à tomada de decisão sobre a preservação destes rebocos e sobre a forma de melhor os conservar.

REFERÊNCIAS

ANTAL, T.; DROZ, M.; MAGNIN, J.; RÁCZ, Z., 1999 – **Formation of liesegang patterns: a spinodal decomposition scenario.** *Physical Review Letters.* 83 (15): 2880-83. https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.83.2880.

BÜKI, András, 2007 – **The liesegang phenomenon**. *In* Silico, Ltd. 2007. http://www.insilico.hu/liesegang/index.html.

CAZALLA, Olga; RODRIGUEZ-NAVARRO, Carlos; SEBASTIAN, Eduardo; CULTRONE, Giuseppe; TORRE, J. M. de la, 2000 – **Aging of lime putty : effects on traditional lime mortar carbonation**. *Journal of the American Ceramic Society*. 76: 1070-76. https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.2000.tb01332.x.

FLICKERT, Michele; ROSS, John, 1974 – **Mechanism of chemical instability for periodic precipitation phenomena.** *The Journal of Chemical Physics 60*. (8): 3458–65. https://doi.org/10.1063/1.1681560.

GEORGE, Jacob; VARGHESE, George, 2005 – **Intermediate colloidal formation and the varying width of periodic precipitation bands in reaction-diffusion systems**. *Journal of Colloid and Interface Science*. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.08.152.

HANTZ, Peter, 2006 – **Pattern formation in a new class of precipitation reactions**. Genève: Univ. de Genève.

IZSÁK, Feren; LAGZI, István, 2005 – **A new universal law for the liesegang pattern formation.** *Journal of Chemical Physics.* 122 (18): 1–8. https://doi.org/10.1063/1.1893606.

RODRIGUES, José Delgado, 2016 – **Liesegang rings in differential deterioration patterns of lime mortars.** *Journal of Cultural Heritage*. 21: 819-22. https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.03.002.

RODRIGUES, José Delgado, 2020 – **Practical evidence and experimental demonstration of the liesegang phenomenon in the carbonation process of lime mortars in exposed masonries**. *Journal of Cultural Heritage*. https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.02.015.

RODRIGUEZ-NAVARRO, Carlos; CAZALLA, Olga; ELERt, Kerstin; SEBASTIAN, Eduardo, 2002 – **Liesegang pattern development in carbonating traditional lime mortars**. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. https://doi.org/10.1098/rspa.2002.0975.

SADEK, Samar; SULTAN, Rabih, 2011 – **Liesegang patterns in nature: a diverse scenery across the sciences**. *In Precipitation Patterns in Reaction-Diffusion Systems*, edited by I. Lagzi, 1-43. Trivandrum, India: Research Signpost publications.



ENCORE 2020

4º encontro de conservação
e reabilitação de edifícios

Patologia, Diagnóstico e Soluções na Reabilitação de Edifícios



Esta secção inclui trabalhos que discutem as questões ligadas à identificação de anomalias e de mecanismos de degradação, metodologias de diagnóstico, estudo de soluções, compatibilidade e eficácia de técnicas e materiais.

SISTEMA GLOBAL DE INSPECÇÃO, DIAGNÓSTICO E REPARAÇÃO DE EDIFÍCIOS: HOMOGENEIZAÇÃO DE MATRIZES DE CORRELAÇÃO

GLOBAL BUILDING INSPECTION, DIAGNOSIS AND REPAIR SYSTEM: HOMOGENISATION OF CORRELATION MATRICES





Clara Pereira [(1)], Jorge de Brito [(2)], José D. Silvestre [(3)]

(1) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, clareira@sapo.pt
(2) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, jb@civil.ist.utl.pt
(3) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, jose.silvestre@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

Um sistema global de inspecção de edifícios agrega informação dispersa sobre a degradação em vários elementos construtivos numa ferramenta que normaliza o processo de inspecção. Tal sistema inclui matrizes de correlação entre anomalias e causas, métodos de diagnóstico, e técnicas de reparação, e inter-anomalias. Propõe-se uma metodologia para homogeneizar várias matrizes de correlação para elementos construtivos individuais ao serem integradas num sistema global de inspecção. Essa metodologia permite desenvolver um sistema global abrangente e consistente, sem contradizer informação de diversos sistemas de inspecção especializados. Neles, as matrizes de correlação contêm índices de correlação (0, 1 e 2) com significado específico, relacionando os conceitos presentes nas linhas e colunas (e.g. anomalias, causas). No processo de unificação da classificação de anomalias, causas, métodos de diagnóstico e técnicas de reparação, no desenvolvimento do sistema global, esses conceitos: (i) mantiveram o seu significado original; (ii) uniram-se a outros conceitos, alargando o seu significado; ou (iii) repartiram-se, focando-se num significado mais específico. Como consequência, harmonizaram-se as matrizes de correlação em novas matrizes de correlação globais com uma terceira dimensão, correspondente a camadas sobrepostas referentes a diferentes elementos construtivos. Cada camada tem de incluir as mesmas anomalias, causas, métodos de diagnóstico ou técnicas de reparação. A metodologia proposta baseia-se em dados estatísticos existentes para atribuir maior, menor ou igual importância aos conceitos unificados, quando os índices de correlação especializados divergem entre si. Por exemplo, se uma anomalia unificada une dois conceitos num determinado elemento construtivo, sendo um mais frequente do que o outro, a relação desse conceito (dentro da anomalia unificada) com causas, métodos de diagnóstico e técnicas de reparação deve ser realçada na atribuição de índices de correlação globais. Após esta harmonização, o sistema de inspecção teve uma validação qualitativa em trabalho de campo numa amostra não significativa, que levou a alterações pontuais nas matrizes.

Palavras-chave: Diagnóstico / Homogeneização / Matrizes de Correlação / Patologia / Sistemas de Inspecção

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de inspecção de edifícios têm a utilidade de (i) ajudar a implementar metodologias uniformizadas, (ii) guiar os procedimentos durante as diferentes fases da inspecção, e (iii) aplicar designações normalizadas. Deste modo, a recolha de dados *in situ* e a elaboração de relatórios de inspecção tornam-se metódicos, padronizando-se assim a inspecção de edifícios (Ferraz, de Brito, de Freitas, *et al.* 2016). Este artigo aborda o desenvolvimento de um sistema global de inspecção para a envolvente de edifícios com base em sistemas de inspecção especializados para elementos construtivos individuais desenvolvidos no Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa (UL), (Pereira, de Brito & Silvestre, 2018). O sistema global de inspecção em desenvolvimento está vocacionado para edifícios correntes.

Trata-se de uma ferramenta abrangente que inclui listas de classificação, matrizes de correlação, informação detalhada sobre os parâmetros associados à degradação, diagnóstico e reparação, e um formulário de inspecção. Esta estrutura baseia-se em sistemas de inspecção especializados para materiais e elementos construtivos específicos (Quadro 1). Os conteúdos do sistema de inspecção global baseiam-se nos mesmos sistemas de inspecção especializados, o que implica a homogeneização da informação.

Quadro 1 – Sistemas de inspecção especializados desenvolvidos no IST-UL que serviram de base para o sistema global de inspecção

Referências	**Elementos construtivos**	**Amostra de validação**
(Garcez, Lopes, de Brito *et al*., 2012a, 2012b)	revestimentos exteriores de coberturas inclinadas (REPI)	207 revestimentos; 164 edifícios
(Conceição, Poça, de Brito *et al.,* 2017, 2019)	coberturas em terraço (CT)	105 coberturas; 105 edifícios
(Silvestre & de Brito ,2010, 2011)	revestimentos cerâmicos aderentes (RCA)	88 revestimentos; 46 edifícios
(Neto & de Brito, 2011, 2012)	revestimentos em pedra natural (RPN)	128 revestimentos; 59 edifícios
(Delgado, de Brito & Silvestre, 2013; Delgado, Pereira, de Brito *et al.,* 2018)	revestimentos de piso lenhosos (RPL)	98 revestimentos; 35 edifícios
(Santos, Vicente, de Brito *et al.,* 2017a, 2017b)	caixilharias (C)	295 caixilharias; 96 edifícios
(Garcia & de Brito 2008)	revestimentos epóxidos em pisos industriais (REPI)	29 revestimentos; 23 edifícios
(Carvalho, de Brito, Flores-Colen *et al.,* 2018, 2019)	revestimentos de piso vinílicos e em linóleo (RPVL)	101 revestimentos; 6 edifícios
(Sá, Sá, de Brito *et al.,* 2014, 2015)	rebocos em paredes (RP)	150 revestimentos; 55 edifícios
(Amaro, Saraiva, de Brito *et al*., 2013, 2014)	*external thermal insulation composite systems* (ETICS)	146 revestimentos; 14 edifícios
(Pires, de Brito & Amaro, 2015a, 2015b)	revestimentos por pintura em fachadas rebocadas (RPFR)	105 revestimentos; 41 edifícios
(Silva, Coelho, de Brito *et al.,* 2017a, 2017b)	superfícies de betão à vista (SBV)	110 superfícies; 53 edifícios

Assim, as listas de classificação de anomalias, causas prováveis, métodos de diagnóstico e técnicas de reparação dos sistemas individuais foram harmonizadas, passando a haver listas únicas que abrangem os doze materiais e elementos construtivos considerados no novo sistema global. Este processo facilita a utilização de listas de classificação para o utilizador de sistemas de inspecção. Na sequência da harmonização das listas de classificação, procedeu-se também à homogeneização das matrizes de correlação, designadamente de anomalias – causas prováveis, inter-anomalias, anomalias – métodos de diagnóstico e anomalias – técnicas de reparação.

Com as matrizes de correlação homogeneizadas, pretende-se que, durante a inspecção de um edifício, o

inspector se remeta apenas a uma matriz de correlação quando procura relações predeterminadas, com base na literatura e na experiência, entre anomalias e as suas causas, anomalias e métodos de diagnóstico ou anomalias e técnicas de reparação. A matriz de correlação inter-anomalias passa também a ser única, podendo o inspector aí encontrar as correlações percentuais existentes entre diferentes tipos de anomalias. Tirando partido das designações uniformizadas das listas de classificação harmonizadas, as matrizes de correlação homogeneizadas proporcionam uma consulta de informação mais fácil, quando comparada com o processo de consulta de 48 matrizes diferentes (quatro por cada um dos doze materiais ou elementos construtivos considerados).

Neste artigo, aborda-se a metodologia de homogeneização das matrizes de correlação do sistema global de inspecção, faz-se referência à influência da harmonização das listas de classificação e apresenta-se os critérios aplicados no processo de homogeneização. Apresenta-se também um excerto de uma das matrizes de correlação homogeneizadas, discutindo os efeitos dos resultados obtidos. Finalmente, apresenta-se as conclusões principais.

2. MATRIZES DE CORRELAÇÃO

2.1. Integração de várias matrizes bidimensionais numa matriz tridimensional

Durante a inspecção visual de edifícios, quer se venha a recorrer a métodos de diagnóstico numa fase posterior ou não, o inspector procura determinar uma relação causal entre o fenómeno que detecta e as suas origens mais prováveis. A determinação das causas de anomalias através da observação visual, recorrendo apenas a métodos expeditos e simples, como o tacto, a percussão ou medições básicas, pode ser feita numa primeira inspecção. Neste contexto, através da utilização de uma matriz de correlação anomalias - causas prováveis, o processo de determinação de causas pode ser acelerado e tornar-se mais fiável, uma vez que as matrizes de correlação já incluem dados da literatura e da experiência adquirida sobre os materiais e elementos construtivos inspeccionados (Branco & de Brito, 2004).

Um processo semelhante ocorre quando o inspector procura determinar se poderia ser útil realizar métodos de diagnóstico *in situ* para ajudar a caracterizar melhor as anomalias detectadas e a confirmar as suas causas. Também aqui, aplicando um sistema de inspecção de edifícios, a utilização de uma matriz de correlação anomalias - métodos de diagnóstico pode agilizar o processo de aconselhamento decorrente da inspecção visual de um edifício.

Adicionalmente, para designar as técnicas de reparação recomendadas para as anomalias detectadas, o inspector pode utilizar uma matriz de correlação anomalias - técnicas de reparação.

Quanto à matriz de correlação inter-anomalias, ela fornece uma probabilidade de ocorrência de um segundo tipo de anomalia quando um primeiro tipo de anomalia é detectado em determinado material ou elemento construtivo. Deste modo, guia o olhar do inspector, que vai procurar perceber se essas anomalias prováveis se verificam na situação em análise. Em caso afirmativo, deve então registá-las e caracterizá-las.

Este conjunto de matrizes de correlação pode ser considerado a espinha dorsal dos sistemas de inspecção de edifícios (Silvestre & de Brito, 2009).

As matrizes de correlação estabelecidas entre anomalias e causas prováveis, métodos de diagnóstico e técnicas de reparação são tabelas de dupla entrada onde se lê a relação mais provável de tipos de anomalias com tipos de causas prováveis, métodos de diagnóstico e técnicas de reparação, respectivamente. As linhas das matrizes representam anomalias, enquanto as colunas representam causas, métodos de diagnóstico ou técnicas de reparação (Figura 1, parte a), conforme o caso. Na intersecção entre linhas e colunas, um algarismo identifica o grau de correlação entre determinada anomalia e determinada causa, por exemplo. A matriz deve ser lida

seleccionando primeiro a linha (anomalia), percorrendo-a de seguida para ler o grau com que a anomalia se relaciona com as causas correspondentes a cada coluna (Branco & de Brito, 2004; Walter, de Brito & Lopes ,2005; Garcia & de Brito, 2008; Silvestre & de Brito, 2009; Gaião, de Brito & Silvestre, 2011; Neto & de Brito, 2011; Pereira, Palha, de Brito *et al.,* 2011; Garcez, Lopes, de Brito *et al.,* 2012b; Amaro, Saraiva, de Brito *et al.,* 2013; Delgado, de Brito & Silvestre, 2013; Sá, Sá, de Brito *et al.,* 2014; Pires, de Brito & Amaro, 2015a; Conceição, Poça, de Brito *et al.,* 2017; Silva, Coelho, de Brito *et al.,* 2017a; Santos, Vicente, de Brito *et al.*,2017b; Carvalho, de Brito, Flores-Colen *et al.,* 2018).

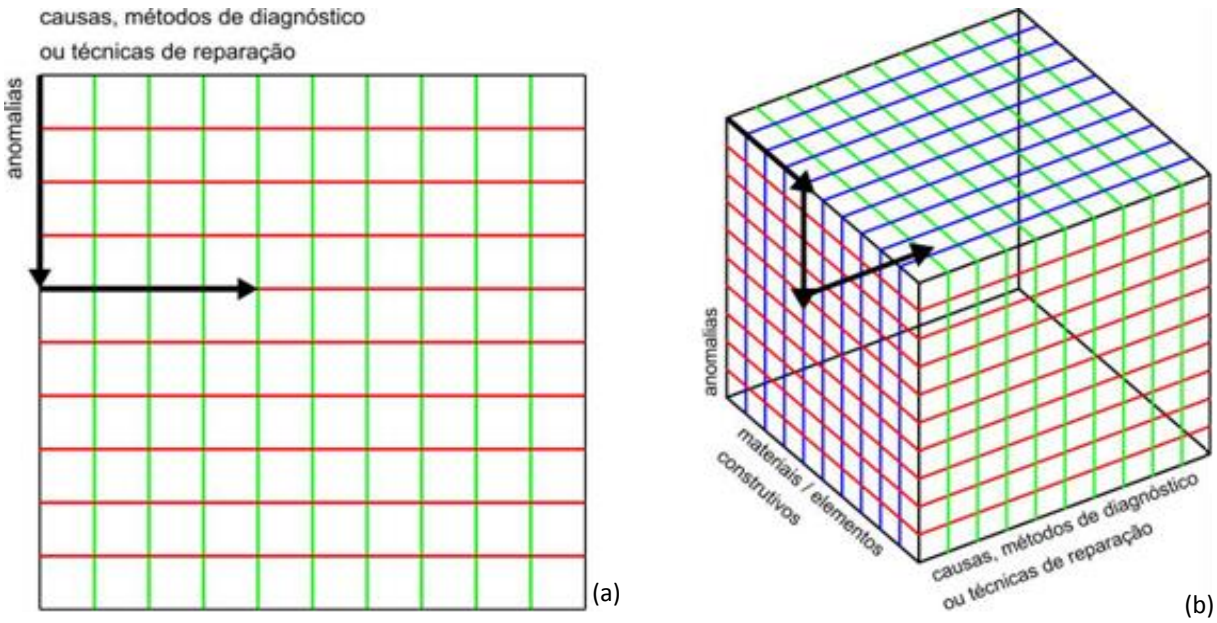


Figura 1 – Matrizes de correlação simplificadas: (a) bidimensional; e (b) tridimensional

Num sistema de inspecção global, as matrizes de correlação devem tornar-se tridimensionais (Figura 1, parte b). Uma matriz de correlação tridimensional é semelhante a uma matriz bidimensional (composta por linhas e colunas), mas na matriz tridimensional adiciona-se um terceiro eixo (de camadas) referente aos materiais e elementos construtivos. As camadas no terceiro eixo são necessárias devido às diferenças entre processos patológicos, de diagnóstico e de reparação de acordo com os materiais e elementos construtivos em que decorrem.

O inspector deve navegar pelas matrizes de correlação tridimensionais identificando primeiro o material ou elemento construtivo (camada) em que foi detectada a anomalia, identificando de seguida a anomalia (linha) e, por fim, observando os graus de correlação dessa anomalia com as causas prováveis, métodos de diagnóstico ou técnicas de reparação (colunas).

O preenchimento das matrizes de correlação é feito com recurso a três índices (0, 1 e 2) com significados específicos de acordo com o tipo de matriz (Garcia & de Brito 2008). Genericamente, os índices indicam as correlações seguintes entre a anomalia e o outro parâmetro (causa provável, métodos de diagnóstico ou técnica de reparação) (de Brito, Branco & Ibañez, 1994):

- 0: não há correlação;
- 1: correlação baixa;
- 2: correlação alta.

Deve-se realçar que, para a determinação dos graus de correlação, não foram consideradas associações de segundo grau, nem possibilidades remotas apenas aplicáveis em casos muito específicos. Esta opção metodológica justifica-se tendo em conta os objectivos das matrizes de correlação, nomeadamente a optimi-

zação do processo de associação de anomalias a causas, métodos de diagnóstico e técnicas de reparação, bem como dos processos de diagnóstico e recomendação associados inerentes à inspecção. Assim, pegando no exemplo da matriz anomalias – causas prováveis, um grau de correlação 0 não implica a impossibilidade absoluta de uma causa influenciar a ocorrência de um fenómeno específico. Esse grau de correlação indica sim que existe uma probabilidade muito baixa de que uma causa particular resulte num determinado tipo de anomalia.

As matrizes de correlação no sistema global de inspecção têm de ter sempre em consideração o material ou elemento construtivo em que se verifica a anomalia. As matrizes de correlação globais têm por base as listas de classificação harmonizadas, pelo que, camada a camada, as linhas e colunas se repetem, referindo-se sempre ao mesmo tipo de anomalias e causas prováveis, técnicas de reparação ou métodos de diagnóstico. Assim, a homogeneização das matrizes de correlação implica um processo de reconstrução para gerar as matrizes de correlação globais.

Nesse sentido, considerando que a matriz de correlação inter-anomalias é construída a partir da matriz de correlação anomalias – causas prováveis (Garcia & de Brito, 2008), a matriz global de correlação inter-anomalias foi gerada a partir da matriz global de correlação anomalias - causas prováveis, camada a camada.

2.2. A influência da harmonização das listas de classificação

A harmonização das listas de classificação implicou uma análise ao conjunto das listas de classificação do mesmo tipo (e.g. causas prováveis) que faziam parte dos sistemas de inspecção especializados. Tendo em vista a criação de listas unificadas, e pegando no exemplo da classificação de anomalias, essa análise resultou: (i) na identificação de anomalias com o mesmo significado, que poderiam ser fundidas (entre diferentes materiais e elementos construtivos); (ii) na identificação de anomalias que num ou mais materiais e elementos construtivos tinham um significado muito abrangente, correspondendo a mais do que uma anomalia noutros materiais e elementos construtivos, sendo assim divididas e repartidas por diferentes anomalias unificadas; (iii) na identificação de anomalias com um significado muito restrito num material ou elemento construtivo, que poderiam ser unidas a outras anomalias com significado idêntico ou próximo para formarem uma anomalia unificada com significado mais abrangente (Figura 2); (iv) na identificação de anomalias muito específicas de uma material ou elemento construtivo, que deveriam manter a sua especificidade numa lista de anomalias unificada, em detrimento de se excluir informação da lista harmonizada. Estes efeitos reflectiram-se na homogeneização das matrizes de correlação.

Partindo das matrizes de correlação dos sistemas de inspecção especializados, a homogeneização das matrizes globais implicou uma análise a cada linha e coluna, camada a camada, considerando as alterações nas listas de classificação decorrentes da sua harmonização. Assim, se da passagem do sistema especializado para o sistema global tivesse ocorrido a união de duas anomalias, na linha da anomalia harmonizada nessa camada, em cada matriz de correlação, em cada coluna haveria dois índices de correlação a ter em conta. Se, além disso, por exemplo, tivesse havido a união de duas causas para gerar uma causa provável individual no sistema global, nessa camada, nessa coluna, deveriam ser considerados quatro índices de correlação-base (dois da união de anomalias e dois da união de causas).



Figura 2 – Reflexo da harmonização da classificação de anomalias em revestimentos em pedra natural em dois tipos de fenómenos incluídos em "A-A3 Sujidade e acumulação de detritos": (a) depósito superficial no revestimento; e (b) presença de materiais diversos na superfície de pedra

2.3. Critérios propostos para a homogeneização de matrizes de correlação

A homogeneização das matrizes globais de correlação anomalias – causas prováveis, anomalias – métodos de diagnóstico e anomalias – técnicas de reparação tem por base as matrizes correspondentes nos sistemas de inspecção especializados. Assim, considerando a harmonização das listas de classificação, podem ocorrer duas situações:

1. haver correspondência directa entre o grau de correlação determinado na matriz especializada e na matriz global, uma vez que há também uma correspondência directa entre a anomalia e a causa provável, método de diagnóstico ou técnica de reparação da classificação especializada e da classificação global;
2. não haver correspondência directa entre o grau de correlação determinado na matriz especializada e na matriz global, uma vez que também não há uma correspondência directa entre a anomalia e a causa provável, método de diagnóstico ou técnica de reparação da classificação especializada e da classificação global.

Na primeira situação, pode-se preencher, desde logo, alguns espaços em branco da matriz de correlação global em causa. No entanto, na segunda situação, há que analisar o processo de harmonização da lista de classificação correspondente, tal como mencionado em §2.2.

Assim, quando uma anomalia, causa provável, método de diagnóstico ou técnica de reparação do sistema especializado foi repartida, encontrando-se parcialmente incluída em determinado elemento da lista de classificação global correspondente, há que analisar a que parte se refere o grau de correlação da matriz especializada com base no sistema especializado. Se este se referir à parte incluída na anomalia, causa provável, método de diagnóstico ou técnica de reparação em análise, deve ser esse o grau de correlação a considerar. Caso contrário, deve aferir-se qual o grau adequado considerando as classificações harmonizadas e as relações entre

os parâmetros em análise, determinando se não há correlação, há uma correlação baixa ou há uma correlação alta. Neste exercício, deve recorrer-se à literatura disponível para o material ou elemento construtivo em causa.

Por outro lado, quando se uniu anomalias, causas prováveis, métodos de diagnóstico ou técnicas de reparação durante a harmonização das listas de classificação, o ponto de partida para o preenchimento das matrizes de correlação são vários índices de correlação. Quando os índices são iguais, atribui-se esse grau de correlação na matriz homogeneizada. Quando os índices são diferentes entre si, deve ter-se em consideração a frequência de ocorrência da anomalia, causa provável, método de diagnóstico ou técnica de reparação, tendo em conta que o grau de correlação 1 pode corresponder a uma correlação alta pouco provável, a uma correlação baixa provável ou a uma correlação baixa pouco provável (Silvestre & de Brito, 2009). Desse modo, por exemplo, se a anomalia A-X na classificação harmonizada incluir as anomalias A-Z1 e A-Z2 da classificação especializada, deve verificar-se qual a frequência absoluta de ocorrência de A-Z1 e A-Z2 na amostra do trabalho de campo que foi utilizada para validar o sistema de inspecção especializado. Daí deduz-se a frequência relativa de cada uma. Por exemplo, se A-Z1 foi detectada 24 vezes e A-Z2 28, A-Z1 corresponde a 46% e A-Z2 a 54% de A-X naquela camada. A partir destas frequências relativas, define-se o novo índice de correlação. Se $33\% < fr_{A\text{-}Z1} \leq 66\%$ (em que $fr_{A\text{-}Z1}$ corresponde à frequência relativa de A-Z1), deve fazer-se a média entre os índices de correlação da matriz especializada para encontrar o novo índice de correlação para a matriz homogeneizada (Quadro 2).

Quadro 2 – Graus de correlação que se podem obter a partir da união de anomalias, causas prováveis, métodos de diagnóstico ou técnicas de reparação com igual importância

Índices	**Graus**		
$i_{A\text{-}Z1}$	0	0	1
$i_{A\text{-}Z2}$	1	2	2
$i_{A\text{-}X}$	1	1	2

Por outro lado, se $fr_{A\text{-}Z1} \leq 33\%$ deve-se atribuir maior importância ao grau de correlação associado a A-Z2 para determinar o grau de correlação na matriz homogeneizada, sendo possível obter os graus de correlação indicados no Quadro 3. Nas situações em que se pode optar entre dois graus de correlação, deve-se ter em consideração a designação da anomalia A-X (na classificação harmonizada) e avaliar se a amostra do sistema especializado é suficientemente representativa da população para que se atribua uma diferença de importância acentuada entre A-Z1 e A-Z2. Adicionalmente, este processo deve ser liderado pelo bom senso.

Quando a anomalia na classificação harmonizada resulta da união de mais do que duas anomalias da classificação do sistema especializado, deve-se considerar A-Z1 como tendo menor ou maior importância relativa se, respectivamente:

a) $fr_{A\text{-}Z1} \leq 16\%$ ou $fr_{A\text{-}Z1} > 66\%$, caso se una três anomalias da classificação especializada;
b) $fr_{A\text{-}Z1} \leq 12\%$ ou $fr_{A\text{-}Z1} > 50\%$, caso se una quatro anomalias da classificação especializada;
c) $fr_{A\text{-}Z1} < 10\%$ ou $fr_{A\text{-}Z1} \geq 40\ \%$, caso se una cinco anomalias ou mais da classificação especializada.

Quadro 3 – Graus de correlação que se pode obter a partir da união de anomalias, causas prováveis, métodos de diagnóstico ou técnicas de reparação com importância diferente

Índices	**Graus**					
$i_{A\text{-}Z1}$	0	0	1	1	2	2
$i_{A\text{-}Z2}$	1	2	2	0	0	1
$i_{A\text{-}X}$	1	2	2	0 ou 1	1	1 ou 2

Nestas situações, deve-se seguir a lógica de ponderação de resultados demonstrada para a união de duas anomalias, considerando, progressivamente, pares de anomalias e a sua importância relativa.

Pode haver também casos de união de uma parte de uma anomalia na classificação especializada (anomalia repartida) com outras partes ou outras anomalias para resultarem numa anomalia unificada na classificação global. Nesses casos, para ponderar a importância relativa de graus de correlação diferentes, não se deve considerar a frequência absoluta da totalidade da anomalia dividida, mas sim uma parte, simplificando. Por exemplo, se anomalia na classificação especializada tiver sido repartida em três, utiliza-se um terço da amostra.

Os casos apresentados considerando exemplos de anomalias aplicam-se de modo semelhante a causas prováveis, métodos de diagnóstico e técnicas de reparação.

Nos casos em que tanto para a anomalia na classificação harmonizada como para a causa, método de diagnóstico ou técnica de reparação não há uma correspondência directa com a classificação especializada, a análise aos graus de correlação na matriz especializada deve ser feita de modo ordenado. Primeiro, deve-se analisar a relação de cada anomalia na classificação especializada com as causas da classificação especializada, por exemplo, de modo a chegar a um grau de correlação preliminar entre a anomalia especializada e a causa harmonizada (considerando a importância relativa de cada causa). De seguida, procede-se do mesmo modo para as restantes anomalias até se estar em condições de considerar a importância relativa de cada anomalia na classificação especializada para obter o grau de correlação a preencher na matriz global de correlação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 4, apresenta-se um excerto da matriz global de correlação anomalias – métodos de diagnóstico. O excerto inclui quatro camadas (RECI, RPN, C e RP), seis linhas (anomalias de natureza física) e três colunas (métodos termo-higrométricos).

Quadro 4 – Excerto da matriz de correlação tridimensional anomalias - métodos de diagnóstico (camadas correspondentes a revestimentos exteriores de coberturas inclinadas [RECI], revestimentos em pedra natural [RPN], caixilharias [C] e rebocos em paredes [RP]; linhas correspondentes a anomalias de natureza física [A-A]; e colunas correspondentes a métodos termo-higrométricos [D-C])

Anomalia	D-C1				D-C2				D-C3			
	RECI	RPN	C	RP	RECI	RPN	C	RP	RECI	RPN	C	RP
A-A1	2	0	1	2	0	0	0	0	2	0	1	2
A-A2	2	0	2	2	0	0	0	0	2	0	1	2
A-A3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
A-A4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
A-A5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A-A6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Nota: os valores sublinhados foram alterados pela validação do sistema global de inspecção.

Legenda: A-A1 – humidade de infiltração; A-A2 – humidade superficial; A-A3 – sujidade e acumulação de detritos; A-A4 – alterações cromáticas; A-A5 – descasque / escamação / esfoliação e pontilhado; A-A6 – perda de coesão / desagregação e pulverulência; D-C1 – medição da temperatura e humidade ambiente e/ou superficial; D-C2 – medição da humidade em profundidade; D-C3 – termografia de infravermelhos

No excerto apresentado, os graus de correlação entre A-A3 e D-C2, A-A4 e D-C2 e A-A4 e D-C3 na camada RPN não derivam de correspondências directas com a matriz de correlação do sistema de inspecção especializado de revestimentos em pedra natural. Tal deve-se a:

i. "A-A3 Sujidade e acumulação de detritos" ser uma anomalia da classificação harmonizada que

corresponde à união de uma anomalia (presença de outros materiais) com parte de outra anomalia (alteração ou deposição [depósito superficial, película, concreção, incrustação e crosta]) da classificação especializada de RPN (Figura 2);

ii. "A-A4 Alterações cromáticas" ser uma anomalia da classificação harmonizada que corresponde à união de duas anomalias (alteração cromática periférica e mancha ou diferença de tonalidade) da classificação especializada de RPN.

Pegando no grau de correlação 0 entre A-A3 e D-C2 na camada RPN da matriz global de correlação entre anomalias e métodos de diagnóstico (Quadro 4), este resulta da análise da correlação entre a "presença de outros materiais" e a "medição de humidade em profundidade" em revestimentos em pedra natural e entre a "alteração ou deposição (depósito superficial, eflorescência, película, concreção, incrustação e crosta)" e a "medição de humidade em profundidade" (1). Considerando que da "alteração ou deposição (depósito superficial, eflorescência, película, concreção, incrustação e crosta)" se exclui a eflorescência, que é considerada noutra anomalia harmonizada, determinou-se que deixava de haver correlação com a medição de humidade em profundidade. Assim, a correlação entre A-A3 e D-C2 na camada RPN da matriz global de correlação entre anomalias e métodos de diagnóstico foi considerada nula.

Já o grau de correlação 1 entre A-A4 e D-C3 na camada RPN da matriz global de correlação entre anomalias e métodos de diagnóstico (Quadro 4) foi determinado com base na análise da correlação entre uma "alteração cromática periférica" e o "ensaio termográfico" na matriz especializada (0), e entre "mancha ou diferença de tonalidade" e o "ensaio termográfico" (1). Uma vez que, na amostra de validação do sistema de inspecção de revestimentos em pedra natural, a "mancha ou diferença de tonalidade" tem uma frequência absoluta de 94 ocorrências e a "alteração cromática periférica" tem uma frequência absoluta de 25 ocorrências, "mancha ou diferença de tonalidade" tem uma importância relativa superior na formação da anomalia "A-A4 Alterações cromáticas" na camada RPN. Assim, determinou-se que o grau de correlação entre A-A4 e "D-C3 Termografia de infravermelhos" seria 1.

Após o desenvolvimento de todos os elementos do sistema global de inspecção, este foi testado através da realização de um conjunto de inspecções. Estas inspecções permitiram realizar uma validação qualitativa do sistema, que passou por avaliar a facilidade de utilização do sistema e a adequação dos conteúdos, considerando os critérios de harmonização e homogeneização aplicados nos diferentes elementos do sistema (classificações, matrizes e fichas). Dessa validação resultaram algumas alterações, incluindo nas matrizes de correlação. No excerto apresentado no Quadro 4, encontram-se dois índices de correlação que resultaram de alterações decorrentes da validação do sistema.

No sistema de inspecção especializado de revestimentos exteriores de coberturas inclinadas (RECI), não era considerada a anomalia "humidade de infiltração" (A-A1). Na validação do sistema global de inspecção, verificou-se que havia um duplo critério não coerente entre coberturas inclinadas e coberturas em terraço. Por outras palavras, assumia-se a possibilidade de detectar humidade de infiltração pelo interior de coberturas em terraço, mas não se assumia essa possibilidade em coberturas inclinadas. Optou-se então por considerar a anomalia A-A1 em RECI, o que levou à determinação de graus de correlação dessa anomalia com causas prováveis, métodos de diagnóstico e técnicas de reparação. Assim sucedeu para "D-C1 Medição da temperatura e humidade ambiente e/ou superficial" e "D-C3 Termografia de infravermelhos", que, de acordo com a literatura (Balaras & Argiriou, 2002; Berdahl, Akbari, Levinson *et al.,* 2008), foram considerados métodos adequados para caracterizar a "humidade de infiltração" (A-A1), tendo uma execução de exigência técnica mínima e utilizando equipamento acessível, o que torna o seu domínio de aplicação abrangente (grau 2).

4. CONCLUSÕES

No âmbito do desenvolvimento de um sistema de inspecção global para a envolvente de edifícios correntes, a homogeneização das matrizes de correlação anomalias - causas prováveis, inter-anomalias, anomalias – métodos de diagnóstico e anomalias – técnicas de reparação implica a passagem de matrizes bidimensionais para matrizes tridimensionais. Estas últimas têm uma estrutura semelhante às primeiras, incluindo ainda camadas a que correspondem materiais e elementos construtivos, dada a especificidade dos fenómenos de acordo com o suporte em que ocorrem.

A homogeneização das matrizes de correlação está intrinsecamente ligada ao processo de harmonização das listas de classificação de anomalias, causas prováveis, métodos de diagnóstico e técnicas de reparação. É a partir de listas de classificação globais que são geradas matrizes globais. O preenchimento das matrizes globais é feito com base na literatura de doze sistemas de inspecção especializados para materiais e elementos construtivos específicos. Utilizando as matrizes bidimensionais desses sistemas, definiu-se um método para determinar novos graus de correlação com base na frequência de ocorrência de anomalias e causas prováveis e aconselhamento de métodos de diagnóstico e técnicas de reparação, utilizando as amostras de validação dos sistemas de inspecção especializados. Com esse método, pode, por exemplo, dar-se uma importância relativa superior a determinada anomalia que está incluída numa anomalia unificada, se essa anomalia for mais frequente, considerando que a sua probabilidade de ocorrência é superior e que, assim, os índices de correlação devem estar mais adequados às suas características.

Com o excerto de resultados apresentado, é possível exemplificar como o método se aplica na prática na camada de revestimentos em pedra natural da matriz anomalias - métodos de diagnóstico, onde as anomalias A-A3 e A-A4 resultam da união de anomalias da classificação especializada. É ainda possível dar exemplos de como a validação qualitativa do sistema global de inspecção se reflectiu na matriz de correlação anomalias – métodos de diagnóstico, dada a associação da anomalia "A-A1 Humidade de infiltração" a revestimentos exteriores de coberturas inclinadas, o que não acontecia no respectivo sistema de inspecção especializado.

Em investigações futuras, o sistema global de inspecção deve ser transporto para uma aplicação informática que facilite a sua utilização em trabalho de campo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do centro de investigação CERIS, no IST-UL, do projecto da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) PTDC/ECI-CON/29286/2017 "Manutenção da envolvente dos edifícios, baseada em modelos de previsão da vida útil: redução dos riscos e custos para os proprietários", e da bolsa de doutoramento FCT SFRH/BD/131113/2017.

REFERÊNCIAS

AMARO, Bárbara; SARAIVA, Diogo; DE BRITO, Jorge; FLORES-COLEN, Inês, 2013 – **Inspection and diagnosis system of ETICS on walls**. *Construction and Building Materials*. 47, pp. 1257-1267.

AMARO, Bárbara; SARAIVA, Diogo; DE BRITO, Jorge; FLORES-COLEN, Inês, 2014 – **Statistical survey of the pathology, diagnosis and rehabilitation of ETICS in walls**. *Journal of Civil Engineering and Management.* 20:4, pp. 511-526.

BALARAS, C. A.; ARGIRIOU, A. A., 2002 – **Infrared thermography for building diagnostics**. *Energy and Buildings.* 34:2, pp. 171-183.

BERDAHL, Paul; AKBARI, Hashem; LEVINSON, Ronnen; MILLER, William A., 2008 – **Weathering of roofing materials – An overview.** *Construction and Building Materials*. 22:4, pp. 423-433.

BRANCO, Fernando A.; DE BRITO, Jorge, 2004 – **Handbook of concrete bridge management**. Reston, VA USA: ASCE Press. ISBN 0-7844-0560-3.

DE BRITO, Jorge; BRANCO, Fernando A; IBAÑEZ, Milagros, 1994 – **Knowledge-based concrete bridge inspection system.** *Concrete International*. 16:2, pp. 29-63.

CARVALHO, C.; DE BRITO, J.; FLORES-COLEN, I.; PEREIRA, C., 2018 – **Inspection, diagnosis, and rehabilitation system for vinyl and linoleum floorings in health infrastructures**. *Journal of Performance of Constructed Facilities.* 32:6, p. 04018078.

CARVALHO, Cláudia; DE BRITO, Jorge; FLORES-COLEN, Inês; PEREIRA, Clara, 2019 – **Pathology and rehabilitation of vinyl and linoleum floorings in health infrastructures: Statistical survey**. *Buildings*. 9:5, p. 116.

CONCEIÇÃO, J.; POÇA, B.; DE BRITO, J.; FLORES-COLEN, I.; CASTELO, A., 2017 – **Inspection, diagnosis, and rehabilitation system for flat roofs**. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 31:6, p. 04017100.

CONCEIÇÃO, J.; POÇA, B.; DE BRITO, J.; FLORES-COLEN, I.; CASTELO, A., 2019 – **Data analysis of inspection, diagnosis, and rehabilitation of flat roofs**. ***Journal of Performance of Constructed Facilities***. 33:1, p. 04018100.

DELGADO, A.; DE BRITO, J.; SILVESTRE, J. D., 2013 – **Inspection and diagnosis system for wood flooring.** *Journal of Performance of Constructed Facilities.* 27:5, pp. 564-574.

DELGADO, A.; PEREIRA, C.; DE BRITO, J.; SILVESTRE, J. D., 2018 – **Defect characterization, diagnosis and repair of wood flooring based on a field survey**. *Materiales de Construcción*. 68:329, pp. 1-13.

FERRAZ, G. T.; DE BRITO, J.; DE FREITAS, V. P.; SILVESTRE, J. D., 2016 – **State-of-the-art review of building inspection systems**. *Journal of Performance of Constructed Facilities***.** 30:5, p. 04016018.

GAIÃO, C.; DE BRITO, J.; SILVESTRE, J., 2011 – **Inspection and diagnosis of gypsum plasterboard walls**. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 25:3, pp. 172-180.

GARCEZ, N.; LOPES, N.; DE BRITO, J.; SÁ, G., 2012a – **Pathology, diagnosis and repair of pitched roofs with ceramic tiles: Statistical characterisation and lessons learned from inspections.** *Construction and Building Materials*. 36, pp. 807-819.

GARCEZ, Nuno; LOPES, Nuno; DE BRITO, Jorge; SILVESTRE, José, 2012b – **System of inspection, diagnosis and repair of external claddings of pitched roofs**. *Construction and Building Materials*. 35, pp. 1034-1044.

GARCIA, J.; DE BRITO, J., 2008 – **Inspection and diagnosis of epoxy resin industrial floor coatings**. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 20:2, pp. 128-136.

NETO, Natália; DE BRITO, Jorge, 2011 – **Inspection and defect diagnosis system for natural stone cladding**. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 23:10, pp. 1433-1443.

NETO, Natália; DE BRITO, Jorge, 2012 – **Validation of an inspection and diagnosis system for anomalies in natural stone cladding (NSC).** *Construction and Building Materials*. 30, pp. 224-236.

PEREIRA, A.; PALHA, F.; DE BRITO, J.; SILVESTRE, J. D., 2011 – **Inspection and diagnosis system for gypsum plasters in partition walls and ceilings**. *Construction and Building Materials.* 25:4, pp. 2146-2156.

PEREIRA, Clara; DE BRITO, Jorge; SILVESTRE, José D., 2018 – **Global inspection, diagnosis and repair system for buildings: managing the level of detail of the defects classification**. Em VILLEGAS, Luis, LOMBILLO, Ignacio, BLANCO, Haydee & BOFFIL, Yosbel, eds. – *Rehabend – Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management*. Cáceres, Spain: University of Cantabria, University of Extremadura, pp. 572-579.

PIRES, Rita; DE BRITO, Jorge; AMARO, Bárbara, 2015a – **Inspection, diagnosis, and rehabilitation system of painted rendered façades**. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 29:2, p. 04014062.

PIRES, Rita; DE BRITO, Jorge; AMARO, Bárbara, 2015b – **Statistical survey of the inspection, diagnosis and repair of painted rendered façades**. *Structure and Infrastructure Engineering*. 11:5, pp. 605-618.

SÁ, G.; SÁ, J.; DE BRITO, J.; AMARO, B., 2014 – **Inspection and diagnosis system for rendered walls.** *International Journal of Civil Engineering*. 12:2 A, pp. 279-290.

SÁ, Gonçalo; SÁ, João; DE BRITO, Jorge; AMARO, Bárbara, 2015 – **Statistical survey on inspection, diagnosis and repair of wall renderings.** *Journal of Civil Engineering and Management*. 21:5, pp. 623-636.

SANTOS, A.; VICENTE, M.; DE BRITO, J.; FLORES-COLEN, I.; CASTELO, A., 2017a – **Analysis of the inspection, diagnosis, and repair of external door and window frames**. *Journal of Performance of Constructed Facilities.* 31:6, p. 04017098.

SANTOS, A.; VICENTE, M.; DE BRITO, J.; FLORES-COLEN, I.; CASTELO, A., 2017b – **Inspection, diagnosis, and rehabilitation system of door and window frames**. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 31:3, p. 04016118.

SILVA, Cátia da; COELHO, Fábio; DE BRITO, Jorge; SILVESTRE, José; PEREIRA, Clara, 2017a – **Inspection, diagnosis, and repair system for architectural concrete surfaces**. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 31:5, p. 04017035.

SILVA, Cátia da; COELHO, Fábio; DE BRITO, Jorge; SILVESTRE, José; PEREIRA, Clara, 2017b – **Statistical survey on inspection, diagnosis and repair of architectural concrete surfaces.** *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 31:6, p. 04017097.

SILVESTRE, J. D.; DE BRITO, J., 2011 – **Ceramic tiling in building façades: Inspection and pathological characterization using an expert system**. *Construction and Building Materials*. 25:4, pp. 1560-1571.

SILVESTRE, J. Dinis; DE BRITO, J., 2010 – **Inspection and repair of ceramic tiling within a building management system**. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 22:1, pp. 39-48.

SILVESTRE, José Dinis; DE BRITO, Jorge, 2009 – **Ceramic tiling inspection system**. *Construction and Building Materials.* 23:2, pp. 653-668.

WALTER, Ana; DE BRITO, Jorge; LOPES, Jorge Grandão, 2005 – **Current flat roof bituminous membranes waterproofing systems - Inspection, diagnosis and pathology classification**. *Construction and Building Materials*. 19:3, pp. 233-242.

DISCUSSÃO DE ESTRATÉGIAS PARA A AVALIAÇÃO DA BIOCOLONIZAÇÃO EM ETICS: UM CASO DE ESTUDO EM LISBOA

DISCUSSION ON THE EVALUATION OF BIOCOLONIZATION IN ETICS: A CASE STUDY IN LISBON

Giovanni Borsoi [(1)], João Parracha [(2)], Quinten De Cooman [(3)], Inês Flores-Colen [(1)], Cristina A. Viegas [(4)], Lina Nunes [(5)], Leonilde M. Moreira [(4)], Rosário Veiga [(2)]

(1) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, giovanni.borsoi@tecnico.ulisboa.pt; ines.flores.colen@tecnico.ulisboa.pt
(2) LNEC, Portugal, jparracha@lnec.pt; rveiga@lnec.pt
(3) Ghent University, Belgium, Quinten.DeCooman@ugent.be
(4) IBB, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, cristina.viegas@tecnico.ulisboa.pt; lmoreira@tecnico.ulisboa.pt
(5) LNEC e CE3C, Universidade dos Açores, Portugal, linanunes@lnec.pt

RESUMO

A utilização de sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) contribui significativamente para a melhoria da eficiência energética dos edifícios, nomeadamente aumentando o isolamento térmico e reduzindo as condensações de água no interior das paredes. Este facto tem motivado a crescente aplicação deste tipo de sistemas na reabilitação de fachadas de edifícios em Portugal. No entanto, os ETICS estão geralmente expostos à ação de agentes atmosféricos e/ou antrópicos, que podem levar à formação de manchas de sujidade e alteração de cor, biocolonização e fissuras. A suscetibilidade à colonização biológica é uma das anomalias mais referidas nos ETICS. Por esta razão, na manutenção e reabilitação destes sistemas em meio urbano, a avaliação da sua biocolonização e deterioração biológica deve ser incluída em qualquer metodologia previamente definida. Neste artigo, apresenta-se o caso de estudo de um bairro de habitação social em Lisboa, onde 56 fachadas (cerca de 22000 m^2 de superfícies expostas) de 14 edifícios com ETICS foram inspecionadas com base numa ficha de inspeção previamente definida. Esta inspeção permitiu detetar vários tipos de manchas possivelmente associadas à biocolonização, as quais podem afetar o aspeto estético e o desempenho da camada de acabamento dos sistemas de revestimento das fachadas. Algumas amostras foram então recolhidas para deteção e possível identificação laboratorial dos organismos biológicos envolvidos. As amostras foram analisadas por microscopia ótica e eletrónica, isolamento de microrganismos cultiváveis e análise filogenética tendo por base DNA metagenómico. Os resultados obtidos parecem confirmar a correlação entre as anomalias observadas em algumas áreas e a abundância e natureza dos microrganismos detetados.

Este estudo pretende assim contribuir para a discussão de estratégias possíveis para a análise e identificação de biocolonizadores detetados visualmente em ETICS, tendo em vista uma maior durabilidade destes sistemas de revestimento.

Palavras-chave: ETICS / Anomalias / Biocolonização / Metagenómica / Microscopia Eletrónica de Varrimento

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*) contribuem significativamente para o desempenho térmico e para a eficiência energética dos edifícios, aumentando o isolamento térmico, corrigindo pontes térmicas, e reduzindo a condensação de água. No entanto, os ETICS estão geralmente expostos à ação de agentes atmosféricos e/ou antrópicos, que podem levar a defeitos físico-mecânicos (*e.g.* fissurações, destaque da camada de acabamento, perda de coesão e material, etc.), bem como a alterações cromáticas e formação de manchas. As manchas podem apresentar morfologias e origens diferentes. Por exemplo, manchas de sujidade diferencial (com morfologia alongada, devida a escorrência de água e presença de resíduos ou poluentes) são frequentemente encontradas, bem como manchas uniformes (distribuídas mais homogeneamente na fachada, associadas também à lixiviação da parede); manchas devidas à oxidação de elementos metálicos; manchas associadas a colonização biológica; manchas brancas (e.g. cristalização de sais ou solubilização-reprecipitação de carbonato de cálcio), e graffiti (vandalismo). Estas manchas são favorecidas pela presença de água e em parte estão ligadas também ao envelhecimento natural (agentes atmosféricos como a radiação solar, vento, chuva, aerossol marítimo, entre outros). As propriedades dos materiais (e.g. elevada absorção de água e inadequada secagem, a espessura das camadas, etc.), a localização dos edifícios e a orientação da parede, causas antrópicas diretas e indiretas (e.g. defeitos no fabrico ou aplicação dos produtos, deficiente compatibilidade entre materiais, ausência de manutenção, inadequada armazenagem, poluição atmosférica, falta de ventilação da parede, vandalismo, etc.) podem ser também fatores na formação de manchas (Amaro *et al.*, 2013; BRE, 1992; Büchli, 2003; Johansson *et al.*, 2011; Ximenes *et al*., 2015).

A suscetibilidade à colonização biológica é uma das desvantagens mais referidas dos ETICS, estando presente em mais de metade das fachadas observadas em Portugal (Johansson *et al.*, 2011; Amaro *et al.*, 2014). Os sistemas ETICS estão mais sujeitos à biocolonização, se comparados com revestimentos de baixo isolamento térmico, por causa das especiais condições de humidade e temperatura nessas superfícies e também devido à degradação das camadas superficiais de acabamento e à sua composição química (frequentemente com abundância de compostos orgânicos de carbono, que favorece a biocolonização) (D'Orazio *et al.*, 2014). O desenvolvimento de colonização biológica (muitas vezes na forma de biofilme) é um fenómeno complexo, ligado à combinação de factores bióticos (e.g. nutrientes orgânicos, presença de outros microrganismos, etc.) e abióticos (temperatura, humidade relativa (HR%, pH, etc.). A bioreceptividade do material está relacionada com as suas características físico-químicas (tais como porosidade, rugosidade, composição química, higroscopicidade, pH) (Ferrari *et al.*, 2015).

A formação de um biofilme microbiano geralmente começa com organismos fototróficos (microalgas e cianobactérias), que utilizam a luz como fonte de energia e o CO_2 como fonte de carbono (Büchli, 2003), e resistem a falta de matéria orgânica ou a processos de secagem. Seguidamente, desenvolvem-se geralmente organismos heterotróficos (que necessitam de nutrientes orgânicos como fonte de carbono), tais como fungos e bactérias heterotróficas. Os fungos filamentosos (bolores) estão entre os microrganismos mais nocivos para os materiais de construção, por causa da sua diversificada e intensa actividade enzimática. Além disso, pode haver formação de líquenes e musgos (Ferrari *et al.*, 2015). As condições ideais de crescimento, as tipologias, as características visuais e outras mais genéricas para a deteção destes tipos de biocolonizadores são resumidas na Tabela 1. Os biocolonizadores podem induzir biodeterioração, ou seja, alterações químicas, mecânicas ou estéticas da superfície. No caso dos ETICS, os materiais orgânicos (polímeros, pigmentos) ou inorgânicos (ligantes, agregados, inertes) são potencialmente substratos adequados para o crescimento de microrganismos como fungos e diversas bactérias. A atividade metabólica induz a formação e excreção de enzimas e ácidos orgânicos, que podem atacar quimicamente a superfície e gerar fissuras, destaques e/ou manchas.

Tabela 1 – Tipos de microrganismos tipicamente encontrados em ETICS (BRE, 1992; Büchli, 2003; Chew & Ping, 2003; Ferrari *et al.*, 2015)

Microrganismos	**Condições ideais pelo crescimento**	**Características visuais**	**Localização e deterioração induzida**
Algas (verdes, vermelhas) e *cianobactérias*	Sais minerais, luz, elevada HR%	Depósitos pulverulentos ou filamentosos de cor verde, vermelho, laranja, acastanhado, cinzento (algas) ou azul-verde (cianobactéria), que podem ser viscosos em condições de humidade	Preferem superfícies sombreadas, mas resistem a ciclos de secagem-rehidratação. Frequentes onde escorre ou drena água. Crescimento favorecido em superfícies altamente absorbentes, porosas e rugosas. Induzem alterações cromáticas devidas à sua pigmentação, e possível deterioração mecânica. Podem produzir ácidos causadores de biodeterioração e são um substrato para outros microrganismos (fungos, bactérias, etc)
Fungos filamentosos (bolores)	Material orgânico, água, não dependem de luz	Aparecem como manchas ou pontos onde podem formar uma camada pulverulenta, com cor verde, acinzentado, preto ou acastanhado. Podem crescer também nas tintas, formando manchas rosa ou roxas	Frequentemente indicados como mofo e encontrados em superfícies porosas e rugosas, ou em superfícies com acumulação de sujidade e poeira. Podem proliferar rapidamente onde houver algas e em condições de elevada HR%. Induzem alterações cromáticas. As hifas podem crescer em profundidade no substrato, induzindo stresse mecânico. Podem excretar ácidos orgânicos e enzimas, potencialmente agressivos para as superfícies (descoloração, biodeterioração, redução do pH, fissuração)
Líquenes	Sais minerais, luz	Formados por incrustações coriáceas, geralmente laranjadas, verdes, acinzentada, ou preta, na superfície ou radicadas no substrato	Organismos simbióticos formados da combinação de um fungo filamentoso com uma alga (algas verdes em 90% dos casos) ou uma cianobactéria. As algas ou cianobactérias produzem nutrientes orgânicos para a sobrevivências do fungo. Podem sobreviver a elevadas T e baixas HR%
Musgos	Sais minerais, luz, baixa temperatura	Almofadas verdes, com proliferação espinhosa ou baixa e difusa. Acastanhados quando secos	Aparecem em áreas húmidas e sombreadas, com abundância de nutrientes ou sujidades. Não induzem geralmente problemas mecânicos. Podem incorporar sujidades ao longo do tempo, geralmente aparecem quando as algas já proliferaram e são substratos ideias para o crescimento de pequenas plantas
Bactérias heterotróficas	Vários (*e.g.* sulfitos, CO_2, compostos orgânicos), não precisam de luz	Não são visíveis macroscopicamente	Podem induzir deterioração do substrato (alteração química, biodegradação por produtos do metabolismo e manchas) e precisam de concentrações mínimas de nutrientes para proliferar; a possibilidade de biodegradação está associada à complexa interação entre a superfície e o metabolismo das células bacterianas (p. ex., atividade enzimática e metabolitos acídicos).

A inclusão de biocidas (algicidas ou fungicidas) na camada de acabamento dos ETICS é a solução mais frequentemente usada para prevenir o desenvolvimento de agentes biocolonizadores. Apesar disso, a eficiência e durabilidade dos biocidas não é geralmente declarada pelos fabricantes. Adicionalmente, os biocidas apresentam condicionantes do ponto de vista ambiental, e por esta razão o seu uso e comercialização é regulado por uma normativa europeia específica (EU 528, 2014).

Pelas razões mencionadas acima, a avaliação da biocolonização e da deterioração biológica dos ETICS deveria ser incluída em qualquer metodologia que visa a manutenção e reabilitação destes sistemas. De facto, não existe um protocolo normalizado para a deteção e identificação dos biocolonizadores em ETICS. Uma identificação mais específica dos vários biocolonizadores poderia ajudar a implementar a análise visual das superfícies, que é frequentemente utilizada nas fichas de inspeção técnica dos edifícios. Finalmente, uma identificação mais específica dos microrganismos presentes em ETICS poderia minimizar o uso de biocidas e estimular o desenvolvimento de produtos mais bioseletivos e sustentáveis.

Este artigo discute possíveis estratégias para a análise da colonização biológica em ETICS, através do estudo de edifícios revestidos por ETICS e localizados num bairro de habitação social em Lisboa. Foram inspecionados 14 edifícios (56 fachadas, cerca de 22000 m^2 de superfícies expostas), tendo-se observado vários tipos de manchas associadas presumivelmente a biocolonização, sendo que algumas amostras foram recolhidas para a deteção e possível identificação laboratorial dos microrganismos envolvidos. As amostras foram analisadas por microscopia eletrónica de varrimento, isolamento de microrganismos cultiváveis e análise filogenética tendo por base a sequenciação de DNA metagenómico. Este estudo é inserido num projeto mais amplo (WGB_Shield) que pretende contribuir para aumentar a durabilidade de soluções de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) em meio urbano, minimizando as anomalias na superfície.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. O caso de estudo

O bairro social estudado, localizado a noroeste de Lisboa, foi dividido em 3 áreas (Figura 1): áreas 1 e 2 (48 fachadas, ± 20000 m^2), construídas em 1990 e reabilitadas em 2014, apresentam a envolvente do edifício acabado com sistemas ETICS constituídos por uma camada de isolante térmico ICB (cortiça expandida), uma camada de base de cal hidráulica natural e uma camada de acabamento com tinta de silicato; área 3 (8 fachadas, ± 2000 m^2), construída em 1998 e reabilitada em 2015, apresenta fachadas com sistemas ETICS constituídos por uma camada de isolante térmico ICB, uma camada de base cimentícia e uma camada de acabamento à base de tinta acrílica.



Figura 1 – Fachadas estudadas na a), b) área 1 e na c), d) área 3

2.2. Metodologia de investigação

As anomalias superficiais (físico-mecânicas, bem como manchas e possíveis sinais de colonização biológica) foram inicialmente mapeadas através de uma análise visual, seguindo a norma ASTM D3274-95 (2002) e com base na implementação de uma ficha de inspeção.

De forma a complementar a análise visual, e uma vez que é difícil distinguir entre manchas de origem biológica e não biológica, as amostras recolhidas foram observadas por microscopia eletrónica de varrimento (JEOL 7001F FEG-SEM). As amostras, previamente recobertas com uma fina película de ouro-paládio (Au-Pd), foram observadas usando tensões de feixe eletrónico de 20 keV. Adicionalmente, de forma a detetar e caracterizar diferentes grupos microbianos presentes, as amostras foram também sujeitas a análise microbiológica.

2.3. Amostras

As amostras foram recolhidas na parte superior das fachadas na zona da platibanda, onde foram observadas manchas com maiores indícios de biocolonização, através da raspagem da superfície com uma espátula previamente esterilizada, e foram guardadas em contendores de plástico. As amostras foram em seguida conservadas no frigorífico (4 ^{0}C; inferior a 16 h, para análise microbiológica dependente de cultura) e no congelador (-20 ^{0}C; para análise de DNA metagenómico) até serem analisadas. Recolheu-se um total de 6 amostras, nomeadamente: amostras 1 a 4, recolhidas num dos lotes da área 1, sendo as amostras 1, 3 e 4 da parede virada a nordeste e a amostra 2 da parede noroeste; amostras 5 e 6, recolhidas num dos lotes da área 3, na parede nordeste.

2.4. Análise microbiológica

A análise microbiológica das amostras 1, 2, 3, 4 e 5 envolveu dois métodos diferentes: a) dependente de cultura, i.e. isolamento de microrganismos cultiváveis (capazes de formar colónias em meios de cultura e condições laboratoriais), com o objetivo de detetar diferentes microrganismos heterotróficos incluindo fungos e bactérias; b) independente de cultura, i.e. análise filogenética tendo por base a sequenciação de porções de DNA metagenómico, que permitem identificar microrganismos cultiváveis e não cultiváveis contribuindo para uma descrição mais completa das comunidades microbianas (Rosado *et al.*,2014); esta análise é baseada na extração direta do DNA total do conjunto de microrganismos presentes em cada amostra e, seguidamente, na amplificação, sequenciação e posterior análise da sequência nucleotídica de regiões variáveis de genes que originam subunidades do RNA ribossómico (rRNA) (e.g. do gene 16S rDNA para procariotas, e do gene 18S rDNA para eucariotas).

No método dependente de cultura, 0,1 g de cada amostra foi diluída em solução salina, homogeneizada por agitação em vórtex (5 min) e 0,1 ml de cada suspensão diluída foi espalhada na superfície de meio de cultura seletivo para o isolamento de colónias de fungos (meio ***Potato Dextrose Agar*** – PDA, supplementado com clorotetraciclina) e de bactérias heterotróficas (meio Lennox Broth – LB agarizado); colónias formadas sobre os meios foram observadas, fotografadas e contadas após 5-9 dias de incubação à temperatura ambiente. Em alguns casos, células e outras estruturas celulares foram observadas com um microscópio óptico de campo claro. Algumas colónias de fungos filamentosos foram selecionadas para posterior identificação com base na análise filogenética da sequência da região variável ITS1/ITS2 (ITS – ***Internal Transcribed Spacer***) do gene 18S rDNA; resumidamente, após a extração do seu DNA genómico (kit comercial ***NucleoSpin soil,*** Mackerey-Nigel), este foi usado como molde em reação de polimerização em cadeia (PCR) com os iniciadores ITS1f e ITS2 para amplificação da região em causa, e a molécula resultante purificada foi sequenciada pelo método de Sanger na empresa GATC Biotech AG (Alemanha). Para a identificação do grupo taxonómico filogenético a que pertence o fungo, as

sequências obtidas foram alinhadas com sequências de microrganismos conhecidos na base de dados do ***National Center for Biotechnology Information*** (NCBI), através do algoritmo bioinformático BLASTN (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome).

Para a análise do DNA metagenómico com vista à identificação de bactérias (procariotas) e plastídios de microrganismos eucarióticos (por exemplo, cloroplastos de microalgas), o DNA total de cada amostra foi extraído com o kit comercial ***NucleoSpin soil*** de acordo com as indicações do manual, e enviado para a Unidade de Genómica do Instituto Gulbenkian de Ciência (IGC, Oeiras) que prestou o serviço de amplificação por PCR da região variável V4 do gene 16S rDNA e sequênciação com base na plataforma Illumina, dos fragmentos de DNA obtidos,. Para cada amostra, as sequências obtidas foram agrupadas em grupos ou unidades taxonómicas operacionais (OTU, ***operational taxonomic unit***) que definem grupos taxonómicos. Para identificação de bactérias, cada OTU foi alinhada com sequências de microrganismos conhecidos no NCBI recorrendo ao algoritmo BLASTN contra a base de dados "***16S Ribosomal RNA Sequences (Bacteria and Archaea)***". Para detectar a presença de microalgas, as sequências de 16S rDNA atribuídas a plastídios foram sujeitas a alinhamento contra a base de dados "***RefSeq Genome***" com o algoritmo BLASTN do NCBI. Para a identificação de fungos, o DNA metagenómico de cada amostra foi usado como molde para PCR, com os iniciadores ITS1f e ITS2, para amplificação de região variável do gene 18S rDNA. A sequenciação pela plataforma IIlumina dos produtos de PCR obtidos está em curso no IGC.

3. RESULTADOS

3.1. Análise visual

As fachadas analisadas apresentam descasque da camada de acabamento (presente em 25% das fachadas) (Figura 2a), principalmente identificadas nos cantos ou nas zonas de interface com janelas, e com menor frequência fissurações (visíveis a olho nu) (4,2%) (Figura 2b), identificadas só nas fachadas viradas a sudoeste e maioritariamente na proximidade das aberturas de janelas. As fissurações (horizontais, verticais e/ou mapeadas) têm em média uma abertura < 0,5 mm. Relativamente às anomalias do tipo de manchas (Tabela 2), encontraram-se manchas de oxidação (5,4%), causadas pela corrosão de elemento metálicos existentes nas fachadas, e eflorescências (14,6%), maioritariamente nas paredes viradas a sul.

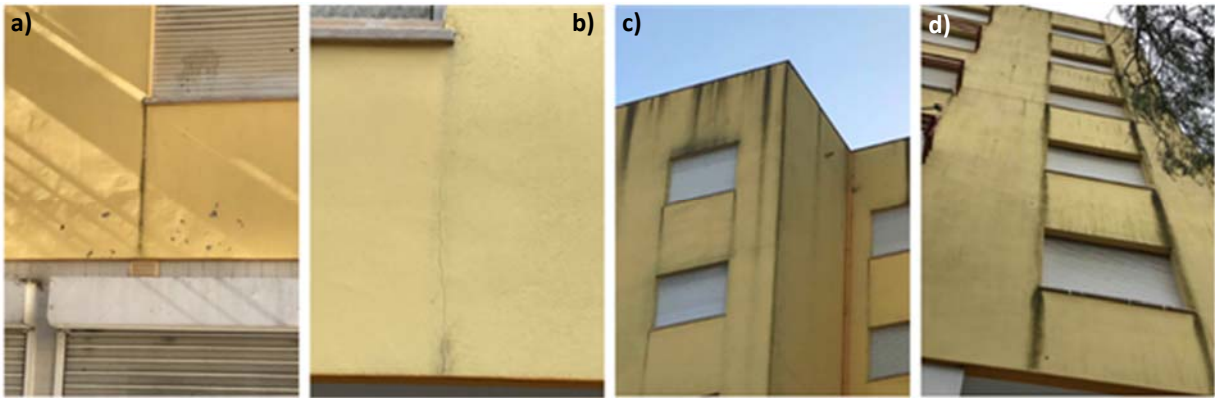


Figura 2 – a) Descasque da camada de acabamento, b) Fissuração, c) manchas escuras na zona da platibanda, d) manchas escuras diferenciais na zona dos peitoris das janelas

No entanto, manchas de possível origem biológica foram detetadas em todas as fachadas analisadas, maioritariamente onde há indícios de escorrência de água (Figuras 2c, d). Foram identificadas manchas diferenciais, em proximidade das janelas e da platibanda, e manchas uniformes, localizadas em várias zonas das fachadas.

Tabela 2 – Anomalias do tipo de manchas detetadas nas 56 fachadas analisadas

Anomalias	**Frequência da anomalia**	
	% *	N.º de fachadas
Manchas de possível origem biológica	100,0	56
Eflorescências	14,6	7
Manchas de oxidação	5,4	3

* percentagem do número total de fachadas que apresenta possíveis sinais da relativa anomalia

Adicionalmente, observou-se que a maioria das 24 fachadas expostas a noroeste e nordeste das áreas 1 e 2 apresentam um padrão de cobrimento com manchas possivelmente atribuíveis a biocolonizadores entre 25 a 50%, e nenhuma destas fachadas apresenta um padrão inferior a 5% (Figura 3). No entanto, as fachadas orientadas a sul pareceram estar menos afetadas, apresentando maioritariamente um padrão entre 5 a 25%. Estas diferenças podem ser justificadas quer pelo processo de secagem mais rápido das paredes viradas a sul, por causa da maior exposição à radiação solar, quer pela direção do vento (que sopra maioritariamente de norte e nordoeste, na área de Lisboa). De facto, juntamente com uma secagem mais lenta, as fachadas viradas a norte podem ter estado expostas a uma maior quantidade de humidade, de contaminantes biológicos e de poluição, com consequente formação de manchas de origem biológica e não biológica. É de acrescentar que a proximidade das fachadas com a via rápida urbana 2.ª Circular e com a Circular Regional Interior de Lisboa (CRIL), que se apresentam mediamente um trânsito intenso, podem ter levado a elevadas concentrações de poluentes (*e.g.* SOx, NOx, CO, hidrocarbonetos, etc.) que contribuem também para a formação de manchas nas fachadas. No entanto, as fachadas da área 3 apresentam uma variação mínima entre paredes viradas a nordeste e sudoeste. Em ambos os casos, a incidência de presumível biocolonização foi maioritariamente inferior a 5% (Figura 3). Da análise visual, pode-se concluir que o estado de conservação da área 3 é significativamente melhor do que o da área 1 e 2, nas quais se pode observar uma colonização biológica mais difusa.

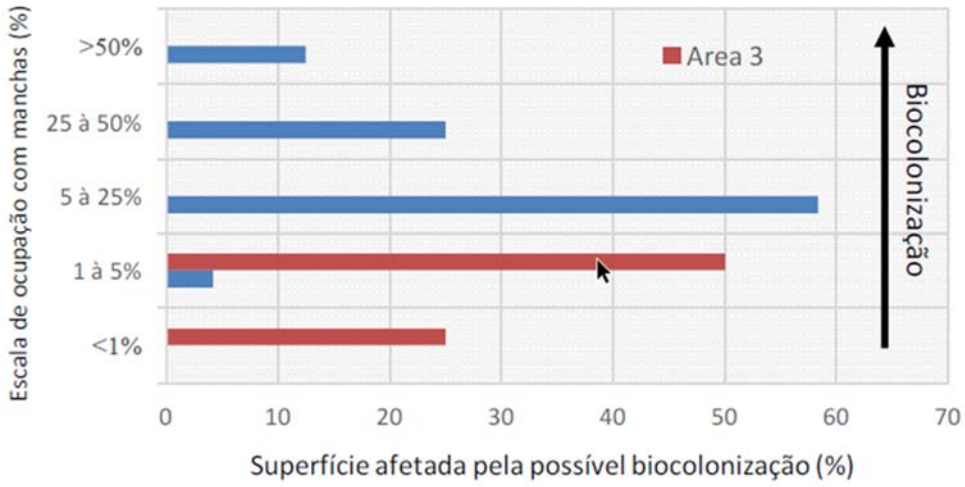


Figura 3 – Percentagem das fachadas afetadas pela biocolonização nas áreas 1, 2 e 3

3.2. Microscopia eletrónica de varrimento – SEM

A análise das amostras 2 e 3 (recolhidas na área 1) ao microscópio eletrónico de varrimento (ampliação 1000x) evidenciou a presença de partículas possivelmente de origem biológica; por exemplo, microimagens SEM da amostra 2 apresentam: (i) partículas com morfologia filamentosa que podem ser atribuídas a hifas de fungos ou a filamentos de actinobactérias ou a cadeias de células/filamentos de cianobactérias ou microalgas

(Figuras 4a e b); (ii) partículas de morfologia arredondada, possivelmente atribuíveis a células de microalgas, de leveduras ou mesmo de bactérias (Figuras 4a e b); e (iii) aglomerados de partículas que podem corresponder a biofilmes (Figura 4b). Por outro lado, a amostra 6, recolhida na área 3, apresenta uma microestrutura consideravelmente diferente, com mais raras evidências de estruturas possivelmente biológicas, sendo maioritariamente observadas partículas com forma arredondada e indefinida, de origem desconhecida, mas também uma possível estrutura celular em forma de bastonete alongado (Figura 4c).

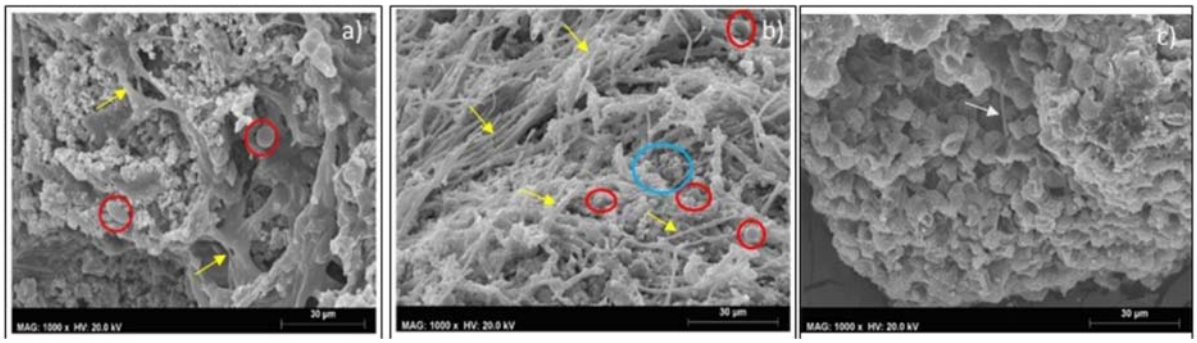


Figura 4 – Microimagens SEM: a) e b) amostra 2 – partículas arredondadas (assinaladas com círculos vermelhos), partículas filamentosas (setas amarelas) e aglomerados (círculo azul) possivelmente atribuíveis a células e estruturas biológicas; c) amostra 6 – partículas com morfologia variada onde se evidência (seta branca) uma possível célula microbiana em forma de bastonete alongado

3.3. Estudo microbiológico

3.3.1. Pesquisa de microrganismos cultiváveis

A análise microbiológica com base em técnica dependente de cultura indicou a presença de diversos microrganismos cultiváveis, nomeadamente fungos filamentosos (bolores), fungos unicelulares (leveduras) e bactérias heterotróficas, nas amostras 1, 2, 3, 4 e 5 (Figura 5). No meio de cultura seletivo para fungos, foram isolados quatro tipos principais de colónias de fungos filamentosos (*e.g.,* tipos A, B, C e D) caracterizadas por apresentar centro pulverulento acastanhado ou esverdeado rodeado por micélio esbranquiçado (Figuras 5a; A1, B1, C1, D1) e estrutura celular microscópica constituída por filamentos (hifas) e corpos frutíferos esféricos ou ramificados (Figuras 5a; A2, B2, C2, D2). Neste meio de cultura também foram isolados dois tipos diferentes de colónias circulares de cor branca (Figuras 5b; E1) e rosa (Figuras 5b; F1), com morfologia celular típica de levedura (Figuras 5b; E2 e F2). No meio de cultura para bactérias heterotróficas, foram isoladas colónias com forma, tamanho, brilho e cor diversificadas (Figura 5c), sugerindo a presença de diversas espécies bacterianas em todas as amostras. Independentemente desta diversidade microbiana, a abundância de unidades formadoras de colónia (UFC) de fungos (Figura 5d) e de bactérias heterotróficas (Figura 5e) em cada amostra (0,1 g), estimada com base na contagem do número de colónias isoladas, foi, em geral, maior nas amostras 1 a 4 (área 1) do que na amostra 5 (área 3) (Figuras 5d e 5e). Os resultados obtidos também indicaram que os isolados de fungos filamentosos do tipo A e B (Figuras 5a; A1 e B1 respetivamente) foram os mais abundantes nas amostras 1 a 4, enquanto que o fungo filamentoso do tipo A foi minoritário na amostra 5, predominando o tipo B nesta amostra (Figura 5d). Assim, procedeu-se à identificação filogenética de isolados destes dois tipos, tendo por base a sequenciação de regiões variáveis ITS do gene 18S rDNA. Em relação ao isolado do tipo A, não foi possível indicar de forma conclusiva qual o género a que pertence, tendo-se obtido valores de identidade de 95.7% com a espécie ***Didymella rosea***, de 97.11% com ***Didymella keratinophila*** e de 95.35% com ***Ascophyta phacae***; estes géneros fungícos fazem parte da família ***Didymellaceae***, que inclui numerosos exemplos de fungos fitopatogénicos de árvores ornamentais e de fruto (Chen *et al.*, 2015). O isolado do tipo B foi atribuído ao género ***Cladosporium***, embora sem resolução ao nível mais baixo da hierarquia taxonómica, *i. e.* da espécie (> 98.4% de identidade com diferentes espécies pertencentes ao género ***Cladosporium***); em geral, as espécies de ***Cladosporium*** têm

distribuição ubíqua, são capazes de colonizar solo, alimentos, têxteis, tintas e outros materiais orgânicos, e são conhecidos agentes de biodeterioração, decaimento e algumas doenças em plantas e animais (Bensch *et al.*, 2012).

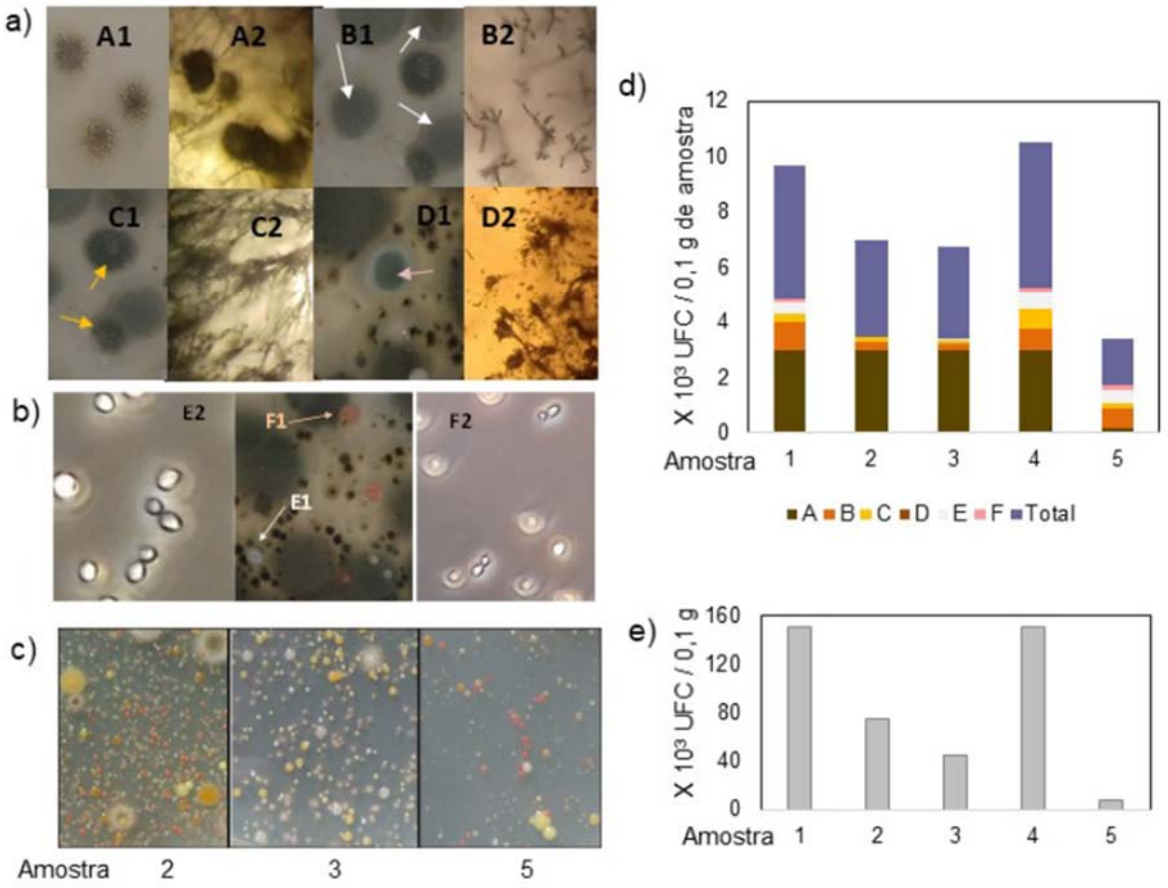


Figura 5 – Estudo microbiológico com base em técnica dependente de cultura: a) fotografias de colónias (A1, B1, C1 e D1) e micrografias com ampliação 100x (A2, B2, C2 e D2) de fungos filamentosos isolados a partir das amostras 1 a 5; b) fotografias de colónias (E1 e F1) e micrografias com ampliação 400x (E2 e F2) de fungos unicelulares (leveduras); c) fotografias de colónias de bactérias heterotróficas isoladas em meio LB (ex.: amostras 2, 3 e 5); d) quantificação do número de unidades formadoras de colónias (UFC) dos tipos principais de fungos (colónias tipo A a F) isolados a partir de cada amostra; e) quantificação do número total de UFC de bactérias isoladas no meio de cultura LB a partir de cada amostra

3.3.2. Análise das comunidades microbianas tendo por base DNA metagenómico

Com o objetivo de obter uma descrição mais completa das comunidades microbianas presentes nas amostras, incluindo microrganismos cultiváveis e não cultiváveis, recorreu-se à análise filogenética tendo por base DNA metagenómico extraído diretamente de cada uma das amostras. A distribuição de unidades taxonómicas operacionais por filos bacterianos resultante da análise das sequências do gene 16S rDNA (região V4) do DNA metagenómico, encontra-se apresentada na Figura 6. Estes resultados indicam que em todas as cinco amostras estão presentes bactérias pertencentes a cinco filos principais (***Proteobacteria***, ***Cyanobacteria***, ***Bacteroides***, ***Actinobacteria*** e ***Thermi***) (Figura 6), embora também sugiram que a composição das comunidades bacterianas nas amostras 1 a 4 (área 1) e na amostra 5 (área 3) sejam relativamente diferentes. De facto, o perfil de distribuição de microrganismos por filos nas amostras 1, 2, 3 e 4 foi (ordem decrescente de abundância) ***Cyanobacteria*** (e/ou plastídios) > ***Proteobacteria*** > ***Bacteroides*** > ***Actinobacteria*** > ***Thermi***, enquanto que, na amostra 5, a abundância microbiana nos três últimos filos foi consideravelmente mais alta e no filo ***Cyanobacteria*** foi mais baixa (Figura 6).

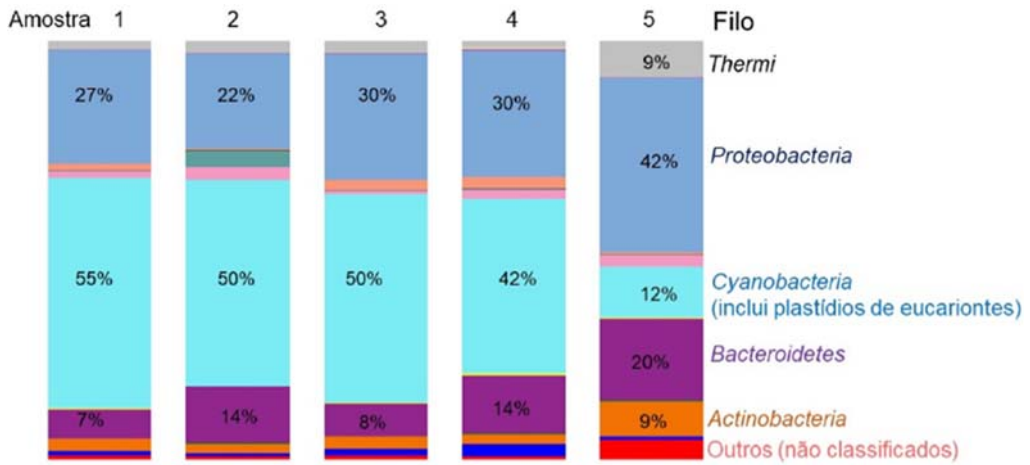


Figura 6 – Distribuição de unidades taxonómicas operacionais (OTUs) microbianas por categorias filogenéticas (ao nível do filo) e respetiva abundância (%) nestas categorias, resultante da análise das sequências do gene 16S rDNA (região V4) presentes no DNA metagenómico extraído das amostras 1 a 4 (área 1) e 5 (área 3)

Uma análise mais fina, i. e. a níveis mais baixos da hierarquia taxonómica (família e género), permitiu identificar a presença de unidades taxonómicas operacionais correspondentes a 17 géneros bacterianos (5 dos quais não definidos) pertencentes a 13 famílias diferentes, em quase todas as amostras analisadas, as quais são listadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Resumo dos grupos taxonómicos principais de bactérias identificados nas amostras em resultado da análise filogenética tendo por base o DNA metagenómico, com indicação da distribuição por grupos taxonómicos de acordo com a hierarquia taxonómica filo > família > género, e das amostras onde foram encontrados

Grupo microbiano/ domínio filogenético	**Filo**	**Família**	**Género**	**Amostra(s) onde foi identificado ***
Bactérias / *Bacteria*	• *Actinobacteria*	*Kineosporeaceae*	nd	5
	• *Bacteroidetes*	*Cytophagaceae*	*Adhaeribacter*	1 2 4
			Hymenobacter	2 4 5
			Rudanella	1 2 3 4
			Spirosoma	1 2 3 4 **5**
		Chitinophagaceae	*Flavisolibacter*	1 2 **5**
	• *Cyanobacteria*	*Nostocaceae*	nd	1 **2** 3 **4**
		Rivulariaceae	*Calothrix*	1 3 4
		Xenococcaceae	nd	**1** **2** **3** **4**
			Chroococcidiopsi	2
	• *Proteobacteria*	*Methylobacteriaceae*	*Methylobacterium*	1 3 4 5
		Rhodobacteraceae	*Rubellimicrobium*	**1** **2** **3** **4** **5**
		Acetobacteraceae	nd	1 2 3 4 **5**
		Sphingomonadaceae	*Sphingomonas*	**1** 2 **3** **4** 5
		Comamonadaceae	nd	5
	• *Thermi*	*Deinococcaceae*	*Deinococcus*	**5**
		Trueperaceae	*Truepera*	1 2 3 4 5

* Os casos indicados correspondem a unidades taxonómicas operacionais com representação superior a 1%; números a negrito significa representação > 5% na amostra correspondente; nd – não determinado

Por outro lado, procedeu-se à re-análise de algumas sequências da região V4 do gene 16S rDNA inicialmente atribuídas ao filo ***Cyanobacteria*** mas com indícios de estarem relacionadas filogeneticamente com plastídios de microalgas. Os resultados desta análise, apresentados na Tabela 4, sugerem a presença de espécies de microalgas pertencentes principalmente ao filo ***Chlorophyta*** (algas verdes), mais concretamente às famílias ***Trebouxiaceae*** e ***Prasiolacea*** da classe ***Trebouxiophycea*** (Tabela 4), o que é consistente com o facto de existirem líquenes nas manchas onde foram recolhidas as amostras analisadas. A classe filogenética ***Trebouxiophycea*** engloba microalgas verdes unicelulares largamente distribuídas em ambientes terrestres e aquáticos, e conhecidas (em particular, espécies dos géneros ***Trebouxia*** e ***Myrmecia***) por estabelecerem relações simbióticas com fungos em líquenes (Metz *et al.*, 2019).

Tabela 4 – Resumo dos grupos taxonómicos principais de microalgas identificados nas amostras em resultado da análise filogenética da sequência do gene 16S rDNA de plastídios tendo por base o DNA metagenómico, com indicação da distribuição por grupos taxonómicos de acordo com a hierarquia taxonómica filo > família > género, e das amostras onde foram encontrados

Grupo microbiano/ domínio filogenético	**Filo**	**Família**	**Género**	**Amostra(s) onde foi identificado ***				
Microalgas / *Eukarya*	• *Chlorophyta*	*Trebouxiaceae*	*Trebouxia*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
			Pabia	1		3		5
			Asterochloris	1	2	3		5
			Myrmecia	1				5
			Heveochlorella	1				**5**
		Prasiolaceae	*Prasiola*		2	3	4	5
			Stichococcus	1		3	4	

* Os casos indicados correspondem a unidades taxonómicas operacionais com representação superior a 1%; números a negrito significa representação > 5% na amostra correspondente

4. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou diferentes técnicas para complementar a análise visual da colonização biológica em ETICS, através do estudo de edifícios revestidos por ETICS e localizados num bairro de habitação social em Lisboa.

A análise visual evidenciou que as 56 fachadas analisadas apresentam principalmente descasque da camada de acabamento (26% das fachadas), eflorescências (15%), fissuração (4%) e manchas de oxidação (5%). Adicionalmente, foram detetadas manchas possivelmente de origem biológica em todas as fachadas, com uma maior concentração nas fachadas viradas a norte.

O estudo microbiológico confirmou a presença de biocolonizadores em todas as amostras analisadas nomeadamente 6 tipos diferentes de fungos cultiváveis (nomeadamente, 2 leveduras e 4 fungos filamentosos, tendo um dos isolados mais predominantes sido identificado como pertencente possivelmente à família ***Didymellaceae***, e outro sido classificado no género ***Cladosporium***), e numerosas espécies de bactéricas heterotróficas. A análise filogenética com base no DNA metagenómico permitiu reconhecer a presença de espécies bacterianas pertencentes a 13 famílias de cinco filos principais (***Proteobacteria***, ***Bacteroides***, ***Actinobacteria***, ***Thermi*** e ***Cyanobacteria***) assim como grupos de microalgas fotossimbióticas (associadas a líquenes), em quase todas as amostras. O estudo microbiológico parece sugerir a existência de algumas diferenças em termos de abundância e composição das comunidades microbianas (principalmente fungos cultiváveis e bactérias) entre os dois tipos de soluções de ETICS.

Este artigo confirma que a análise visual (e relativa ficha de inspeção) de fachadas acabadas com sistemas ETICS é insuficiente para uma boa caracterização da biocolonização biológica, o que dificulta a escolha de produtos

adequados de remoção e proteção. No entanto, pode ser implementada com análises microbiológicas mais avançadas, que permitam identificar os vários biocolonizadores e que podem ser úteis, em determinadas situações. Através desta caracterização ao nível da investigação, será também possível otimizar futuras gerações de ETICS com biocidas mais seletivos e "amigos" do ambiente.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo financiamento do projeto WGB_Shield – Proteção de fachadas de edifícios na revitalização das cidades. Tripla-resistência à água, aos graffiti e à biocolonização em sistemas de isolamento térmico pelo exterior (PTDC/ECI-EGC/30681/2017), e pelo financiamento ao iBB (UIDB/04565/2020). Agradecimento ao Eng.º Luís Brás da Gebalis pela possibilidade de acesso ao caso de estudo.

REFERÊNCIAS

AMARO, B.; SARAIVA, D.; DE BRITO, J.; FLORES-COLEN, I., 2013 – **Inspection and diagnosis system of ETICS on walls**. *Construction and Building Materials*. 47, 1257-1267.

AMARO, B.; SARAIVA, D.; DE BRITO, J.; FLORES-COLEN, I., 2014 – **Statistical survey of the pathology, diagnosis and rehabilitation of ETICS in walls**. *Journal of Civil Engineering and Management*. 20 (4), 511-526.

ANDERSEN, B.; FRISVAD, J. C.; SØNDERGAARD, I. *et al*., 2011– **Associations between fungal species and water-damaged building materials**. *Applied and Environmental Microbiology*. 77 (12), 4180-4188.

ASTM D3274-95, 2002 – **Standard test method for evaluating degree of surface disfigurement of paint films by microbial (fungal or algal) growth or soil and dirt accumulation**. *The Annual Book of ASTM Standards*. pp. 1-4. *American Society for Testing and Materials*. West Conshohocken, United States.

BENSCH, K.; BRAUN, U.; GROENEWALD, J. Z.; CROUS, P.W., 2012 – **The genus *Cladosporium***. *Studies in Mycology*. 72, 1-401.

BRE – BUILDING RESEARCH ESTABILISHMENT, 1992 – **Control of lichens, moulds and similar growths**. *Concise Review of Building Technology*. Digest 370.

BÜCHLI, R. 2003 – **Microbiological growth on façades**. *2nd International Symposium on Building Pathology, Durability and Rehabilitation: Learning from Errors and Defects in Buildings, CIB/W086*. pp. 427-436. 6-8. Lisbon: LNEC.

CHEN, Q.; JIANG, J. R.; ZHANG, G.Z.; CAI, L.; CROUS, P. W., 2015 – **Resolving the *Phoma* enigma**. *Studies in Mycology*. 82, 137-217.

CHEW, M. Y. L., PING, T. P., 2003 – **Staining in facades**. Singapore: World Scientific Publishing.

D'ORAZIO, M.; CURSIO, G.; GRAZIANI, L. *et al*., 2014 – **Effects of water absorption and surface roughness on the bioreceptivity of ETICS compared to clay bricks**. *Building and Environment*.77, 20-28.

EU 528, 2014 – **Regulation N. 528/12 concerning the making available on the market and use of biocidal products**. *European Parliament and of the Council*. 22 May 2012, amended and corrected in 25 May 2014.

FERRARI, C.; SANTUNIONE, G.; LIBBRA, A. *et al*., 2015 – **Review of the influence of biological deterioration on the surface properties of building materials: organism, materials and methods**. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*. 10 (1), 21-39.

METZ, S., SINGER, D., DOMAIZON, I., UNREIN, F., LARA, E., 2019 – **Global distribution of *Trebouxiophyceae* diversity explored by high-throughput sequencing and phylogenetic approaches**. *Environmental Microbiology*. 21, 3885-3895

JOHANSSON, S.; WADSO, L.; SANDIN, K., 2005 – **Microbial growth on buildings facades with thin rendering on thermal insulation**. Ph.D. Thesis, Report TVBM-1029. Sweden: Division of Building Materials, University of Lund.

ROSADO, T., MIRÃO, J., CANDEIAS, A., CALDEIRA, A. T., 2014 – **Microbial communities analysis assessed by pyrosequencing – a new approach applied to conservation state studies of mural paintings**. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 406 (3), 888-895.

SEDLBAUER, K.; KRUS, M., FITZ, C.; KUNZEL, H. M., 2011 – **Reducing the risk of microbiological growth on insulated walls by PCM enhanced renders and IR reflecting paints**. *DBMC- International conference on durability of building materials and components*. pp. 93-99. 12-15 April, Porto, Portugal.

XIMENES, S.; DE BRITO, J.; GASPAR, P.L.; SILVA, A., 2015 – **Modelling the degradation and service life of ETICS in external walls**. *Materials and Structures*. 48, 2235-2249.

INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO NA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS: INTERVENÇÃO NUM EDIFÍCIO PÚBLICO

INSPECTION AND DIAGNOSIS IN BUILDINGS REHABILITATION: INTERVENTION IN A PUBLIC BUILDING





Maria João Falcão Silva [(1)], Paula Couto [(2)], Fernando Pinho [(3)]

(1) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, pcouto@lnec.pt
(3) CERIS, FCT-UNL, Portugal, ffp@fct.unl.pt

RESUMO

Numa fase inicial de um projeto de reabilitação dum edifício, ou até mesmo anteriormente à concretização do mesmo, é da maior importância realizar um estudo preliminar de reconhecimento e consequente análise de diagnóstico sobre as condições de conservação e segurança em que se encontra o edifício. Este processo deve ser realizado considerando os diferentes níveis, desde o tecido urbano envolvente, passando pelo edifício e até aos próprios elementos integrantes do mesmo. A recolha da informação sobre o edifício, juntamente com os dados obtidos da inspeção e do diagnóstico de anomalias, influenciam diretamente as propostas de intervenção, podendo em algumas situações alterar decisões que inicialmente faziam sentido ao gestor do ativo.

Neste artigo pretende-se abordar a temática da reabilitação de edifícios públicos, orientando o foco para o desenvolvimento de fichas de inspeção expeditas e facilitadoras da obtenção do diagnóstico de anomalias. Após a descrição do edifício objeto de estudo, é apresentada e justificada a elaboração das fichas de inspeção propostas, bem como o procedimento que permitiu analisar e diagnosticar as anomalias detetadas no edifício, de forma a definir as propostas de intervenção. As intervenções no edifício público selecionado englobam a consideração de diversos fatores, sendo que a análise dos referidos fatores apresenta uma visão "micro" para que se possa, a partir daí, fornecer informação "macro" ao agente decisor. Para finalizar referem-se as conclusões obtidas e ainda os desenvolvimentos futuros a considerar no âmbito do trabalho desenvolvido.

Palavras-chave: Reabilitação de Edifícios / Inspeção / Diagnóstico / Anomalias

1. INTRODUÇÃO

A conservação do património construído ainda não ocupa na atualidade o devido lugar na definição de prioridades dentro do setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). A reabilitação do património edificado, surge como uma oportunidade do setor se atualizar e adaptar em alinhamento com os modernos princípios de sustentabilidade (ICOMOS, 2003) (Pereira, 2005). De facto, quando se pretende realizar algum tipo de intervenção no edificado, designadamente em públicos, além das intervenções serem maioritariamente financiadas através de fundos públicos, surgem diversas opiniões dos intervenientes que podem ajudar a suportar a processo de tomada de decisão sobre a intervenção prioritária a realizar. O reconhecimento de um edifício de interesse público implica uma responsabilidade acrescida ao nível da conservação e/ou reabilitação dos mesmos (Paiva *et al.,* 2006).

Perante o cenário de intervir para reabilitar um edifício publico, pretende-se que as definições destas intervenções numa fase inicial sejam devidamente fundamentadas. Para tal, é necessário que seja realizada uma inspeção do edifício de forma a obter um diagnóstico que considere além das anomalias detetadas, a sua origem e a sua resolução (Cóias, 2004). O papel do diagnóstico das anomalias é, além do esperado, adicionar informação que será fundamental no processo de tomada de decisão acerca da sequência das intervenções prioritárias em determinado edifício público que apresenta determinadas características estruturais e funcionais (Barcelos, 2019).

O presente artigo aborda a temática da reabilitação de edifícios, com particular enfoque na inspeção e diagnóstico de anomalias. Neste sentido, numa primeira fase é enquadrada a tem ética, seguida da apresentação de uma proposta de um conjunto de fichas de inspeção, expeditas e facilitadoras da obtenção do diagnóstico de anomalias, desenvolvidas no âmbito de uma dissertação de mestrado para apoiar a decisão de intervir. Como caso de estudo é apresentado um edifício público existente, sendo explicitado o procedimento que permitiu analisar e diagnosticar as anomalias detetadas no edifício, de forma a perspetivar propostas de intervenção. Finaliza-se com as principais conclusões obtidas, perspetivando-se desenvolvimentos futuros do trabalho com vista à generalização de implementação das fichas de inspeção propostas.

2. ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL

2.1. Reabilitação de edifícios

Em Portugal tem-se observado um progressivo entendimento sobre a urgência e a necessidade de reabilitar. É sabido que no passado apenas as intervenções de restauro eram consideradas, tendo esta como alvo principal o património monumental de inestimável valor histórico. No nosso país raramente se observavam cuidados dedicados ao património num conceito mais amplo, isto é, considerando não só os monumentos, mas também o parque habitacional como parte de um todo, do património edificado português (Aguiar *et al*., 2011).

Atendendo à importância que na atualidade tem vindo a ser dada à conservação do património edificado cada vez mais importante o estudo sobre os edifícios antigos e as anomalias que podem surgir nos mesmos ao longo da sua vida útil. Numa fase inicial de um projeto de reabilitação, ou até mesmo na fase anterior à concretização do mesmo, afigura-se como da maior importância a realização de estudos preliminares de reconhecimento e análise de diagnóstico sobre as condições de conservação e segurança em que se encontra todo o edifício, incluindo a sua estrutura. Este processo deve ser realizado e implementado considerando diferentes níveis, que compreendem desde o tecido urbano até ao próprio edifícios e aos seus elementos constituintes (Barcelos, 2019).

Além de identificar as anomalias existentes (análise dos danos) e dos aspetos referidos anteriormente é também muito importante, na compreensão do edifício, proceder a uma análise histórica do mesmo para que se possam reabilitar ou recuperar alguns elementos decorativos que muitas vezes estão escondidos sob as camadas sucessivas de pintura, por paredes ou tetos falsos e por soalhos duplicados. A recolha desta informação juntamente com os dados obtidos da inspeção e do diagnóstico das anomalias vão influenciar diretamente as propostas de intervenção, podendo alterar algumas decisões que inicialmente faziam sentido (Paiva *et al.*, 2006).

Embora o estudo e diagnóstico possa ser efetuado tendo por base inspeções e ensaios, a verdade é que o seu principal suporte seja a observação direta. Realizar um diagnóstico em edifícios pode, por vezes, e consoante o número de intervenientes no processo, desencadear algumas divergências de opinião tornando o processo moroso e inconsistente (Appleton, 2011a).

Na reabilitação de edifícios públicos, e tendo em conta que na maioria das situações para financiar as operações de reabilitação a que estes são sujeitos ao longo do tempo, se torna necessário recorrer ao uso de fundos públicos, a tomada de decisão torna-se naturalmente complexa. Quando se pretende reabilitar um edifício público surgem várias opiniões sobre quais são as intervenções prioritárias e a forma como o investimento deve ser efetuado (Barcelos, 2019). Para apoiar a decisão de intervir, e de forma é que deverá ser efetuada a intervenção, afigura-se como da maior importância a existência de fichas de inspeção e diagnóstico de anomalias claras, objetivas, expeditas e facilitadoras.

2.2. Inspeção e diagnóstico

Numa fase inicial de um projeto de reabilitação é da maior importância realizar um estudo preliminar de reconhecimento e consequente análise de diagnóstico sobre as condições de conservação e segurança em que se encontra o edifício e a sua estrutura (Appleton, 2011a). Além de identificar as anomalias existentes (análise dos danos) é também da maior importância, na compreensão do edifício, proceder a uma análise histórica do mesmo para que se possam reabilitar ou recuperar alguns elementos decorativos que muitas vezes estão escondidos sob as camadas sucessivas de pintura, por paredes ou tetos falsos e por soalhos duplicados. A recolha desta informação juntamente com os dados obtidos da inspeção e do diagnóstico das anomalias vão influenciar as propostas de intervenção, podendo alterar algumas decisões (Paiva *et al.*, 2006).

Embora o estudo e diagnóstico possam ser feitos com base em inspeções e ensaios, a verdade é que o seu principal suporte tem que ser a observação direta (Aguiar *et al.*, 2011). O estudo de diagnóstico em edifícios que serão alvo de intervenções de reabilitação deve ser o ponto de partida pois é esse que fornece o retrato de "corpo inteiro" do mesmo. Só desta forma é possível obter um conhecimento profundo sobre o objeto que virá ser alvo de intervenção (Appleton, 2011a).

Realizar um diagnóstico em edifícios pode, por vezes, consoante o número de intervenientes no processo desencadear algumas divergências de opiniões tornando este procedimento moroso e, muitas vezes, inconsistente (Barcelos, 2019). Um diagnóstico pode ser efetuado por três vias (Appleton, 2002): i) empírica, que se baseia na inspeção visual e na experiência de quem inspeciona. Este tipo de avaliação, nos elementos dos edifícios, continua a ser o primeiro método utilizado que serve de apoio à decisão sobre a necessidade de se recomendarem intervenções (Flores-Colen, 2008); ii) científica, que se baseia no recurso a fórmulas matemáticas e físicas, à experimentação *in situ* ou em laboratório; iii) empírica + científica, que se baseia no recurso preliminar à experiência do observador prosseguindo pela utilização de meios complementares de diagnóstico.

A inspeção de um edifício, com o objetivo de avaliar o seu estado de conservação, deve incluir uma visão de conjunto, abrangendo todos os elementos construtivos que possam ser relevantes inspecionar, designadamente: i) no exterior (Coberturas, elementos de recolha de águas pluviais, paredes de fachada, vãos de portas e de janelas, revestimentos de parede, pavimentos, escadas); ii) no interior (Tectos – incluindo tetos falsos, paredes,

pisos, vão de portas e de janelas, escadas, envidraçados, eventuais decorações); iii) na estrutura (Pilares, vigas, lajes, paredes resistentes, fundações); iv) nos serviços (Abastecimento de água quente e fria, instalações de aquecimento, instalações elétricas, instalações de gás, instalações de esgoto, equipamentos contra incêndio) (Barcelos, 2019).

A insuficiência de conhecimento, quer da tecnologia construtiva tradicional, quer dos materiais constituintes e das falhas sistemáticas das construções antigas podem levar a que as ações de inspeção se tornem inadequadas levando a que não se atinjam os objetivos propostos da forma correta. Nesse sentido, a forma de inspecionar, realizar o registo e o diagnóstico de um edifício pode ser vista como a tarefa de maior complexidade e que maior impacto terá no sucesso ou fracasso da operação interventiva.

O conjunto de informação obtida durante a inspeção e diagnóstico possibilita uma total de perceção do edifício, funcionando como a base de partida para a definição das intervenções que, em primeira análise, se destinam a eliminar anomalias e as suas causas, e se possível estancando o processo de degradação do edifício (Appleton, 2011b). Na maioria das situações a confirmação de um diagnostico só é verificada *a posteriori*, ou seja: quando a eliminação das causas provenientes da patologia corresponda o desaparecimento, ou a paragem, da progressão dos seus efeitos (Aguiar *et al.*, 2011).

2.3. Estratégias de intervenção

A eventualidade de intervir em edifícios antigos pode realizar-se a distintos níveis, consoante os pressupostos que a impõem e condicionam. É importante referir que a conservação contempla que para prologar o período de vida de determinado edifício deve, em primeiro lugar, proceder-se a intervenções periódicas de manutenção pois são estas que previnem a degradação dos seus constituintes. A prevenção das anomalias é sempre o melhor caminho (Appleton, 2011b). As intervenções empreendidas ao longo da vida útil do edificado não impedem o envelhecimento dos materiais ou até dos edifícios, tendo sim a finalidade de retardar a degradação, ao mesmo tempo que prolongam a vida útil dos elementos construtivos (Barcelos, 2019).

É recorrente que as intervenções possam servir como motivo de ir mais além de simplesmente reparar ou manter determinado elemento. Se possível, deve reforçar-se ou até mesmo melhorar as características de elementos construtivos ou do edifício no seu todo quer seja por incremento do conforto, da segurança ou por imposições legais associadas à alteração da utilização de determinado edifício. Em suma, a reabilitação de edifícios pressupõe que, independentemente da razão que originou qualquer intervenção com intuito de reparar uma anomalia construtiva, deva existir sempre a intenção de melhorar o seu desempenho parcial ou global, elevando assim os níveis de qualidade. Em situação alguma se deve permitir que os resultados das intervenções de reabilitação reduzam a qualidade funcional, construtiva e arquitetónica preexistente (Aguiar *et al.*, 2011).

Para que a estratégia de intervenção seja delineada da melhor forma, além do levantamento e estudo de diagnóstico devem ser considerados determinados aspetos na forma como se aborda uma intervenção de reabilitação. Relativamente à conceção do projeto de reabilitação os projetistas devem considerar como condição do seu próprio trabalho o facto de estarem a trabalhar sobre um edifício que pode eventualmente carregar além parte da história da construção poderá carregar também uma parte da História (Appleton, 2011a).

A forma como as intervenções decorrem pode ter um fundamento e até fazerem sentido na altura em que são efetuadas, no entanto estas intervenções e os materiais utilizados nas mesmas devem assegurar que no futuro seja possível que as gerações vindouras possam retroceder a ultima intervenção de maneira a que se regresse ao ponto de partida, não pondo em causa a questão cultural, social e patrimonial (Leitão, 2016).

A definição das estratégias de intervenção obriga, de uma maneira geral, a encontrar um equilíbrio constante entre as diferentes fases (análise e diagnóstico, projeto e execução), uma vez que é vantajoso do ponto de vista económico e na duração do desenvolvimento de todas as operações (Paiva *et al.*, 2006).

3. CASO ESTUDO: REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIO PÚBLICO

3.1. Descrição geral

O edifício objeto de estudo (Figura 1), inaugurado a 19 de dezembro de 1966, integra uma instituição pública de investigação e desenvolvimento científico classificada, em 2012, como Monumento de Interesse Público (MIP). Trata-se de um edifício construído para acolher os serviços de apoio social dos trabalhadores da instituição.



Figura 1 – Edifício estudado: a) Localização; b) perspetiva geral; c) planta (Barcelos, 2019)

Trata-se de um edifício composto por 3 blocos, que apesar de possuírem entradas independentes se encontram ligados interiormente. No bloco mais a Norte, encontra-se a ala do edifício concebida para servir de Centro de Acolhimento. O bloco central foi projetado com vista à instalação de um serviço de refeições destinado aos funcionários. O bloco situado mais a Sul alberga o posto médico e serviços administrativos no piso térreo e as zonas destinadas ao convívio dos trabalhadores no 1.º piso. A estrutura do edifício combina betão armado, alvenaria de tijolo e betão ciclópico. Os revestimentos compreendem peças de cerâmica e madeiras exóticas (Barcelos, 2019).

3.2. Inspeção e Diagnóstico

Considerando que se trata de intervenções sobre um edifício inserido num MIP cujo a proteção e valorização representa um valor cultural de importância nacional, deve proceder-se de forma rigorosa recorrendo, se necessário, a técnicas de ensaio preferencialmente não destrutivas. A utilização de fichas de inspeção é uma das ferramentas utilizadas recorrentemente em muitos trabalhos onde se pretende avaliar o estado de conservação de edifícios. A inspeção do edifício estudado foi realizada recorrendo a um levantamento fotográfico exaustivo e ao preenchimento de oito fichas de inspeção e diagnóstico (Barcelos, 2019), desenvolvidas tendo por base outros documentos análogos desenvolvidos anteriormente (Cóias, 2006; Vicente, Mendes da Silva, Varum *et al.*, 2010; Vilhena, 2011).

As fichas propostas e adotadas, no âmbito do caso de estudo, permitem identificar o edifício (tipologia e configuração) e categorizar, de uma forma expedita, os diferentes elementos constituintes do edifício e respetivas características (materiais, sistema construtivo, estado de conservação), encontrando-se estruturadas consoante o elemento ou componente inspecionado, tendo sido organizadas de forma hierárquica e divididas em diferentes categorias (Barcelos, 2019): i) Ficha A – Identificação do Edifício; ii) Fichas B – Elementos não estruturais (B1 – coberturas, B2 – paredes de fachada, B3 – pavimentos, B4 – paredes interiores/ caixilharia/tetos); iii) Ficha C – Segurança e Qualidade da Estrutura; iv) Ficha D – Conforto; v) Ficha E – Instalações.

A possibilidade de incorporar informação detalhada sobre o edifício (Figura 2) foi a principal razão de elaboração das fichas, tendo as mesmas permitido validar quais as principais características e limitações do tipo de edifício em que se pretende operar, permitindo proceder para uma inspeção mais detalhada ao nível das anomalias propriamente ditas, caso se verifique ser necessário. Para uma melhor compreensão das anomalias detetadas procedeu-se ao preenchimento de uma Ficha de Anomalia para cada uma das anomalias identificadas na

inspeção onde se compilou a informação relevante. Apresentam-se na Figura 3 a Figura 5 alguns exemplos de preenchimento de cada uma das fichas propostas para o edifício objeto do estudo.



Figura 2 – Ficha A – Identificação do edifício em estudo (Barcelos, 2019)

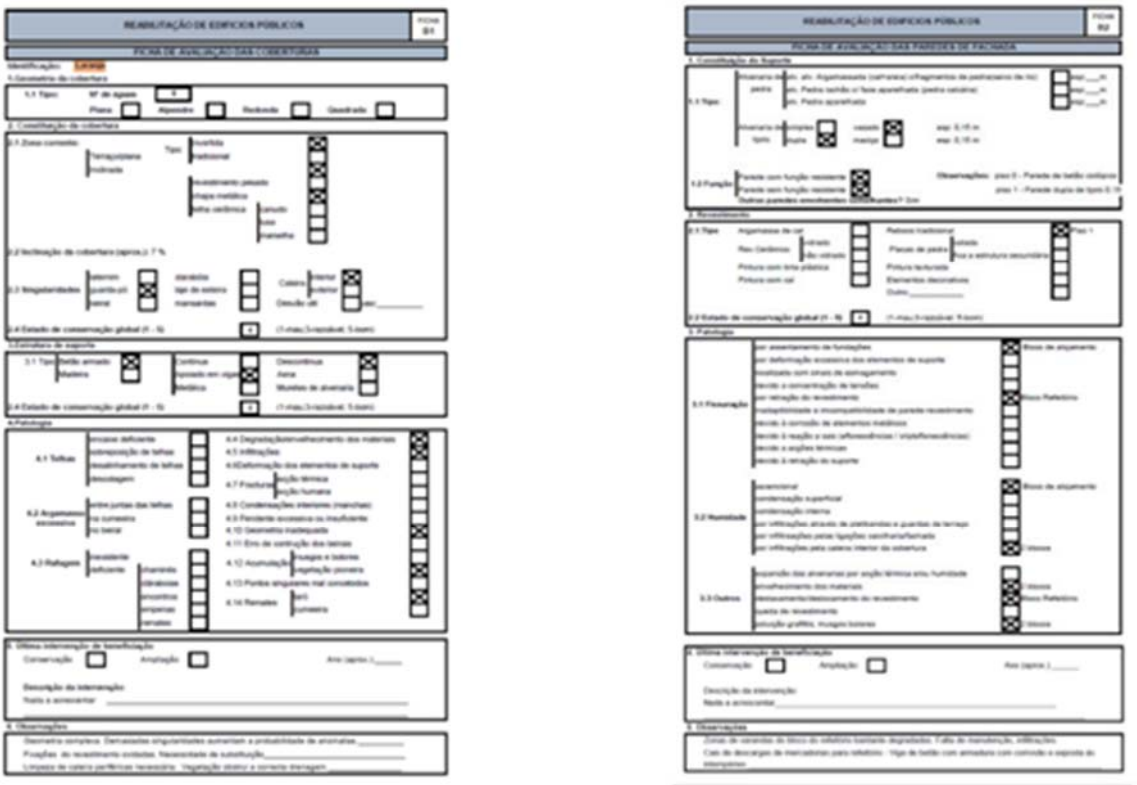


Figura 3 – a) Avaliação de Coberturas (Ficha B1); b) Avaliação de Paredes de fachada (Ficha B2) (Barcelos, 2019)

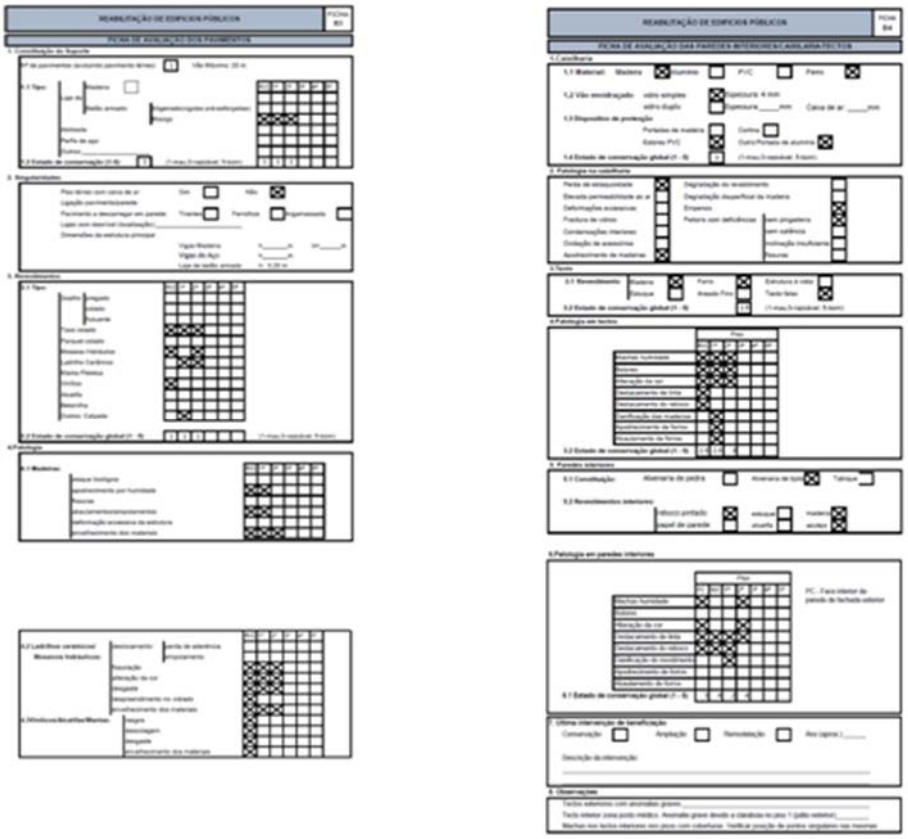


Figura 4 – a) Avaliação de Pavimentos (Ficha B3); b) Avaliação de paredes interiores/caixilharia/tetos (Ficha C) (Barcelos, 2019)

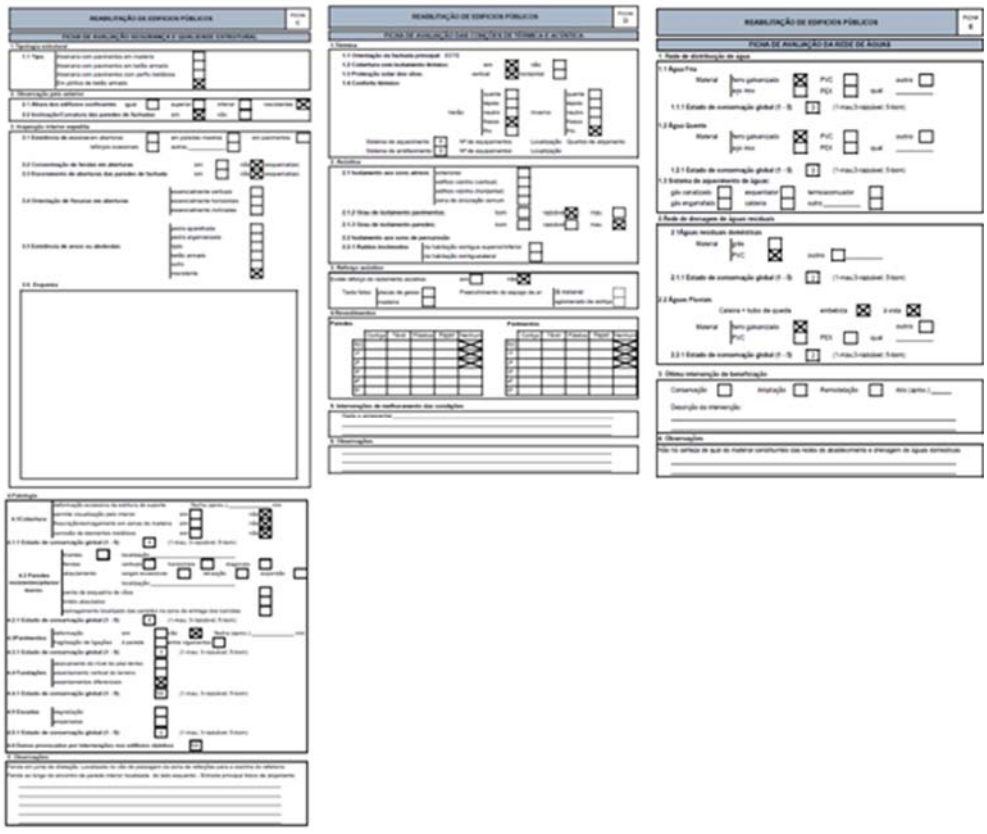


Figura 5 – a) Qualidade e segurança do sistema estrutural (Ficha C); b) Conforto (Ficha D); c) Instalações (Ficha E) (Barcelos, 2019)

Com vista a identificar os pisos e elementos mais suscetíveis a fenómenos de degradação, considerou-se importante considerar a cave, por se encontrar enterrada; o terceiro piso, por ser o último piso do edifício e, portanto, se encontrar imediatamente sob a cobertura, e a própria cobertura. A inspeção do edifício foi efetuada de cima para baixo, sendo o primeiro elemento observado a cobertura seguido do piso por baixo da mesma e por fim a cave. É importante não esquecer que em determinadas circunstâncias as anomalias identificadas nos pisos inferiores poderão ser consequência de anomalias observadas na cobertura. Após concluída a fase inicial da inspeção, procedeu-se à etapa de avaliação com mais detalhe, com recurso à "Fichas de Anomalia", das características particulares de cada uma das anomalias identificadas. No preenchimento da referida ficha, para além do levantamento fotográfico da anomalia (pormenor construtivo e localização no edifício) foi identificado o elemento em que esta foi detetada, os materiais constituintes e o sistema construtivo que estes constituem. Nas fichas foram incluídos três (3) parâmetros de classificação a respeito da "Urgência de reparação", "Extensão da Intervenção" e "Complexidade da Intervenção" que permitem pontuar de forma quantitativa consoante as mesmas características as anomalias observadas. Esta classificação foi introduzida na ficha com o intuito de ser utilizada posteriormente em processos qualitativo de Análise Multicritério (BARCELOS; 2019). Apresentam-se a título de exemplo algumas fichas de anomalias obtidas por via da inspeção e diagnóstico efetuados ao edifício estudado (Figura 6 a Figura 7).

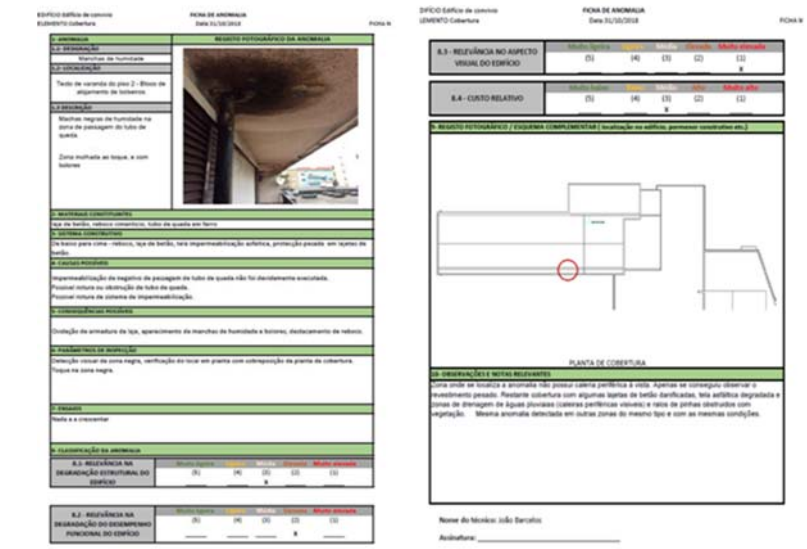


Figura 6 – Ficha de anomalia – Manchas de humidade (Barcelos, 2019)

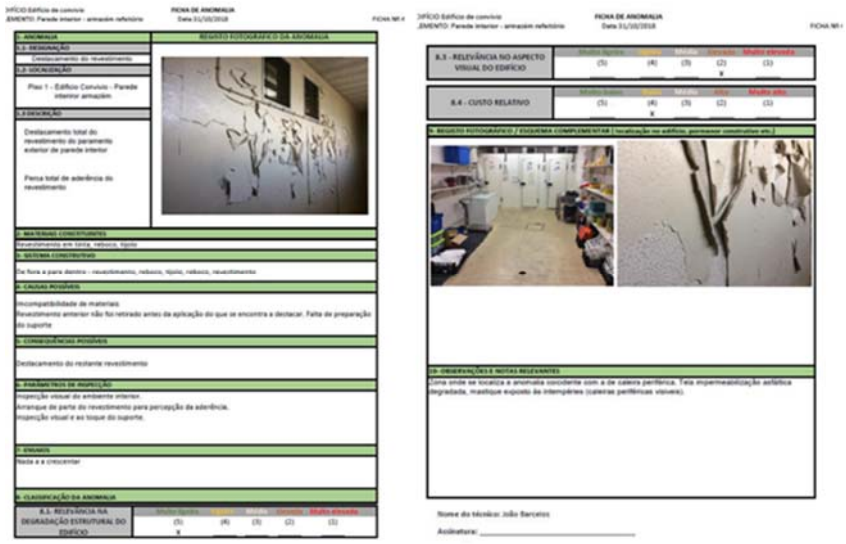


Figura 7 – Ficha de anomalia – Destacamento de revestimento (Barcelos, 2019)

3.3. Estratégias de intervenção

As intervenções de reabilitação, resultantes da inspeção, englobam, de forma geral, ações de reparação e/ou de melhoria das condições observadas em determinados elementos ou zonas do edifício. O grau de intervenção varia consoante o nível de melhoramento das exigências funcionais e/ou estruturais que o edificado adquiriu após a ocorrência de qualquer tipo de intervenção. Os níveis de intervenção englobam também a complexidade e extensão das operações necessária para atingir os objetivos propostos aquando da decisão de intervenção. No preenchimento das fichas de inspeção para além do levantamento fotográfico da anomalia foi registado o elemento em que foi detetada, os materiais constituintes e o sistema construtivo. Muito embora ainda que de forma preliminar registaram-se, no local da inspeção, as possíveis causas e consequências das anomalias tendo sido atribuída a uma classificação por níveis de intervenção (1-ligeira, 2-média, 3-profunda e 4-excecional). Considerando a escala de níveis de intervenção indicada e, tendo em conta as estratégias propostas, torna-se possível estabelecer uma relação entre estas e os diferentes níveis de reabilitação. Após identificadas quais as situações mais problemáticas do edifício e decididas quais as propostas de intervenção que cumprirão os objetivos, foi necessário analisar qual a prioridade que deve ser dada ao conjunto de intervenções. Atendendo ao estado atual do edifício estudado propõem-se, para análise e possível adoção, cinco intervenções possíveis – IR (Barcelos, 2019): i) Reposição de revestimento de parede interior – IR1; ii) melhoramento das condições de ventilação - IR2; iii) reparação de impermeabilização (tubo de queda) – IR3; iv) reparação de junta dilatação – IR4; v) reparação de viga e correção de impermeabilização – IR5.

Relativamente a IR1, o procedimento de intervenção compreende: i) remoção total do revestimento que se encontra destacado; ii) lavagem do suporte e respetiva secagem adequada; iii) aplicação de revestimento com a mesmas características do que o original. No que se refere a IR2 o procedimento de intervenção compreende: i) lavagem de superfícies com produto anti fungos (por exemplo lixivia); ii) remoção de revestimento em zonas onde este se possa encontrar destacado; iii) aplicação de revestimento com propriedades anti fungos após correta secagem de suporte; iv) reparação de equipamento de ventilação forçada; v) ação de sensibilização para a necessidade de ventilação do espaço. O procedimento para IR3 compreende: i) remoção de vegetação presente na caleira periférica; ii) remoção do sistema de impermeabilização junto do tubo de queda; iii) aplicação de 1.ª camada de tela de impermeabilização; iv) inserção de bocal em PVC no tubo de queda com comprimento suficientemente longo para cobrir toda a área de laje; v) aplicação de 2.ª camada de tela impermeabilização sobre o bocal; vi) inserção de ralo de pinha; vii) lavagem de teto; viii) reparação de zonas destacadas; ix) aplicação de revestimento conforme o original. A estratégia IR4 compreende i) remoção de tela de impermeabilização degradada na zona da junta de dilatação; ii) remoção de cordão de enchimento degradado; iii) limpeza de suporte; iv) aplicação de cordão de polietileno com remate à face do suporte; v) selagem de junta por enchimento com resina epóxi; vi) reposição de tela de impermeabilização. Finalmente, no que se refere a IR5 o procedimento para correção da anomalia associada compreende: i) remoção de terra e vegetação de floreira localizada no pátio interior localizado no piso superior; ii) substituição total do sistema de impermeabilização da floreira; iii) substituição de claraboia danificada; iv) aplicação de mástique na zona de fixações inoxidáveis; v) remoção das áreas destacadas da zona da viga; vi) aplicação de argamassa cimentícia nas zonas destacadas (após secagem da mesma zona); vii) aplicação de revestimento na viga de acordo com o existente no restante compartimento.

Além da análise técnica que deve ser considerada para ajudar a fundamentar intervenções de reabilitação em edifícios públicos, é também importante converter a informação recolhida da inspeção de forma a simplificar a análise e ponderação no processo de tomada decisão. Neste sentido, deve ser considerada a hipótese de os intervenientes no processo de decisão não se encontrarem familiarizados com alguma da terminologia técnica usada, e, uma vez, criadas as vias de transmissão da informação de forma simplificada e direta o processo acaba por estar facilitado. Considerando a escala de níveis de intervenção e tendo em conta as estratégias de intervenção consideradas, torna-se possível estabelecer uma relação com os diferentes níveis de reabilitação (Quadro 1).

Quadro 1 – Relação entre estratégias de intervenção com os diferentes níveis de reabilitação (Barcelos, 2019)

	IR1	IR2	IR3	IR4	IR5
Nível 1 Reabilitação ligeira	x				
Nível 2 Reabilitação média	x	x			
Nível 3 Reabilitação profunda	x	x	x	x	x
Nível 4 Reabilitação Excepcional					

Como exemplo, regista-se que, para que o nível de reabilitação seja considerado como Reabilitação Ligeira (Nível 1), se considera apenas a intervenção relacionada com a anomalia observada no revestimento de parede interior. Em oposição, perante as anomalias detetadas e após diagnóstico, admitindo que poderão ser postas em prática as cinco (5) intervenções de reabilitação identificadas em simultâneo, considera-se que o nível máximo de reabilitação a que o edifício estudado poderá estar sujeito é o de Reabilitação Profunda (Nível 3). No âmbito do estudo efetuado, e tendo em conta as anomalias identificadas no edifício e sua extensão, considera-se que, no presente caso em particular, não será alcançado o nível de Reabilitação Excepcional (Nível 4).

4. CONCLUSÕES

Depois de décadas de abandono e degradação, durante as quais as políticas públicas promoveram desenfreadamente a construção nova em detrimento da reabilitação, o rejuvenescimento e a reabilitação dos centros urbanos e dos edifícios públicos passou a ser uma prioridade política dos governos mais recentes. De facto, a conservação do património edificado tem vindo a tornar-se uma preocupação cada vez maior na atualidade. Tratando-se de património classificado são diversos os fatores e os interesses associados nas intervenções de conservação e/ou reabilitação. A reabilitação é um processo de criação de valor e de renovação da competitividade, potenciando de forma inequívoca o desenvolvimento. Os efeitos de uma boa estratégia e política de conservação e reabilitação urbana não atingirão apenas os aspetos de melhoria das condições de habitabilidade e conforto do edificado, mas terão também inúmeros impactos económico-sociais, salientando-se: i) a criação de polos de atividade cultural; ii) a atração de novos residentes, iii) a revitalização dos espaços envolventes; iv) promoção da sustentabilidade.

Em resultado da avaliação circunstanciada ao edifício objeto de estudo pôde concluir-se que este apresentava uma degradação muito considerável em resultado da fraca manutenção empreendida pela entidade gestora do ativo ao longo dos anos, tendo-se também revelado desatualizado relativamente às exigências atuais. Constatou-se ainda que as infraestruturas gerais também não se encontram em conformidade com a regulamentação técnica atual. Os principais problemas detetados foram: i) manchas de humidade; ii) infiltrações; iii) destacamento de revestimento; iv) condensações interiores. A falta de ventilação é comum a muitas zonas do edifício, por essa razão será necessário melhorar a qualidade do ar interior, para que se possa melhorar o comportamento térmico sem criar mais condensações. Em suma, as fichas de inspeção técnica propostas e utilizadas no edifício em estudo mostraram-se de grande utilidade prática na medida em que permitiram a recolha de toda a informação necessária e a disponibilização de uma avaliação global e de pormenor do estado de conservação dos compartimentos interiores bem como dos materiais de revestimento dos mesmos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os contributos do Eng.º João Barcelos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, J., CABRITA, A., APPLETON, J., 2002 – **Guião de apoio à reabilitação de edifícios habitacionais**. Lisboa: LNEC. ISBN 9789724917269 (2 volumes).

APPLETON, J., 2002 – **Estudos de diagnóstico em edifícios. Da experiência à ciência. A intervenção no património**. Práticas de Conservação e Reabilitação. Porto: FEUP.

APPLETON, J., 2011a – **Reabilitação de edifícios antigos: patologias e tecnologias de intervenção**. Lisboa: Editora Orion. 2.ª Edição. ISBN: 9789728620035.

APPLETON, J., 2011b – **A sustentabilidade nos projetos de reabilitação de edifícios**. ENEC 2011 – Encontro Nacional de Engenharia Civil. Porto: FEUP.

BARCELOS, J., 2019 – **Análise multicritério na reabilitação de edifícios - apoio à decisão na intervenção num edifício de interesse público**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: FCT-UNL.

CÓIAS, V., 2004 – **Guia prático para a conservação de imóveis**. Lisboa: Publicações Dom Quixote. ISBN 972-20-2184-2.

CÓIAS, V., 2006 – **Inspecções e ensaios na reabilitação de edifícios**. Lisboa: IST Press. ISBN 972-8469-53-5.

FLORES-COLEN, I., 2008 – **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva**. Tese de Doutoramento. Lisboa: IST.

ICOMOS, 2003 **– Principles for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage**. Ratified by the ICOMOS 14th General Assembly. Victoria Falls, Zimbabwe.

LEITÃO, D., 2016 – **A reversibilidade como metodologia na reabilitação do património edificado: Quinta de Ermelo, Ancede, Baião**. Dissertação de Mestrado. Vila Nova de Famalicão: Universidade Lusíada.

MORETTINI, R., 2012 – **Tecnologias construtivas para a reabilitação de edifícios: tomada de decisão para uma reabilitação sustentável**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo.

PAIVA, J., AGUIAR, J., PINHO, A., 2006 – **Guia técnico de reabilitação habitacional**. Lisboa: INH e LNEC. ISBN: 978-972-492081-8.

PEREIRA, S., 2005 – **Manual de reabilitação, entendimento, sensibilização e divulgação das intervenções no centro histórico**. Prova Final da Licenciatura em Arquitetura. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

VICENTE, R., MENDES DA SILVA, J, VARUM, H., COSTA, A., 2010 – **Avaliação da vulnerabilidade sísmica do núcleo urbano antigo do Seixal**. Livro de Atas da Conferência Nacional – 8.º Congresso de Sismologia e Engenharia Sísmica – SÍSMICA 2010. Aveiro: Universidade de Aveiro.

VILHENA, A. 2011 – **Método de avaliação do estado de conservação de edifícios. Análise e contributos para o seu aperfeiçoamento e alargamento do âmbito**. Tese de Doutoramento. Lisboa: IST.

NÓS DE BETÃO ARMADO PARA PÓRTICOS DE ESTRUTURAS DE MADEIRA – ESTUDO NUMÉRICO E COMPUTACIONAL

REINFORCED CONCRETE JOINTS FOR TIMBER FRAMES STRUCTURES – NUMERICAL AND COMPUTATIONAL ANALYSIS





Aléxia Ribeiro [(1)], João Negrão [(2)], Alfredo Dias [(3)]

(1) Universidade de Coimbra, ISISE, Portugal, alexia.ribeiro@student.dec.uc.pt
(2) Universidade de Coimbra, Portugal, jhnegrao@dec.uc.pt
(3) Universidade de Coimbra, ISISE, Portugal, alfgdias@dec.uc.pt

RESUMO

A utilização de betão armado para a realização dos nós resistentes a momentos em estruturas de madeira é uma solução com grande potencial de aplicação e surpreendentemente pouco explorada. Em trabalhos anteriores dos autores, foram produzidos e ensaiados protótipos deste tipo de ligação com resultados promissores. Presentemente, está em curso um estudo alargado, visando a caraterização mais sistemática deste tipo de ligação e a identificação das suas potencialidades e limitações. Numa primeira fase, são desenvolvidos modelos de elementos finitos, começa-se com um modelo bidimensional isotrópico linear e os modelos são sucessivamente aperfeiçoados pela introdução de alterações que os aproximam do comportamento real, como a consideração da ortotropia da madeira, análise geometricamente não-linear e tridimensional. Os resultados destinam-se a comparação com os proporcionados por modelos simples baseados nas habituais hipóteses da Resistência de Materiais e também com resultados experimentais que serão obtidos em campanhas de ensaios a realizar futuramente.

Palavras-chave: Nós de Pórtico / Madeira-Betão Armado / Varões Colados / Análise em Elementos Finitos

RESUMO ALARGADO

INTRODUÇÃO

O dimensionamento das conexões entre os elementos estruturais nas estruturas de madeira é uma das principais preocupações dos projetistas (RAMAGE *et al*., 2017). A conexão de canto, nomeadamente a ligação viga-pilar, é especialmente problemática porque precisa de transmitir tensões de flexão.

Negrão *et al.* (2016) propuseram uma conexão híbrida usando uma prótese de betão reforçada com varões de aço colados na coluna e na viga com cola epoxídica. O método mostrou-se de grande potencial, dessa forma, no presente estudo, é apresentada uma análise geral do comportamento mecânico desse tipo de junta por meio da modelação em elementos finitos.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS E MODELAÇÃO EM ELEMENTOS FINITOS

A geometria do pórtico e consequentemente da ligação, foi definida a partir da análise de seções transversais disponíveis no mercado e que atendessem a um vão livre de cerca de 10 m. Definida a seção, a quantidade de aço, comprimento de ancoragem (300 mm) e espaçamentos (36 mm) foram definidos respeitando o articulado da ENV 1995-2:1997 e de trabalhos desenvolvidos anteriormente (Negrão *et al*., 2014; Negrão *et al.,* 2016) sobre o nó de betão armado.

Com o objetivo de estudar o comportamento das tensões e deformações na condição mais importante para a ligação de um conjunto viga-pilar de madeira, o foco foi colocado na flexão. Adicionalmente, e para excluir, numa primeira fase, a interação momento-esforço transverso, o carregamento foi pensado de forma a produzir um estado de flexão pura. Considerou-se, então, um momento aplicado de 30 kN.m na extremidade da estrutura.

A modelação em elementos finitos foi realizada através do software comercial ABAQUS®, dividida em duas partes principais: um modelo 2D e um 3D e tem o objetivo de analisar o comportamento mecânico da ligação e a adequação do modelo computacional ao comportamento teórico apresentado anteriormente.

Ao todo, foram analisados 8 modelos entre bidimensional e tridimensional, isotrópico e com consideração de ortotropia da madeira, linear e com consideração de não linearidade geométrica. As combinações dessas considerações e referência do modelo usado para cada uma delas encontra-se na Tabela 2. A seu tempo, deverão ainda ser analisados modelos com não-linearidade material, que é fundamental para a análise de estado limite último.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com a metodologia simplificada de modelação com elementos finitos 2D em estado plano de tensão, mostraram-se suficientemente precisos para o estudo deste tipo de ligação comparando-se com a referência 3D, estes modelos afiguram-se viáveis para estas futuras análises com a inserção de características mais complexas do problema, no sentido de conseguirem descrever o campo de tensões com um esforço computacional menor.

A consideração da ortotropia da madeira nos modelos, faz com que a de distribuição de tensões seja modificado consideravelmente, sendo necessária a sua consideração para representar o desempenho geral da ligação.

Nota

Artigo completo publicado no número temático: Reabilitação Estrutural de Edifícios da série III da RPEE – *Revista*

Portuguesa de Engenharia de Estruturas (consultar em: http://rpee.lnec.pt/Ficheiros/rpee_serieIII_n13/rpee_sIII_n13.pdf?fbclid=IwAR2MgK8BhCDKZfHxFsIXZu_NcfWR_KObWxgcrD5ls5b_mSLJknwYk2MFmlw).

REFERÊNCIAS

ABAQUS, 2014 – **Users, theory and scripting manuals**. Providence, RI, USA: ABAQUS, Inc., Dassault Systèmes Simulia Corp.

ENV 1995-2:1997 – **Eurocode 5: Design of timber structures. Part 2: bridges**. CEN: Brussels.

NEGRÃO, J. *et al.* – **Numerical and experimental study of small-scale moment-resistant reinforced concrete joints for timber frames**. *Construction and Building Materials*. v.118, p.89-103, 2016.

NEGRÃO, J.; FARIA, A., 2009 – **Projecto de estruturas de madeira**. Porto: Publindústria.

RAMAGE, M. H. *et al.*, 2017– **The wood from the trees: the use of timber in construction.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. v.68, p.333-359.

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA AO INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS EXISTENTES. DESCRIÇÃO DO MÉTODO ARICA:2019

EVALUATION OF FIRE SAFETY IN EXISTING BUILDINGS. DESCRIPTION OF THE ARICA METHOD: 2019

António Leça Coelho [(1)], João Branco Pedro [(2)], Tiago Ferreira [(3)], Marta Vicente [(4)]

(1) LNEC, Portugal, alcoelho@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, jpedro@lnec.pt
(3) Institute for Science and Inovation for Bio-Sustainability (IB-S), tmferreira@civil.uminho.pt
(4) LNEC, Portugal, magvicente@lnec.ptes

RESUMO

O Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho, estabeleceu o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas. No domínio da segurança ao incêndio (SI), este diploma veio clarificar as situações em que é possível recorrer à aplicação métodos de verificação de SI alternativos, previstos no Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, através da redação conferida pelo Decreto-Lei n.º 224/2015, de 9 de outubro. Para o efeito, foi alterado o artigo 14.º-A do Decreto-Lei n.º 220/2008, ficando consagrado que: (i) pode ser dispensada a aplicação de algumas disposições da regulamentação de SI quando a sua aplicação seja manifestamente desproporcionada; e (ii) cabe ao projetista determinar as medidas a implementar, recorrendo a métodos de análise das condições de SI ou métodos de análise de risco, reconhecidos pela ANEPC ou por método a publicar pelo LNEC.

Neste enquadramento, o LNEC publicou o "ARICA:2019 – Método de avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes". O método é uma evolução do ARICA originalmente desenvolvido no LNEC em 2004 e 2005. A nova versão resultou de uma reformulação que transformou o método original, vocacionado para a análise do risco de incêndio em centros urbanos antigos, num método de avaliação das condições de SI de edifícios existente que permite analisar soluções de projeto.

O ARICA:2019 permite agilizar o processo de projeto de SI e ajudar o projetista a encontrar soluções de SI adequadas a cada caso. Permite também conciliar a garantia de um adequado nível de SI com a mitigação dos condicionalismos impostos pelas caraterísticas dos edifícios reabilitados.

Com esta comunicação pretende-se contribuir para a disseminação do método e a sua adequada compreensão.

Palavras-chave: Segurança ao Incêndio / Edifícios Existentes / Reabilitação / Arica:2019

1. INTRODUÇÃO

O Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho, estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas. Nele são definidos os princípios fundamentais que todas as operações de reabilitação devem cumprir, visando conciliar a melhoria das condições de habitabilidade com uma resposta adequada com respeito pela preexistência e pela sustentabilidade ambiental.

No domínio da segurança ao incêndio (SI), o Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, através da redação conferida pelo Decreto-Lei n.º 224/2015, de 9 de outubro, já previa a possibilidade de aplicar, às intervenções em edifícios existentes, métodos de verificação de SI alternativos.

O Decreto-Lei n.º 95/2019 veio clarificar as situações em que é possível recorrer à aplicação desses métodos. Para o efeito, alterou o artigo 14.º-A do Decreto Lei n.º 220/2008, ficando consagrado que: (i) pode ser dispensada a aplicação de algumas disposições da regulamentação de segurança ao incêndio quando a sua aplicação seja manifestamente desproporcionada, ao abrigo dos princípios previstos no Decreto-Lei n.º 95/2019, mediante decisão da entidade competente para a apreciação do projeto de SI em edifícios; e (ii) cabe ao projetista determinar as medidas de SI a implementar no edifício, com fundamentação adequada na memória descritiva do projeto de segurança contra incêndio, recorrendo a métodos de análise das condições de segurança contra incêndio ou métodos de análise de risco, reconhecidos pela ANEPC ou por método a publicar pelo LNEC.

Para concretizar o previsto no referido artigo, o LNEC publicou o método ARICA:2019 através do relatório LNEC 327/2019 – DED/NUT.

A determinação das condições de SI de um edifício com base num método, independente da sua natureza, exige a existência de um referencial estabilizado de modo a tornar possível a comparação entre os resultados obtidos a partir da aplicação do método e os estabelecidos nesse referencial.

No caso do ARICA:2019 o referencial é a regulamentação de SI que, em cada momento está em vigor. A aplicação desta regulamentação a um determinado edifício permite obter determinadas condições de SI que designamos de Limiar Mínimo de Segurança (LMS).

Assim, no ARICA:2019, o LMS corresponde à aplicação das exigências regulamentares consideradas fundamentais relativas à categoria de risco (CR) da utilização-tipo (UT) e dos locais de risco (LR), que irão ser objeto de intervenção.

Nesta comunicação apresenta-se uma síntese do método ARICA:2019, sendo abordadas as seguintes matérias: (i) âmbito de aplicação; (ii) definições; (iii) índice de segurança ao incêndio; (iv) fatores globais, fatores parciais e fatores; (v) intervenções-tipo previstas; (vi) valor mínimo do índice de segurança ao incêndio; (vii) aspetos complementares; e (viii) conclusões.

2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O âmbito de aplicação do ARICA:2019 corresponde ao estabelecido nos artigos 3.º e 14.º-A do Decreto-Lei n.º 220/2008, ficando, contudo, excluída a aplicação nas seguintes situações: (i) utilizações-tipo em que existam locais de risco com um efetivo superior a 199 pessoas; (ii) edifícios em que existam vias de evacuação cujo efetivo, para efeito da determinação da sua largura, seja superior a 500 pessoas no caso das horizontais e 1000 pessoas nas verticais; e (iii) reconstrução precedida de demolição integral do edifício pré-existente, mesmo que se mantenham as paredes exteriores.

No ARICA:2019 a determinação dos efetivos é feita de acordo com o definido na Portaria n.º 1532/2008, com a particularidade de para UT I (Habitacionais), também se ter definido o efetivo correspondente a cada tipologia, de acordo com o estabelecido no Quadro 1.

Quadro 1 – Efetivo em função da tipologia dos fogos da UT I

Efetivo por tipologia							
T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Tn
1	2	4	6	7	9	10	10+ (n-6) x2

3. DEFINIÇÕES

Com o objetivo de enquadrar e precisar a aplicação do ARICA:2019, houve necessidade de introduzir alguns conceitos não previstos na regulamentação vigente. Desses novos conceitos destaca-se o de área de intervenção (AI) e o de unidade de análise (UA).

A cada operação urbanística específica corresponde AI. Se no edifício estiverem a ocorrer, ao mesmo tempo, duas operações urbanísticas distintas, naturalmente que a cada uma delas corresponderá uma AI.

Para cada AI existe pelo menos uma UA por cada LR, podendo estas UA incorporar mais espaços do que aqueles que fazem parte da AI.

No exemplo da Figura 1, mesmo que a AI se limite ao LR assinalado, a UA integra, também, as vias que servem esse local mesmo que estas não sejam objeto de intervenção.

Aquela opção decorre do facto da segurança dos ocupantes desses locais estar, também, dependente da SI das referidas vias, pois esses ocupantes vão ter de as percorrer para atingir o exterior, ou um espaço de segurança equivalente.

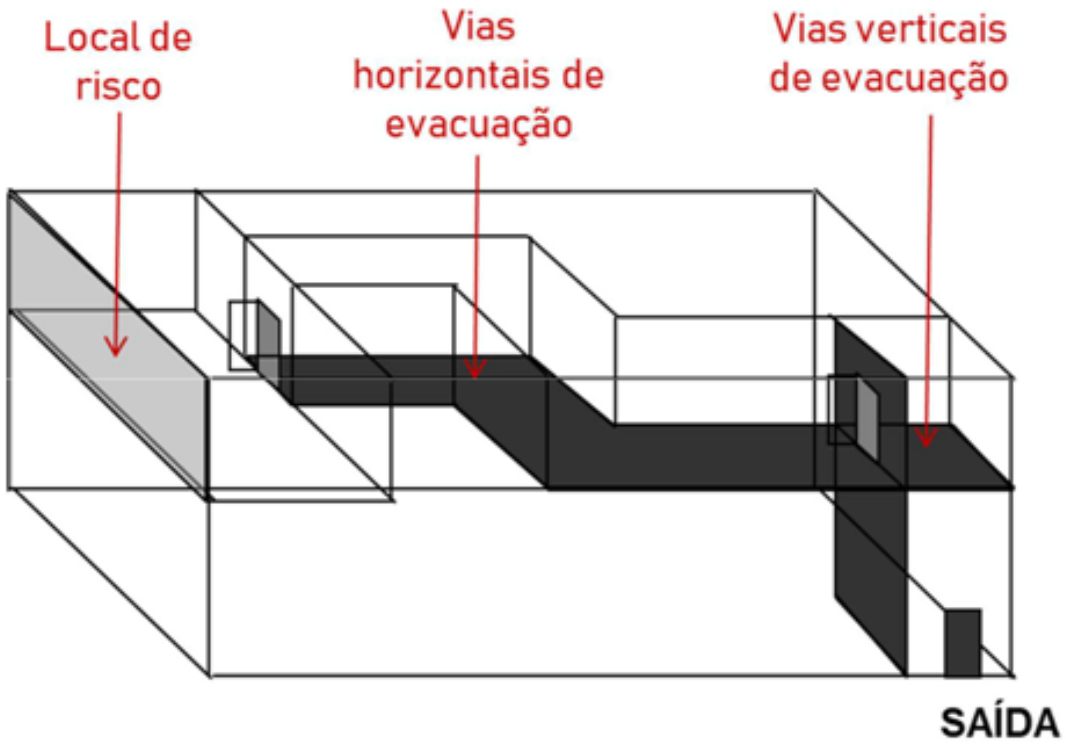


Figura 1 – Exemplo de UA completa

Esta opção pode, aparentemente, parecer demasiado penalizadora para intervenções de pequena profundidade, que se limitam aos locais, podendo o resultado final de segurança ser agravado pelas insuficientes condições de segurança das vias de evacuação.

Contudo, o ARICA:2019, através das condições de aplicação, descritas na secção 7 deste artigo, permite limitar esses efeitos, pois para intervenções de reduzida profundidade o grau de exigência do método é menor.

4. ÍNDICE DE SEGURANÇA AO INCÊNDIO

A aplicação do ARICA:2019 a uma dada intervenção tem como objetivo determinar o índice de SI (I_{SI}), o qual permite quantificar o nível de segurança e compará-lo com o estabelecido na regulamentação em vigor.

Uma AI pode ser constituída por uma, ou mais, UA, dependendo esse número do grau de profundidade da operação de reabilitação em causa.

Para cada uma das UA, os projetistas devem calcular o I_{SI}, recorrendo para isso à equação (1).

$$I_{SI,i} = Média\ (FG_{II,i}, FG_{DPI,i}, FG_{EE,i}, FG_{CI,i}) \quad (1)$$

em que:

$FG_{II,i}$ – Fator global relativo ao início de incêndio da UA de ordem i;

$FG_{DPI,i}$ – Fator global relativo ao desenvolvimento e propagação do incêndio da UA de ordem i;

$FG_{EE,i}$ – Fator global relativo à evacuação em caso de incêndio da UA de ordem i;

$FG_{CI,i}$ – Fator global relativo ao combate ao incêndio da UA de ordem i.

Se na AI existir mais do que uma UA, o I_{SI} associado a essa AI é calculado pela equação 2.

$$I_{SI} = Mínima\ (I_{Si,i}) \quad (2)$$

O valor do I_{SI} assume o seguinte significado:

$I_{SI} > 1{,}00$ – Nível de SI superior ao regulamentar;

$I_{SI} = 1{,}00$ – Nível de SI idêntico ao regulamentar;

$I_{SI} < 1{,}00$ – Nível de SI inferior ao regulamentar.

São admissíveis, em algumas circunstâncias, valores do I_{SI} inferiores a 1,00, de acordo com as condições expressas na secção 7 deste artigo.

5. FATORES GLOBAIS, FATORES PARCIAIS E FATORES

5.1. Fatores globais

Os fatores globais (FG) representam aspetos fundamentais da SI: (i) início do incêndio; (ii) desenvolvimento e propagação do incêndio; (iii) evacuação em caso de incêndio; e (iv) combate ao incêndio.

Cada um dos FG é constituído por fatores parciais (FP), cujo número é variável, conforme se pode observar na Figura 2.

O valor de cada um dos FG é obtido a partir de uma equação em que surgem como variáveis os FP que fazem parte desse fator global. Assim, por exemplo, para o FG_{II}, o seu valor é obtido com base na equação (3).

$$FG_{II} = Média\ (F_{CE}, F_{IT}) \quad (3)$$

em que:

F_{CE} – Fator parcial relativo às anomalias que podem provocar um incêndio;

F_{IT} – Fator parcial relativo às instalações técnicas.

5.2. Fatores parciais

Dos 19 FP que constituem o ARICA:2019, dois deles, o FP "Equipas de segurança" e o FP "Deteção, alerta e alarme de incêndio", estão associados a mais do que um FG.

Assim, o FP "Equipas de segurança" faz parte de 3 FG (desenvolvimento e propagação do incêndio, evacuação do edifício e combate ao incêndio), enquanto o FP "Deteção, alerta e alarme de incêndio" intervém em 2 FG (desenvolvimento e propagação do incêndio e evacuação do edifício), conforme se pode observar na Figura 2.

No caso das equipas de segurança, porque estão no edifício e têm uma formação especifica em SI, podem atuar ainda numa fase inicial do incêndio, influenciando decisivamente o seu desenvolvimento e propagação.

Quanto à evacuação é natural que essas equipas possam influenciar a forma como ela vai decorrer, fazendo respeitar o que está definido nos planos de emergência.

A ação dessas equipas pode, ainda, refletir-se no combate ao incêndio, não só devido à sua intervenção efetiva de combate logo no início, mas também devido ao fato de poderem transmitir um conjunto de informação aos bombeiros sobre o edifício e meios de segurança existentes, que pode ser extremamente útil.

O valor de cada um dos FP é obtido, nalguns casos, por consulta de tabelas que fazem parte do método e, noutros, calculado a partir de equações. Por exemplo, valor do fator parcial de isolamento e proteção das vias da evacuação F_{IPVE}, é calculado a partir da equação (4).

$$F_{IPVE} = \frac{1}{1+\left[\left(0{,}0087\times\left(\frac{ET_{REG}-ET_{EXIST}}{ET_{REG}}\right)+\frac{0{,}05}{ET_{REG}}\right)\right]\times 100} \quad (4)$$

em que:

ET_{REG} – Escalão de tempo exigido na regulamentação;

ET_{EXIST} – Escalão de tempo do elemento mais condicionante (i.e., aquele que apresenta menor escalão de resistência ao fogo).

5.3. Fatores

Os 32 fatores que fazem parte do ARICA:2019 estão distribuídos por 10 dos 19 FP, pois alguns destes não têm fatores, conforme se pode observar na Figura 2.

De modo idêntico ao que se verifica para os FP, também o valor dos diversos fatores está tabelado ou é calculado a partir de equações.

Fator global	*Fator parcial*	*Fator*
Início do incêndio		
	Anomalias que podem provocar um incêndio	
	Instalações técnicas	
		Instalações elétricas
		Instalações de gás
		Instalações de aquecimento – Centrais térmicas
		Instalações de aquecimento – Aparelhagem
		Instalações de confeção e conservação de alimentos
		Instalações de evacuação de efluentes de combustão
		Instalações de ventilação e condicionamento de ar
Desenvolvimento e propagação do incêndio		
	Materiais de revestimento do local de risco	
		Materiais de revestimento de paredes e tetos
		Materiais de revestimento de pavimentos
	Materiais de revestimento das vias de evacuação	
		Materiais de revestimento de paredes e tetos
		Materiais de revestimento de pavimentos
	Isolamento e proteção do local de risco	
	Compartimentação geral corta-fogo da AI	
	Isolamento e proteção entre UT distintas	
	Equipas de segurança	
	Deteção, alerta e alarme de incêndio	
	Propagação pelo exterior	
		Materiais de revestimento exteriores
		Afastamento de vãos das fachadas
Evacuação em caso de incêndio		
	Saídas do local de risco	
		Número de saídas do local de risco
		Largura total das saídas do local de risco
	Dimensões das vias horizontais de evacuação	
		Larguras dos vãos e das vias horizontais de evacuação
		Distâncias a percorrer nas vias horizontais de evacuação
	Dimensões das vias verticais de evacuação	
		Número de vias verticais de evacuação
		Larguras das vias verticais de evacuação
		Inclinação das vias verticais de evacuação
		Piso em que se encontra a unidade de análise
	Isolamento e proteção das vias de evacuação	
	Controlo de fumo na unidade de análise	
		Controlo de fumo no local de risco
		Controlo de fumo nas vias de evacuação
	Sinalização de emergência na unidade de análise	
		Sinalização de emergência no local de risco
		Sinalização de emergência nas vias de evacuação
	Iluminação de emergência na unidade de análise	
		Iluminação de emergência no local de risco
		Iluminação de emergência nas vias de evacuação
	Equipas de segurança	
	Deteção, alerta e alarme de incêndio	
	Simulacros de evacuação	
Combate ao incêndio		
	Acessibilidade e meios de intervenção não automáticos	
		Acessibilidade ao edifício
		Hidrantes exteriores
		Redes secas ou húmidas
		Extintores
		Redes de incêndio armadas
	Meios de extinção automáticos	
	Equipas de segurança	

Figura 2 – Fatores que integram o ARICA:2019 e sua hierarquização

6. INTERVENÇÕES-TIPO PREVISTAS

6.1. Aspetos gerais

É consensualmente aceite que a SI dos edifícios reabilitados não pode, em muitas circunstâncias, ser igual à dos que são construídos de novo e que essa segurança deve depender do grau de intervenção.

Com o objetivo de concretizar o referido princípio foram tipificadas quatro intervenções-tipo (IT) descritas nas secções seguintes, associando-se a cada uma delas um índice de segurança ao incêndio nas condições de projeto (I_{SICP}) mínimo que, em duas das intervenções, depende do índice de segurança ao incêndio nas condições iniciais (I_{SICI}).

De acordo com a profundidade das alterações previstas para a AI, as intervenções são classificadas em IT 1, IT 2, IT 3 e IT 4. Para definir estas IT foram considerados os seguintes fatores: (i) UT; (ii) CR da UT; (iii) LR; (iv) número e largura das saídas dos LR; (v) efetivo dos LR; e (vi) vias de evacuação.

6.2. Intervenção-tipo 1

Corresponde a intervenções na AI em que não se verificam as seguintes situações: (i) alteração da UT; (ii) alteração da CR; (iii) introdução de novos LR B, C, D ou E; (iv) redução do número nem da largura das saídas dos LR; (v) aumento do efetivo dos LR, provocando uma mudança nas larguras de referência fixadas no método; e (vi) alteração das vias de evacuação.

6.3. Intervenção-tipo 2

Corresponde a intervenções na AI em que não há alteração da UT, nem da CR, mas verifica-se uma ou mais das seguintes situações: (i) criação de novos LR ou agravamento dos preexistentes; (ii) redução do número e largura das saídas dos LR; (iii) aumento do efetivo dos LR, provocando uma mudança nas larguras de referência fixadas no método; e (iv) alteração das vias de evacuação.

6.4. Intervenção-tipo 3

Corresponde a intervenções na AI em que se verifica uma ou mais das seguintes situações: (i) mudança de uma ou mais das UT existentes na AI; (ii) mudança de CR; e (iii) demolição de parte ou da totalidade da AI.

6.5. Intervenção-tipo 4

Corresponde a intervenções de exceção que não são enquadráveis em nenhum dos outros três tipos, e, portanto, exigem uma avaliação especial.

Enquadram-se nesta intervenção-tipo as situações em que não é viável atingir os valores mínimos do I_{SI} estabelecidos para a IT 1 a IT 3.

Também se enquadram nesta intervenção-tipo as situações em que não é viável cumprir os seguintes requisitos: (i) materiais de revestimento do LR; (ii) materiais de revestimento das vias de evacuação; (iii) isolamento e proteção do LR; (iv) compartimentação geral corta-fogo da área de intervenção; (v) isolamento e proteção entre UT distintas existentes; (vi) materiais de revestimento exteriores; (vii) evacuação em caso de incêndio; (viii) número de saídas do LR; (ix) larguras dos vãos, vias horizontais e vias verticais de evacuação; e (x) isolamento e proteção das vias de evacuação.

7. VALOR MÍNIMO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA AO INCÊNDIO

7.1. Valor para a intervenção-tipo 1

Nesta IT o valor do índice de segurança ao incêndio nas condições de projeto (I_{SICP}), deve obedecer às seguintes condições:

$$I_{SICP} = 0{,}3911 \times I_{SICI}^2 - 0{,}055 \times I_{SICI} + 0{,}7 \qquad se\ I_{SICI} < 0{,}95 \tag{5}$$

$$I_{SICP} \geq 1 \qquad se\ I_{SICI} \geq 0{,}95$$

Em que:

I_{SICI} – Índice de SI nas condições iniciais.

7.2. Valor para a intervenção-tipo 2

Nesta IT o valor do índice de SI, nas condições de projeto (I_{SICP}), deve obedecer às seguintes condições:

$$I_{SICP} = 0{,}3911 \times I_{SICI}^2 - 0{,}055 \times I_{SICI} + 0{,}8 \qquad se\ I_{SICI} < 0{,}85 \tag{6}$$

$$I_{SICP} \geq 1 \qquad se\ I_{SICI} \geq 0{,}95$$

em que:

I_{SICI} – Índice de SI nas condições iniciais.

7.3. Valor para a intervenção-tipo 3

Nesta IT o valor do índice de SI, nas condições de projeto (I_{SICP}), deve ser igual ou superior a 1,00, sendo para tal adotadas as medidas de SI necessárias.

7.4. Valor para a intervenção-tipo 4

Para esta IT não é fixado um valor mínimo do I_{SI}, pois o método, em algumas situações, pode não refletir com realismo o impacto das situações em que não são cumpridos, um ou mais, dos requisitos anteriormente referidos, pelo que é necessário fundamentar a impossibilidade de verificação, total ou parcial, dos fatores e condições que compõem o ARICA:2019.

Cabe à entidade licenciadora, em sede de licenciamento, apreciar as justificações e as propostas de mitigação dos incumprimentos.

8. ASPETOS COMPLEMENTARES

As intervenções nos edifícios podem ter profundidades muito distintas: podem limitar-se a uma única fração ou envolver a totalidade do edifício. Consequente o número de UA será variável de intervenção para intervenção.

Em teoria será necessário aplicar o método a cada uma das UA que existem na AI. Contudo, o processo de cálculo poderá ser simplificado, aplicando-se o método não a todas as UA, mas somente a algumas, tendo presente os seguintes princípios: (i) no mínimo existe uma UA por cada LR; e (ii) para LR iguais poderá selecionar o mais desfavorável (justificando essa seleção) e aplicar o método somente a esse local. Por exemplo, se numa dada área de intervenção existirem todos os LR considerados na regulamentação (locais de risco, A, B, C, D, E e F), o número de UA é, no mínimo, igual a 6.

As UA às quais se aplica o método nas condições iniciais, podem não coincidir com aquelas que vão ser consideradas nas condições de projeto. Como a aplicação do ARICA:2019 ocorre para dois momentos distintos,

pode acontecer que as UA relativas à primeira das condições não coincidam com as relativas às da segunda. Observa-se que a introdução de alterações na AI pode conduzir a novos LR ou alterar e, eventualmente, eliminar outros que existiam antes da intervenção.

Na Figura 3 é apresentada uma representação esquemática do modo de aplicação do ARICA:2019 a uma área de intervenção.

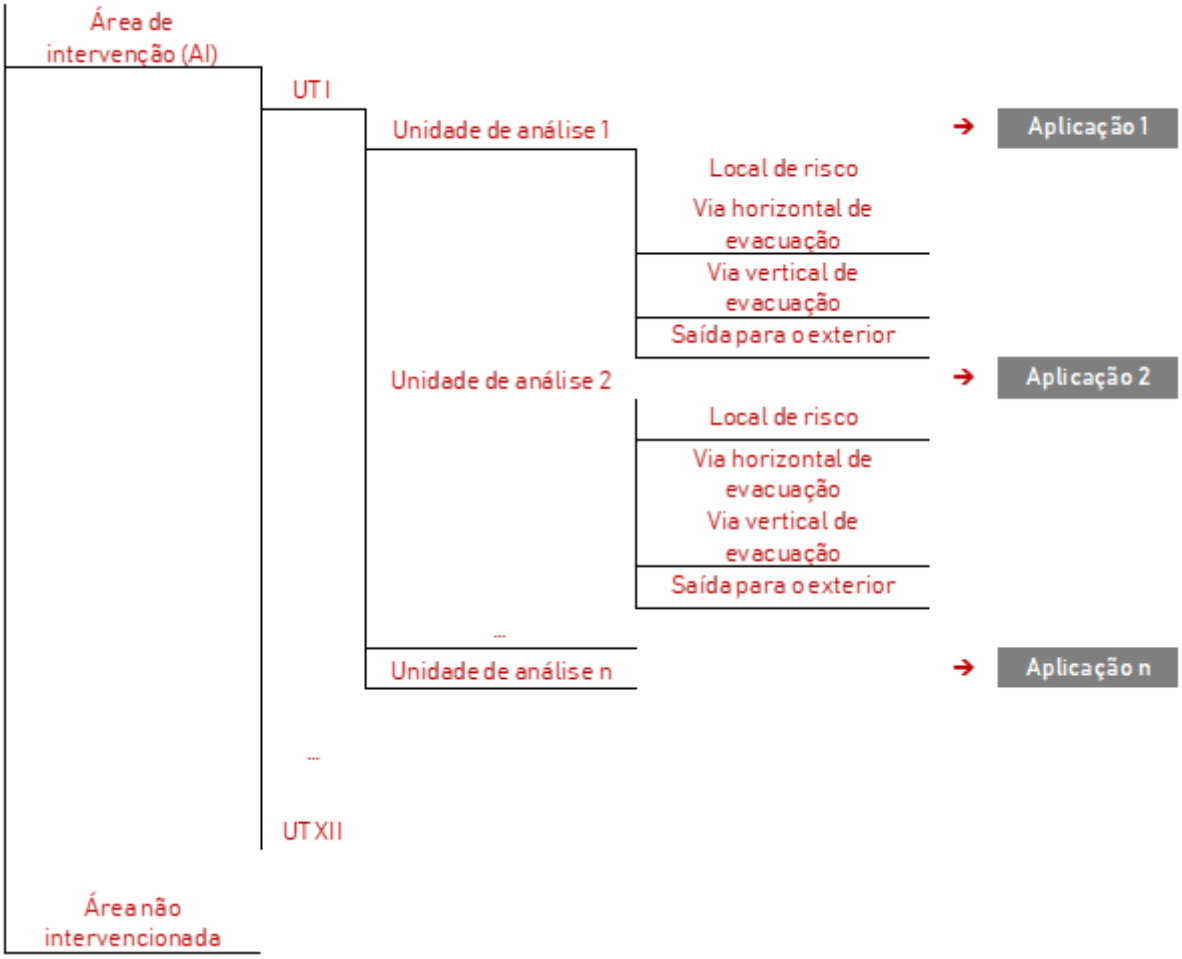


Figura 3 – Representação esquemática do modo de aplicação do ARICA:2019 a uma área de intervenção

No Quadro 2 indica-se em que situações é obrigatória a aplicação do método nas condições iniciais e nas condições de projeto, em função da intervenção-tipo.

Quadro 2 – Índices de SI a determinar para as diferentes intervenção-tipo

Intervenção-tipo	**Cálculo do índice de SI**	
	Condições iniciais	Condições de projeto
Intervenção-tipo 1	Obrigatório se $I_{SICP} < 1,00$	Obrigatório
Intervenção-tipo 2	Obrigatório se $I_{SICP} < 1,00$	Obrigatório
Intervenção-tipo 3	Não obrigatório	Obrigatório
Intervenção-tipo 4	Obrigatório	Obrigatório

Mesmo que não seja obrigatório aplicar o método nas condições iniciais, recomenda-se a determinação do I_{SICI}, pois isso permite identificar os principais problemas de segurança ao incêndio existentes na AI, constituindo uma orientação para o desenvolvimento do projeto.

Na Figura 4 pode observar-se um fluxograma genérico relativo à aplicação do ARICA:2019.

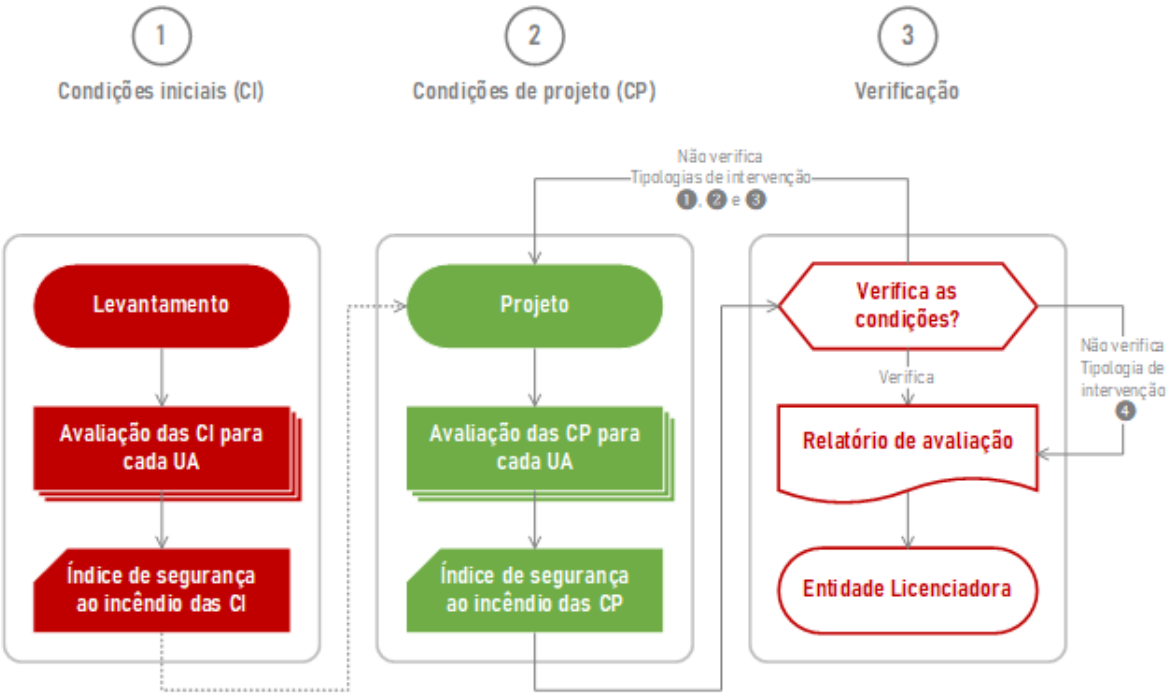


Figura 4 – Fluxograma relativo à aplicação do ARICA:2019

9. CONCLUSÕES

O ARICA:2019 permite determinar um índice de SI tendo por referencial a regulamentação em vigor, estabelecendo um sistema de ponderação, quer para os incumprimentos regulamentares, quer para os meios compensatórios introduzidos.

Das diversas caraterísticas que o método apresenta, destacam-se as seguintes: (i) permite quantificar as condições de SI antes e após a intervenção e, portanto, o acréscimo de segurança que resultou dessa intervenção; (ii) gradua as exigências em função da profundidade da intervenção a que o edifício em causa vai sofrer; (iii) permite ao projetista adequar as medidas de SI às particularidades do edifício, nomeadamente às construtivas e espaciais; e (iv) reduz a subjetividade na apreciação dos projetos.

Decorrente das caraterísticas referidas, considera-se que o ARICA:2019 contribui para alcançar alguns dos objetivos que devem estar presentes na reabilitação do edificado, com destaque para a sustentabilidade ambiental, para a proteção património edificado e, finalmente, para a melhoria das condições iniciais de segurança ao incêndio.

REFERÊNCIAS

Coelho, A. L.; Pedro, João B.; Ferreira, T.; Vicente, M., 2019 – **ARICA:2019. Método de avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes. Descrição, âmbito e condições de aplicação**. Relatório 327/2019. LNEC: Lisboa.

Decreto-Lei n.º 220/2008 – **Estabelece o regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios**. Diário da República, 1.ª Série. N.º 220 (2008-11-12) pp. 7903-7922.

Decreto-Lei n.º 224/2015 – **Primeira alteração ao regime jurídico de segurança contra incêndio em edifícios**. Diário da República, 1.ª Série. N.º 198 (2015-10-9) pp. 8740-8774.

Decreto-Lei n.º 95/2019 – **Estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas**. Diário da República, 1.ª Série. N.º 136 (2019-07-18) pp. 35-45.

Portaria n.º 1532/2008 – **Aprova o regulamento técnico de segurança contra incêndio em edifícios**. Diário da República, 1.ª Série. N.º 250 (2008-12-29) pp. 9050-9127.

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA AO INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS EXISTENTES. INSTRUMENTOS DE APOIO À APLICAÇÃO DO MÉTODO ARICA:2019

EVALUATION OF FIRE SAFETY IN EXISTING BUILDINGS. INSTRUMENTS TO SUPPORT THE APPLICATION OF THE ARICA METHOD: 2019





Marta Vicente [(1)], João Branco Pedro [(2)], António Leça Coelho [(3)]

(1) LNEC, Portugal, magvicente@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, jpedro@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, alcoelho@lnec.pt

RESUMO

O "ARICA:2019 – Método de avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes" permite avaliar as condições de segurança ao incêndio de edifícios existentes, tendo por referência a atual legislação de segurança ao incêndio.

O método foi desenvolvido no LNEC e resultou de uma reformulação da versão original do ARICA de 2005. A nova versão é orientada para a avaliação das condições de segurança ao incêndio de edifícios existentes, podendo ser utilizada para analisar soluções de projeto.

Nesta comunicação apresentam-se uma folha de cálculo desenvolvida com vista a apoiar a aplicação do método, e que permite verificar se um projeto cumpre, ou não, as condições exigidas. Apresenta-se também um exemplo que ilustra a aplicação do método a um edifício localizado no *campus* do LNEC.

Com esta comunicação pretendendo-se contribuir para a fácil e correta aplicação do método.

Palavras-chave: Segurança ao Incêndio / Edifícios Existentes / Reabilitação / ARICA:2019

1. INTRODUÇÃO

O Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho, estabeleceu o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas. No domínio da segurança ao incêndio (SI), este diploma veio clarificar e densificar as situações em que é possível recorrer à aplicação de métodos de verificação de segurança ao incêndio alternativos e não prescritivos previstos no Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, através da redação conferida pelo Decreto-Lei n.º 224/2015, de 9 de outubro.

Para o efeito, foi alterado o artigo 14.º-A do Decreto-Lei n.º 220/2008, ficando consagrado que: (i) pode ser dispensada a aplicação de algumas disposições da regulamentação de SI quando a sua aplicação seja manifestamente desproporcionada; e (ii) cabe ao projetista determinar as medidas de SI a implementar, recorrendo a métodos de análise das condições de SI ou métodos de análise de risco, reconhecidos pela ANEPC ou por método a publicar pelo LNEC.

Neste enquadramento, o LNEC publicou o "ARICA:2019 – Método de avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes". Este método resultou de uma reformulação da versão original do ARICA desenvolvida no LNEC em 2005. A nova versão transformou o método original, vocacionado para a análise do risco de incêndio em centros urbanos antigos, num método de avaliação das condições de SI de edifícios existentes que possibilita a análise de soluções de projeto.

O ARICA:2019 permite agilizar o processo de projeto de SI e ajudar o projetista a encontrar soluções de projeto adequadas a cada caso. Permite também conciliar a garantia de um adequado nível de SI com a mitigação dos condicionalismos impostos pelas caraterísticas dos edifícios objeto de reabilitação.

O desenvolvimento do ARICA:2019 decorreu em duas fases: análise e reformulação da versão original (de março a maio de 2019), teste e aperfeiçoamento da nova versão (de junho a setembro de 2019). Os resultados foram apresentados no relatório do LNEC n.º 327/2019-NAU. Concluído o desenvolvimento, o método foi divulgado em seminários, disponibilizada uma folha de cálculo, realizada uma ação de formação, e elaborado um exemplo de aplicação ilustrado.

Nesta comunicação apresenta-se de forma resumida a folha de cálculo e um exemplo de aplicação. O texto tem a seguinte estrutura: na secção dois descreve-se o método de investigação, na secção três descreve-se a folha de cálculo que operacionaliza o ARICA:2019, na secção quatro apresenta-se um exemplo de aplicação, e na última secção registam-se algumas notas finais.

2. METODOLOGIA

A folha de cálculo foi criada com o programa Microsoft Excel 2016. Para automatizar algumas funcionalidades foram programadas diversas rotinas em Visual Basic. O desenvolvimento inicial da folha decorreu paralelamente com a fase de teste e aperfeiçoamento do método, tendo servido para realizar os cálculos dos exemplos testados. Atenta a utilidade que a folha de cálculo para os projetistas, a interface foi aperfeiçoada com vista a facilitar a sua utilização. Em novembro de 2019, foi divulgada a primeira versão da folha. Para dar resposta às sugestões de diversos utilizadores, em janeiro de 2020, foi divulgada uma versão com diversas melhorias.

Para testar o ARICA:2019, foram realizados, durante a fase de aperfeiçoamento, diversos testes de aplicação do método com exemplos reais de edifícios habitacionais e não habitacionais. A caraterização dos edifícios foi obtida a partir de visitas, fotografias, peças desenhadas e outros documentos. Com os testes pretendeu-se verificar a disponibilidade da informação necessária para aplicar o método, aferir a clareza da redação das questões associadas a cada fator, verificar se as respostas previstas cobrem todas as situações possíveis, testar o modelo

de cálculo global e de cada fator, identificar aspetos das instruções que careciam de melhor explicação, e estimar o tempo necessário para realizar uma avaliação.

3. FOLHA DE CÁLCULO

A folha foi desenvolvida com vista a apoiar a aplicação do método, permitindo verificar se um projeto cumpre, ou não, as condições exigidas. Para o efeito, o utilizador deve identificar e caraterizar cada uma das unidades de análise (UA) da área de intervenção (AI). São caraterizadas as condições de segurança ao incêndio antes da intervenção ("Condições iniciais") e previstas no projeto ("Condições de projeto"). Dependendo da intervenção-tipo poderá estar dispensado o preenchimento das "Condições iniciais". Com base na caraterização das unidades de análise, a folha de cálculo determina, automaticamente:

- Os níveis de desempenho de todos os fatores e apresentando-os num gráfico.
- Os índices de segurança ao incêndio de cada UA.
- O cumprimento na AI das condições associadas à intervenção-tipo selecionada.

A folha de cálculo é composta por (Figura 1):

- Folha de "Capa".
- Uma ou mais folhas de "Condições iniciais".
- Uma ou mais folhas de "Condições de projeto".
- Folha "Extintores".

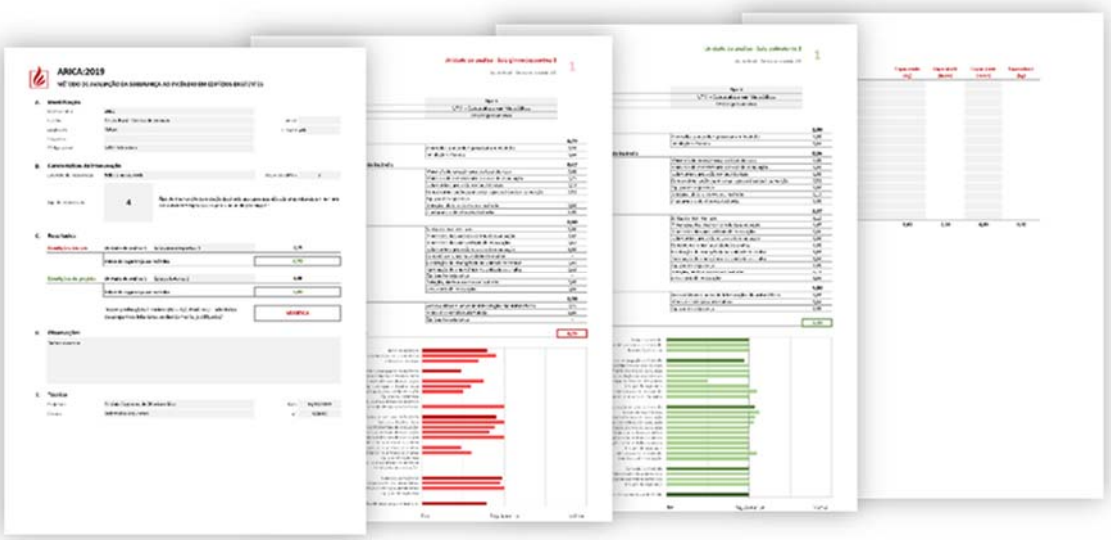


Figura 1 – Partes que constituem a folha de cálculo do ARICA:2019

3.1. Capa

A folha "Capa" está organizada em cinco secções: quatro para preenchimento manual pelo utilizador (secções A, B, D e E) e uma que apresenta automaticamente uma síntese dos resultados (secção C).

Nas secções A, B, D e E são introduzidas, respetivamente, a identificação do dono de obra e do edifício intervencionado, a caracterização da intervenção (extensão e intervenção-tipo), observações adicionais pertinentes para a análise do processo, e a identificação do técnico responsável.

Na secção C é apresentado o Índice de Segurança ao Incêndio que resulta da avaliação das diversas UA para as

"Condições iniciais", caso existam, e para as "Condições de projeto". É também apresenta a indicação se é ou não verificado o cumprimento do desempenho global mínimo definido para a intervenção-tipo selecionada.

Devem ser criadas tantas folhas de "Condições iniciais" e de "Condições de projeto" quantas as UA. Para o efeito existem botões que permitem criar ou apagar UA.

3.2. Condições iniciais e condições de projeto

As folhas "Condições iniciais" e "Condições de projeto" são constituídas por duas partes. A primeira parte apresenta (i) a caracterização do tipo de local de risco (LR), a utilização-tipo e a categoria de risco (CR), preenchida pelo utilizador, e (ii) um resumo, de preenchimento automático, com o desempenho de cada um dos fatores globais e fatores parciais e um gráfico ilustrativo.

A segunda parte destas folhas é constituída por uma lista com todos os fatores do método (*i.e.*, fatores globais, fatores parciais e fatores). Para cada fator é apresentado o seu número de referência, a sua descrição, um campo a preencher pelo utilizador com a resposta adequada para a UA em avaliação, e o respetivo valor de desempenho. O índice de segurança ao incêndio da UA resulta do preenchimento destes campos.

Estas folhas têm alguns automatismos para facilitar o preenchimento:

- São exibidos ou ocultados os campos necessários para caraterizar a UA em função das respostas às diversas questões.
- Muitos campos têm opções de preenchimento pré-definidas. Neste caso basta selecionar um campo, o que revela as várias opções, e depois selecionar a resposta adequada.
- Inicialmente, todos os campos aparecem em branco e surge o aviso lateral "Sem dados". Quando os campos necessários para efetuar os cálculos são preenchidos, este aviso desaparece.
- Nas folhas das "Condições de projeto", os campos do efetivo encontram-se limitados aos valores máximos estabelecidos no âmbito de aplicação do método para os locais de risco e as vias de evacuação. Se se tentar inserir valores superiores, surge uma mensagem de alerta.
- As folhas de "Condições de projeto" também verificam se são cumpridas as exigências mínimas que se aplicam a cada um dos fatores. Se, num destes fatores for selecionada uma resposta que não cumpre as exigências, a coluna com o desempenho do fator fica em branco e surge um aviso. Apenas no caso de ser selecionada uma intervenção-tipo 4 são aceites, nestas folhas, respostas que não cumpram as exigências mínimas, tendo o projetista que justificar o motivo do incumprimento.
- Para apoiar a correta aplicação do método e o preenchimento da folha de cálculo, são apresentados avisos. Estes avisos têm como principal objetivo sinalizar erros de preenchimento e casos de incumprimento das condições estabelecidas para uma determinada intervenção-tipo.
- Para todos os campos preenchidos pelo utilizador, existe do lado direito da folha, fora da área de impressão, um campo de comentários, onde podem ser escritas notas complementares.

No caso das folhas das "Condições de projeto", existe uma parte adicional, para preenchimento exclusivamente no caso da intervenção-tipo 4 (*i.e.*, intervenções de exceção que não são enquadráveis em nenhum dos outros três tipos, e, portanto, exigem uma avaliação especial). Esta parte tem campos onde devem ser justificadas as opções de projeto que impliquem o incumprimento das exigências mínimas estabelecidas para alguns dos fatores.

3.3. Extintores

A folha de "Extintores" permite converter quilogramas em litros de vários tipos de agente extintor, e vice-versa, facilitando a verificação das exigências regulamentares e o preenchimento da folha de cálculo.

3.4. Utilização e relatório

A folha está disponível, livre e sem encargos, nos sítios do LNEC e da ANEPC. Para facilitar a utilização e assegurar a correção dos resultados, a edição das fórmulas da folha de cálculo está bloqueada. O utilizador pode navegar livremente, preencher os campos de caraterização e testar diversas soluções de projeto, sem correr o risco de, inadvertidamente, alterar o método de cálculo. A qualquer momento do preenchimento, pode ser impresso um relatório com parte ou a totalidade das folhas que constituem a folha de cálculo.

4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

4.1. Descrição de exemplo

O Centro de Convívio do LNEC foi o edifício utilizado para exemplificar a aplicação do ARICA:2019. Este edifício está localizado no *campus* deste Laboratório, que é classificado como Monumento de Interesse Público, e é um dos edifícios considerados emblemáticos. Foi projetado pelos arquitetos Januário Godinho de Almeida e João de Mello Breyner Andresen e inaugurado em 1966.

O edifício é composto por três corpos, materializados com volumes e planos, assentes num embasamento em betão ciclópico que se ajusta às variações topográficas do terreno (Figura 2). No interior prevalecem os amplos espaços funcionais e de circulação interligados, que se estendem sobre o exterior através de envidraçados, pátios e varandas. Destaca-se ainda a utilização de diferentes materiais, como o tijolo, o reboco, os azulejos, as madeiras e a pedra, para individualizar espaços e elementos da composição formal (Figura 3). O resultado apresenta, simultaneamente, uma forte coerência formal e variedade espacial.



Figura 2 – Vista exterior do edifício



Figura 3 – Vista da sala de estar

Atualmente, o Centro de Convívio acolhe os seguintes serviços de apoio social aos trabalhadores:

- Serviços administrativos da ATLNEC (utilização-tipo III, 1.ª CR).
- Posto médico (utilização-tipo V, 1.ª CR).
- Centro de convívio (utilização-tipo VI, 2.ª CR).
- Refeitório (utilização-tipo VII, UT dominante, 2.ª CR).
- Alojamento para investigadores visitantes (utilização-tipo VII, UT dominante, 2.ª CR).

4.2. Caraterização da intervenção

Atenta a necessidade de manutenção e atualização do edifício, foi prevista como hipótese de trabalho, uma intervenção de reabilitação integral, prevendo-se quando necessário a remodelação de alguns espaços. A intervenção, estende-se a todo o edifício, correspondendo a AI à totalidade do edifício.

Em virtude da elevada qualidade arquitetónica do edifício, foi previsto priorizar a preservação do existente, mantendo, sempre que possível, as características arquitetónicas originais. Adicionalmente, previu-se a introdução de uma nova utilização-tipo (UT), com o objetivo de dar resposta a novas exigências funcionais, sem que isso venha a implicar uma alteração da UT dominante (UT VII – hoteleiros e restauração).

No ARICA:2019, esta intervenção seria classificada como uma intervenção-tipo 3, por ser previsto no projeto a introdução de uma nova UT. No entanto, a opção de preservar alguns aspetos arquitetónicos do edifício tornou inviável o cumprimento dos requisitos relativos ao isolamento e proteção das vias de evacuação, conduzindo a uma intervenção excecional, ou seja, uma intervenção-tipo 4.

A determinação do tipo de intervenção e da sua extensão constituiu a fase inicial da aplicação do método, tendo a informação obtida sido inscrita na "Capa" da folha de cálculo.

4.3. Determinação das UA

Uma vez caracterizada a intervenção, foram determinadas as UA a avaliar, identificando o LR mais condicionante para cada tipo de local (A, B, C, D, E, F) existente em cada UT. Após a identificação e caracterização dos LR foram selecionadas, para as "Condições Iniciais" e para as "Condições de Projeto", pelo menos:

- um LR por cada UT;
- um local por tipo de LR, selecionando sempre aqueles que representem o cenário mais condicionante do ponto de vista da SI.

Para ilustrar o exemplo da aplicação, aqui apresentado, selecionou-se apenas uma UA. Essa UA (Figura 4), constituída por um LR e vias de evacuação horizontais e verticais, foi avaliada nas condições iniciais e nas condições de projeto.

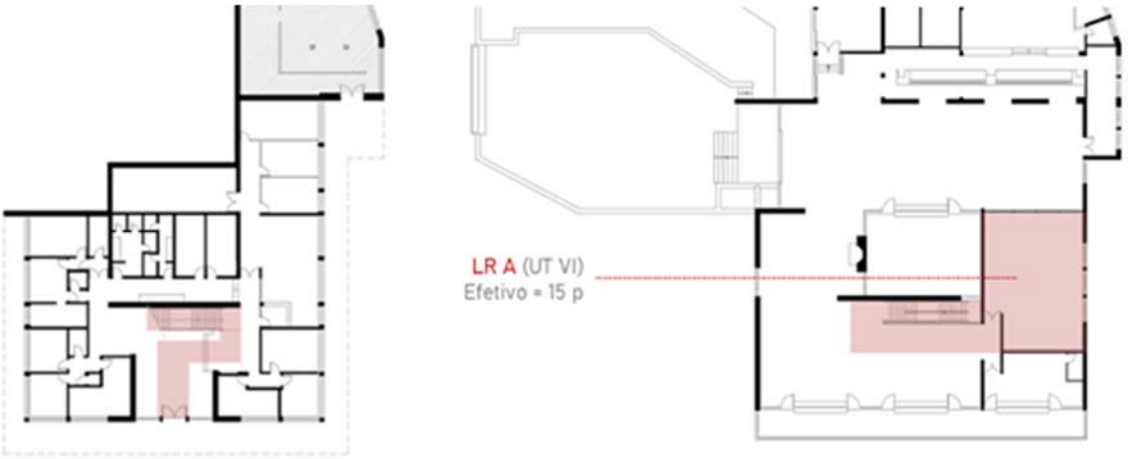


Figura 4 – Planta da UA, piso 0 (esquerda) e piso 1 (direita)

Apesar de, neste exemplo, ter sido avaliada a mesma UA nas "Condições Iniciais" e nas "Condições de Projeto", o ARICA:2019 não obriga a que assim seja, e noutros projetos as UA das “Condições Iniciais” e das “Condições de Projeto” poderão, ou não, ser coincidentes.

4.4. Avaliação – Condições iniciais

A UA selecionada contempla um local de risco do tipo A, com efetivo estimado de 15 pessoas, e tem como principal função acolher atividades gimnodesportivas praticadas por colaboradores do LNEC (*e.g.,* aulas de pilates, ténis de mesa). A UA está inserida numa utilização-tipo VI da 2.ª categoria de risco, e é composta por LR, vias horizontais de evacuação e via vertical de evacuação.

Em seguida, é apresentada uma síntese da avaliação do desempenho da UA nos quatro fatores globais que compõem o método ARICA:2019.

Fator 1 – Início do incêndio

Durante a vistoria ao edifício, não foram detetadas na UA anomalias passíveis de dar início a um incêndio. No entanto, nas instalações técnicas foram identificadas situações de incumprimento regulamentar que podem contribuir para o início de um incêndio, designadamente: (i) em instalações elétricas (i.e. circuitos elétricos desprotegidos e com fios sem isolamento, quadro elétrico que não cumpre as exigências regulamentares de isolamento e proteção), e (ii) em aparelhos de instalações de aquecimento (i.e. sinais de deterioração avançada em todos os elementos das instalações de aquecimento e fixação deficiente à parede).

O desempenho deste fator global foi de 0,84, ligeiramente abaixo do valor regulamentar (*i.e.,* 1,00).

Fator 2 – Desenvolvimento e propagação do incêndio

Foram identificadas várias situações de incumprimento na UA que podem, num cenário de incêndio, concorrer para o seu desenvolvimento ou propagação. As classes de reação ao fogo dos vários materiais de revestimento, interiores e exteriores, correspondem às exigências regulamentares estabelecidas para o LR e para as vias de evacuação que servem a UA. Porém, o mesmo não acontece ao nível do isolamento e proteção, do LR e entre utilizações-tipo distintas, onde foram identificadas várias situações de incumprimento. No LR, a separação com o local que lhe é adjacente tem elementos que não têm qualificação de resistência ao fogo (i.e., bandeira de vidro e porta de madeira sem qualificação) (Figura 5). São também estes elementos que separam duas utilizações-tipo distintas (Figura 6), UT VI e UT VII, pelo que também neste caso existe uma situação de incumprimento.





Figura 5 – Separação entre locais de risco | Figura 6 – Separação entre UT distintas

Às situações de incumprimento acima identificadas, juntou-se a ausência de uma equipa de segurança conforme

estabelecido na regulamentação, e de um sistema de deteção, alerta e alarme de incêndio. As classes de reação ao fogo de todos os materiais de revestimento exteriores são superiores ao exigido na regulamentação, assim como a distância entre esses vãos.

Como resultado das várias situações de incumprimento encontradas, o desempenho deste fator global foi de 0,46, consideravelmente abaixo do nível regulamentar.

Fator 3 – Evacuação em caso de incêndio

O número de saídas do local de risco e a respetiva largura cumpre ou excede o exigido na regulamentação. Em contrapartida, as dimensões das vias de evacuação são ligeiramente inferiores ao regulamentar, tendo por referência a largura necessária para o efetivo que as percorre. A ausência de qualquer tipo de controlo de fumo nos espaços da UA configurou um total incumprimento da regulamentação, pois apesar de o LR estar dispensado, as vias de evacuação estão obrigadas a cumprir exigências por servirem locais de risco do tipo B sem vias alternativas. A ausência de elementos de isolamento e proteção das vias de evacuação, nomeadamente da via vertical, constituiu também uma situação de incumprimento (Figura 7). A UA estava dotada de sinalização e iluminação de emergência, ainda que estas não se encontrassem em total conformidade com o exigido na regulamentação. A não realização de simulacros de evacuação constituiu mais uma situação de incumprimento.

O desempenho deste fator global foi de 0,86, também abaixo do nível regulamentar.



Figura 7 – Vias de evacuação horizontal e vertical que integram a UA

Fator 4 – Combate ao incêndio

Apesar de se localizar no interior do campus do LNEC, foram cumpridas as exigências regulamentares aplicáveis à acessibilidade ao edifício. As exigências relativas à presença e funcionamento de hidrantes exteriores, junto de cada saída para o exterior de percursos de evacuação, foram igualmente cumpridas. Em contrapartida, o desempenho dos meios de intervenção não automáticos foi inferior ao regulamentar. Os espaços da UA não estavam equipados com extintores e a rede de incêndio armada, destinada a servir a parte do edifício em que se encontra a UA, não se encontrava operacional. A ausência de meios de extinção automáticos não foi contabilizada por não existirem exigências regulamentares aplicáveis. Já a ausência de uma equipa de segurança, pela sua relevância no processo de evacuação e de combate ao incêndio, foi novamente avaliada e penalizada por não serem cumpridas as exigências regulamentares aplicáveis.

O desempenho deste fator global foi de 0,44, consideravelmente abaixo do regulamentar.

Índice de segurança ao incêndio

A contabilização dos quatro fatores globais resulta num índice de segurança ao incêndio de 0,65. O desempenho

de cada fator, face às exigências regulamentares, pode ser consultado na secção "Resumo" da primeira folha das "Condições Iniciais" (Figura 8).

ARICA:2019

CONDIÇÕES INICIAIS

Unidade de análise - Sala Gimnodesportiva 1

Av. Do Brasil - Centro deConvívio, 101

Carateristicas da unidade

Tipo de local de risco	Tipo A
Utilização tipo	UT VI – Espetáculos e reuniões públicas
Categoria de risco	2.ª Categoria de risco

Resumo

1.	**Início do incêndio**		**0,84**
		Anomalias que podem provocar um incêndio	1,00
		Instalações técnicas	0,68
2.	**Desenvolvimento e propagação do incêndio**		**0,46**
		Materiais de revestimento do local de risco	1,15
		Materiais de revestimento das vias de evacuação	1,00
		Isolamento e proteção do local de risco	0,00
		Compartimentação geral corta-fogo da área de intervenção	-
		Equipas de segurança	0,00
		Deteção, alerta e alarme de incêndio	0,00
		Afastamento de vãos das fachadas	1,00
3.	**Evacuação em caso de incêndio**		**0,86**
		Saídas do local de risco	1,00
		Dimensões das vias horizontais de evacuação	0,92
		Dimensões das vias verticais de evacuação	0,82
		Isolamento e proteção das vias de evacuação	0,00
		Controlo de fumo na unidade de análise	0,00
		Sinalização de emergência na unidade de análise	0,48
		Iluminação de emergência na unidade de análise	0,80
		Equipas de segurança	0,00
		Deteção, alerta e alarme de incêndio	0,00
		Simulacros de evacuação	0,00
4.	**Combate ao incêndio**		**0,44**
		Acessibilidade e meios de intervenção não automáticos	0,89
		Meios de extinção automáticos	-
		Equipas de segurança	0,00
	Índice de segurança ao incêndio		**0,65**



Figura 8 – Desempenho dos fatores nas "Condições Iniciais"

4.5. Avaliação – Condições de projeto

Na UA foi previsto no projeto de intervenção uma alteração de uso e um aumento de área. Como consequência, verificou-se um aumento para 93 pessoas do efetivo no local de risco contemplado na UA que passou de um local de tipo A para tipo B. O local passou a ter como principal função acolher reuniões e eventos de divulgação científica. A UA continua a estar inserida numa utilização-tipo VI da 2.ª categoria de risco, e é igualmente composta por local de risco, vias horizontais de evacuação e via vertical de evacuação (Figura 9).

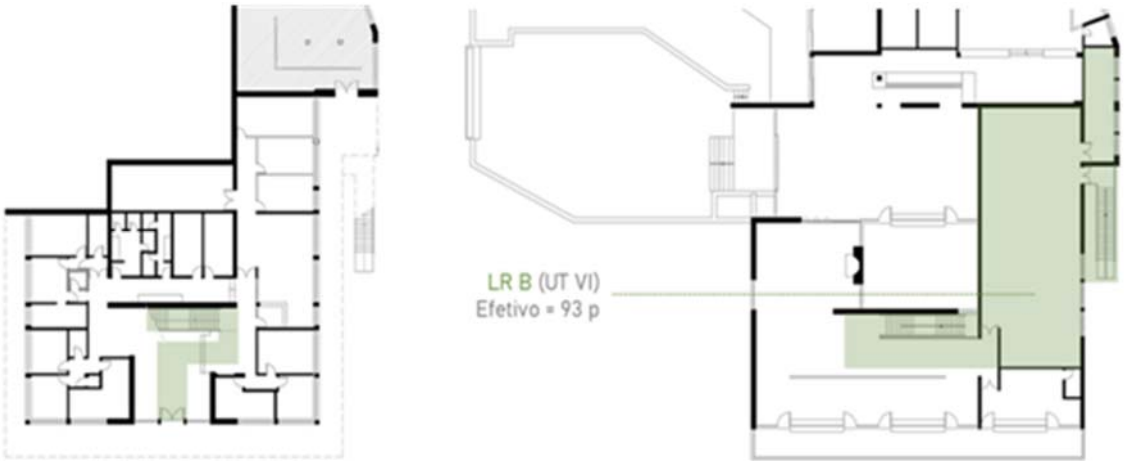


Figura 9 – Planta da UA, nas Condições de Projeto, piso 0 (esquerda) e piso 1 (direita)

O projeto contemplou diversas alterações que se refletiram na melhoria do desempenho dos fatores globais como se descreve em seguida:

- Início do incêndio – resolução das situações anómalas (*e.g.* substituição de aparelhos).
- Desenvolvimento e propagação do incêndio – substituição dos elementos de compartimentação do LR por elementos novos que cumprem a regulamentação; melhoria do isolamento e proteção entre UT; introdução de sistema de deteção, alerta e alarme de incêndio; constituição, após a intervenção, de uma equipa de segurança.
- Evacuação em caso de incêndio – aumento do número de vias verticais que servem o LR; redução do efetivo nas vias de evacuação que integram a UA; introdução de meios de controlo de fumo; regularização da sinalização e iluminação de emergência.
- Combate ao incêndio – introdução de extintores em número e quantidade superior ao exigido na regulamentação; substituição da rede de incêndio armada.

Não obstante estas melhorias, optou-se por não cumprir as exigências regulamentares de "Isolamento e proteção das vias de evacuação" para preservar a interligação dos espaços de circulação que caraterizam o edifício e tornam inviável o enclausuramento da via. O não cumprimento deste requisito regulamentar implica optar por uma intervenção-tipo 4 e teria que ser justificado na secção específica, existente no final da folha das "Condições de Projeto". Em situações de incumprimento como esta, devem ser procuradas medidas compensatórias, estando o resultado final sujeito a uma negociação com a entidade licenciadora.

A avaliação dos quatro fatores globais resultou num índice de segurança no valor de 1,06. O desempenho de cada fator, face às exigências regulamentares, pode ser consultado na secção "Resumo" da primeira folha das "Condições de Projeto" (Figura 10).

ARICA:2019

CONDIÇÕES DE PROJETO

Unidade de análise - Sala Polivalente **1**

Av. Do Brasil - Centro deConvívio, 101

Carateristicas da unidade

Tipo de local de risco	Tipo B
Utilização tipo	UT VI – Espetáculos e reuniões públicas
Categoria de risco	2.ª Categoria de risco

Resumo

1.	**Início do incêndio**		**0,99**
		Anomalias que podem provocar um incêndio	1,00
		Instalações técnicas	0,98
2.	**Desenvolvimento e propagação do incêndio**		**0,96**
		Materiais de revestimento do local de risco	1,15
		Materiais de revestimento das vias de evacuação	1,00
		Isolamento e proteção do local de risco	1,00
		Compartimentação geral corta-fogo da área de intervenção	-
		Equipas de segurança	1,00
		Deteção, alerta e alarme de incêndio	1,00
		Afastamento de vãos das fachadas	1,00
3.	**Evacuação em caso de incêndio**		**1,25**
		Saídas do local de risco	1,50
		Dimensões das vias horizontais de evacuação	1,35
		Dimensões das vias verticais de evacuação	1,30
		Isolamento e proteção das vias de evacuação	0,00
		Controlo de fumo na unidade de análise	1,00
		Sinalização de emergência na unidade de análise	1,00
		Iluminação de emergência na unidade de análise	1,00
		Equipas de segurança	1,00
		Deteção, alerta e alarme de incêndio	1,00
		Simulacros de evacuação	1,00
4.	**Combate ao incêndio**		**1,03**
		Acessibilidade e meios de intervenção não automáticos	1,05
		Meios de extinção automáticos	-
		Equipas de segurança	1,00
	Índice de segurança ao incêndio		1,06



Figura 10 – Desempenho dos fatores nas "Condições de Projeto"

4.6. Resultados

No caso do exemplo de aplicação apresentado, por se tratar de um intervenção-tipo 4, não se aplica o princípio de verificação comum aos restantes tipos de intervenção. Após o preenchimento completo da folha de cálculo, o relatório apresenta o índice de segurança ao incêndio das "Condições Iniciais" e o índice de segurança ao incêndio das "Condições de Projeto" sem indicar a verificação ou não-verificação do desempenho global mínimo (Figura 11). Sendo uma situação excecional, será necessário justificar todas as situações de incumprimento e dialogar com a entidade licenciadora por forma a consensualizar as soluções de mitigação e compensação necessárias. O processo negociação com a entidade licenciadora terá como base o relatório da aplicação do método.



Figura 11 – Secção "Resultados" após completar preenchimento das "Condições iniciais" das "Condições de projeto"

5. NOTAS FINAIS

A folha de cálculo do ARICA:2019 foi disponibilizada aos técnicos em novembro de 2019 com o objetivo de facilitar a aplicação do método. Contudo, reconhece-se que é fundamental para a agilização da aplicação que os técnicos se tornem familiarizados com a folha de cálculo. A participação em ações de formação é uma boa forma de o conseguir.

O LNEC acompanha a aplicação do ARICA:2019 e da respetiva folha de cálculo. Convidam-se os utilizadores a enviar os seus comentários e sugestões através do endereço eletrónico **arica@lnec.pt**. No futuro, poderão ser efetuados ajustamentos e melhorias na folha de cálculo.

REFERÊNCIAS

COELHO, A. Leça; PEDRO, J. Branco; FERREIRA, Tiago M.; VICENTE, Marta, 2019 – **ARICA:2019 – Método de avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes. Descrição, âmbito e condições de aplicação**. Relatório n.º 327/2019 – DED/NUT. Lisboa: LNEC.

PEDRO, J. Branco; COELHO, A. Leça; VICENTE, Marta, 2019 – **ARICA:2019 – Método de avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes. Folha de cálculo**. Lisboa: LNEC. (Programa de computador)

PEDRO, J. Branco; COELHO, A. Leça; VICENTE, Marta, 2019 – **ARICA:2019 – Método de avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes. Instruções de utilização da folha de cálculo**. Lisboa: LNEC.

A IMPORTÂNCIA DA MODELAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA AO INCÊNDIO NA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

THE IMPORTANCE OF MODELING FIRE SAFETY CONDITIONS IN THE REHABILITATION OF BUILDINGS




António Leça coelho [(1)], Joaquim Neto [(2)]

(1) LNEC, Portugal, alcoelho@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, jfn@lnec.pt

RESUMO

O Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho, estabeleceu o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas. No domínio da segurança ao incêndio (SI) alterou o artigo 14.º-A do Decreto-Lei n.º 220/2008, consagrando que: (i) pode ser dispensada a aplicação de algumas disposições da regulamentação de SI quando a sua aplicação seja manifestamente desproporcionada; e (ii) cabe ao projetista determinar as medidas de SI a implementar, recorrendo a métodos de análise das condições de SI ou métodos de análise de risco, reconhecidos pela ANEPC ou por método a publicar pelo LNEC. Neste enquadramento, o LNEC publicou o "ARICA:2019, que permite agilizar o processo de projeto de SI e ajudar o projetista a encontrar soluções adequadas a cada caso.

Contudo, o referido método não permite otimizar o binómio custo/benefício das soluções, pelo que o LNEC está a desenvolver, desde 2014, um modelo de análise das condições de SI em edifícios (MACSIE), baseado na engenharia de SI e na capacidade de desempenho dos meios e sistemas de segurança, que permitirá definir e otimizar as soluções de projeto, quer para os edifícios novos, quer para os existentes.

O MACSIE, para além de permitir a representação do edifício, incorpora todos os fatores com implicação na SI, mediante a integração de diversos submodelos de simulação, com destaque para os seguintes: (i) desenvolvimento e propagação do incêndio; (ii) evacuação dos edifícios; (iii) desempenho dos meios passivos de SI; (iv) desempenho dos meios ativos de SI; (v) eficácia da intervenção dos bombeiros.

O modelo permite, ainda, suportar uma classificação dos edifícios do ponto de vista da SI.

A comunicação descreve as principais caraterísticas do MACSIE, bem como as suas vantagens relativamente aos métodos tradicionais e à regulamentação em vigor.

Palavras-chave: Edifícios / Incêndio / Projeto / Modelação

1. INTRODUÇÃO

A abordagem à segurança ao incêndio (SI) em Portugal, quer se trate do projeto de edifícios novos ou de operações de reabilitação, tem estado ancorada em regulamentação de natureza descritiva. É suposto que a aplicação aos edifícios das medidas preconizadas nessa regulamentação, permite atingir um nível satisfatório de SI. Contudo, essa regulamentação tem limitações diversas, com destaque para as seguintes: (i) a sua fundamentação é essencialmente empírica, baseada na sensibilidade do legislador; (ii) não permite quantificar o nível de SI alcançado; (iii) não permite encontrar as soluções mais adequadas às caraterísticas dos edifícios e sua utilização; e (iv) não permite otimizar a relação custo/ benefício das soluções. Essas limitações acentuam-se quando a regulamentação é aplicada a edifícios mais complexos (edifícios com um elevado efetivo, edifícios cujo efetivo é constituído predominantemente por pessoas com limitações diversas, edifícios com grandes dimensões em planimetria e altimetria, edifícios onde se desenvolvem atividades de maior perigo, outros) e em operações de reabilitação, pelo que se justifica a procura de instrumentos alternativos de apoio ao projeto.

O Decreto-Lei n.º 224/2015 (estabeleceu a primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 220/2008), reconhece no seu preâmbulo algumas limitações dessa regulamentação, ao referir o seguinte:

> *"As alterações agora introduzidas não dispensam uma revisão mais alargada do regime jurídico em causa, a qual carece de um debate demorado e aberto a entidades externas e a especialistas em matérias específicas sobre aspetos estruturantes do mesmo, como sejam a abordagem à utilização de métodos de análise de risco, conjugada com a existência da prescrição de requisitos mínimos, a adequação da legislação a novos edifícios situados em centros urbanos antigos, devendo ainda ser revisto o método para determinação das categorias de risco, entre outras matérias que têm implicação na revisão geral do regulamento técnico."*

Esse mesmo decreto criou, ainda, um novo artigo de aplicação aos edifícios existentes (Artigo 14.º-A). Posteriormente, o Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho, que estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas, alterou o referido Artigo 14.º-A, consagrando que: (i) pode ser dispensada a aplicação de algumas disposições da regulamentação de SI quando a sua aplicação seja manifestamente desproporcionada; e (ii) cabe ao projetista determinar as medidas de SI a implementar, recorrendo a métodos de análise das condições de SI ou métodos de análise de risco, reconhecidos pela ANEPC ou por método a publicar pelo LNEC. Neste enquadramento, o LNEC publicou o método ARICA:2019, que permite agilizar o processo de projeto de SI e ajudar o projetista a encontrar soluções mais adequadas ao edifício intervencionado. Contudo, o referido método apresenta limitações diversas, que só podem ser eliminadas com a concretização de regulamentação exigencial ou de modelos de análise das condições de SI baseados numa engenharia de SI e na modelação da capacidade de desempenho dos meios de segurança aplicados no edifício.

Procurando concretizar um instrumento de apoio ao projeto que dê resposta às questões enunciadas, o LNEC iniciou em 2014 o desenvolvimento de um modelo de natureza quantitativa para análise das condições de SI em edifícios, em que se recorre à modelação e simulação dos principais fenómenos que ocorrem numa situação de incêndio (refere-se, a título de exemplo, a modelação do desenvolvimento e propagação do incêndio e a modelação da evacuação dos edifícios em caso de incêndio) e na capacidade de desempenho dos meios de segurança instalados no edifício, quer os ativos quer os passivos. O modelo, que atualmente tem a designação "Modelo de análise das condições de segurança ao incêndio em edifícios" (MACSIE), é aplicável a qualquer tipo de edifício, quer seja novo ou existente.

2. DESCRIÇÃO DO MACSIE

2.1. Constituição geral

O MACSIE articula vários submodelos, dos quais se destacam os seguintes: (i) submodelo descritor do edifício (SM_{DE}); (ii) submodelo de desenvolvimento e propagação do incêndio (SM_{DPI}); (iii) submodelo de comportamento dos meios passivos (SM_{CMP}); (iv) submodelo de deteção de incêndio (SM_{DI}); (v) submodelo de alarme de incêndio (SM_{AI}); (vi) submodelo de controlo do fumo (SM_{CF}); (vii) submodelo de extinção automática de incêndio (SM_{EAI}); (viii) submodelo de evacuação do edifício (SM_{EE}); (ix) submodelo de intervenção dos bombeiros (SM_{IB}), e (x) submodelo de medidas de autoproteção (SM_{MAP}).

Na Figura 1 representa-se esquematicamente uma parte significativa dos vários submodelos que constituem o MACSIE e algumas das relações entre eles.

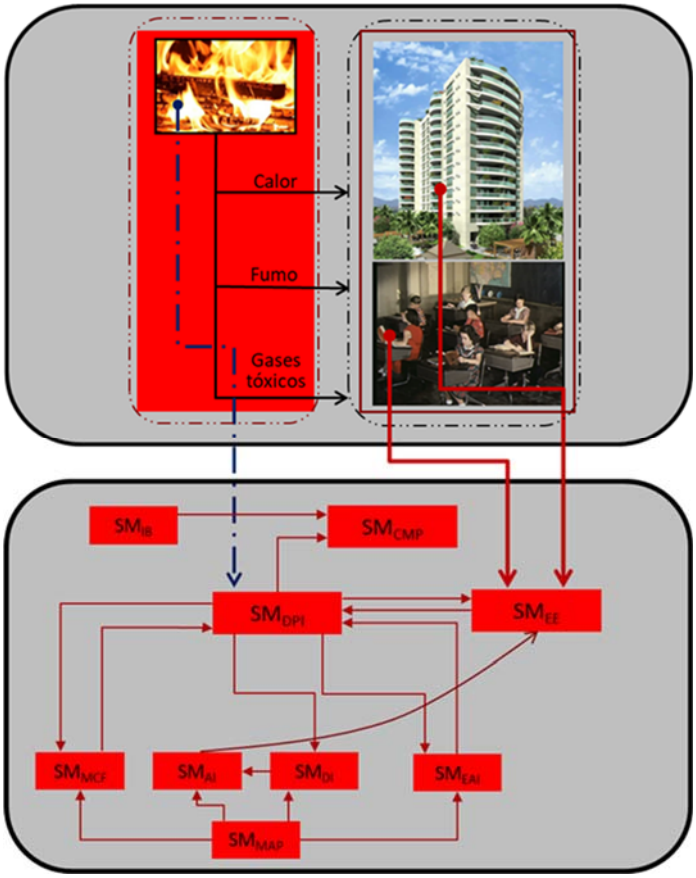


Figura 1 – Representação esquemática das algumas das relações entre vários submodelos do MACSIE

Nas secções seguintes é apresentada uma breve descrição dos vários submodelos que constituem o MACSIE.

2.2. Submodelo descritor do edifício

O SM_{DE} é um dos principais submodelos do MACSIE, pois ele fornece informação todos os outros submodelos do MACSIE.

Este submodelo incorpora toda a informação sobre o conteúdo do edifício, incluindo meios de segurança instalados, passivos e ativos, tipo de utilização, efetivo e outros, para além de desenhar as plantas dos diversos pisos dos edifícios, independentemente da sua forma.

A partir do algoritmo desenvolvido para representar o edifício e o seu conteúdo, a Divisão de Infraestruturas Informáticas do LNEC tem vindo a trabalhar na sua integração numa plataforma digital para futuro uso através

da internet, tendo já sido concretizada uma primeira versão do SM_{DE} que permite a representação em sistema de base de dados. O trabalho desenvolvido incidiu, também, na escolha das ferramentas de desenvolvimento e definição da arquitetura geral da plataforma Web a implementar, privilegiando-se a adoção de tecnologias informáticas Web open source.

Considerando que um dos aspetos mais críticos, porque condicionador do sucesso futuro da plataforma, se prende com a introdução dos dados caraterizadores dos edifícios, a procura de soluções amigáveis para o projetista tem sido uma preocupação permanente no decurso do desenvolvimento do SM_{DE}.

O projetista decomporá as plantas dos edifícios em malhas com as dimensões que considerar mais adequadas a cada caso em concreto e que, geralmente, devem coincidir com as paredes existentes. A partir das dimensões dessas malhas e do posicionamento e dimensões dos vãos, o SM_{DE} desenha as plantas cuja forma pode ser ajustada pelo utilizador usando para isso o cursor. Cada um dos lados dessas malhas é caraterizado pelas condições fronteiras, que o utilizador terá de definir.

2.3. Submodelo de desenvolvimento e propagação do incêndio

O SM_{DPI} tem como objetivo quantificar o perigo a que os ocupantes estão sujeitos numa situação de incêndio e é constituído pelos seguintes submodelos: (i) submodelo parcial de desenvolvimento do incêndio (SM_{DI}); e (ii) submodelo parcial de propagação do incêndio (SM_{PI}). No MACSIE considera-se que o edifício resulta da associação e interligação de locais e vias de evacuação e que o incêndio só pode ter origem nos locais, a partir dos quais se propaga, eventualmente, aos restantes espaços.

O SM_{DI} permite determinar a evolução diversas grandezas no tempo, com destaque para as seguintes: (i) evolução da potência calorífica libertada; (ii) evolução da temperatura; (iii) evolução da quantidade de fumo produzido; e (iv) evolução da radiação. O modelo considera, em função da utilização-tipo, as fontes de calor que existem no cenário de incêndio, caraterizadas pelos seguintes fatores: (i) taxa de crescimento do incêndio, t_g(s); (ii) taxa de decaimento do incêndio (s); (iii) taxa máxima de libertação de calor por unidade de área do local, RHR_f (kW/m^2); (iv) poder calorífico inferior dos materiais existentes no local (kJ/kg); e (v) densidade de carga de incêndio do local (MJ/m^2). Os materiais de revestimento das paredes, dos tetos e dos pavimentos, dos diferentes espaços são considerados como fontes de calor distintas do conteúdo. O modelo considera que a propagação do incêndio no local onde teve origem ocorre devido à transmissão do calor por radiação que, por si só, tem potencial para promover a inflamação dos materiais expostos. Assim, o fluxo de calor recebido por radiação é utilizado como critério para definir o limiar de inflamação dos materiais expostos. Nos casos em que não se conhecem os materiais existentes, o modelo adota uma metodologia alternativa considerando a distância entre a fonte de calor principal e as secundárias.

Por sua vez, o SM_{PI} permite determinar a quantidade de fumo que passa do cenário de incêndio para as vias horizontais e destas para outros locais não incendiados e, ainda, para as vias verticais de evacuação. No SM_{PI} a transferência de massa entre compartimentos é feita recorrendo à equação de Bernoulli, admitindo que não há variação da energia potencial a uma altura constante H, nem forças de viscosidade. A ocorrência de um incêndio num determinado local interior de um edifício provoca, no interior desse local, duas zonas de temperatura e pressão distintas. Os fumos e gases quentes que se geram no decurso do incêndio acumulam-se na parte superior do local, que ficará a uma pressão superior à dos espaços adjacentes. Por sua vez, a parte inferior desse compartimento ficará a uma pressão inferior à dos espaços adjacentes. Se aplicarmos a equação de Bernoulli ao fluxo que atravessa um tubo horizontal, representado na Figura 2, cujas extremidades estão situadas de um e outro dos lados de uma abertura vertical e considerando que a origem do movimento se situa numa zona cuja velocidade horizontal é nula, determina-se a relação entre a pressão interior, na camada quente, e a pressão no exterior, assim como a velocidade de escoamento em função da diferença de pressão.

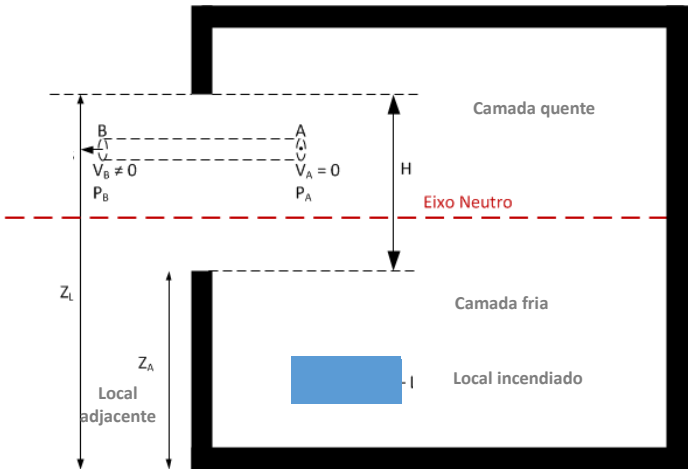


Figura 2 – Representação esquemática de aplicação da equação de Bernoulli

Para a determinação das trocas de massa entre o local incendiado e o adjacente, considera-se que naquele se formam duas camadas; a superior onde se acumulam o fumo e gases quentes (T_g) e a inferior, considerada à temperatura ambiente (T_{ar}), conforme se representa esquematicamente na Figura 3.

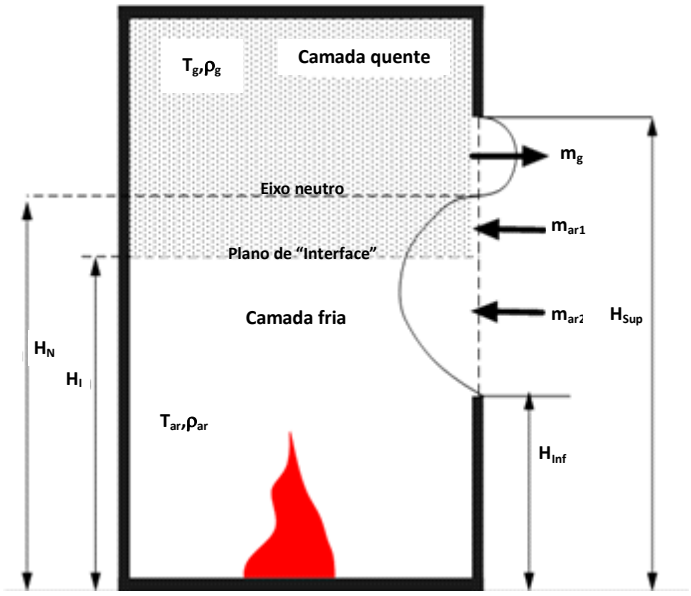


Figura 3 – Esquematização da transferência de massa entre o cenário de incêndio e espaço adjacente

Nessa figura representa-se, ainda, esquematicamente, as trocas de massa que se estabelecem entre um espaço onde ocorreu um incêndio e outro adjacente, através de uma abertura vertical, em que o m_g corresponde à massa de fumo e gás que sai para o exterior, o m_{ar1} corresponde à entrada de ar exterior na camada quente e, finalmente, o m_{ar2} corresponde à entrada de ar exterior na camada fria.

O SM_{PI} permite conhecer em cada momento a posição do plano de "interface" (PI) e o plano do eixo neutro (a pressão interior à cota do plano neutro é igual à pressão exterior), situados na Figura 3, respetivamente, à cota H_I e à cota H_N. O PI estabelece uma separação virtual entre a camada quente (à temperatura T_g) e a camada fria (à temperatura T_{ar}), sendo fundamental que ele se situe, na generalidade dos casos, a uma cota relativamente ao pavimento igual ou superior a 2 m.

Para as aberturas horizontais adotou-se uma metodologia idêntica para determinar as trocas de massa, neste caso, entre o interior e o exterior do edifício.

O SM_{DPI} recebe informação do SM_{DE} relacionada com as caraterísticas físicas e geométricas do edifício e, ainda, sobre o seu conteúdo e tipo de utilização e fornece informação ao SM_{CMP}, ao SM_{EE}, ao SM_{CF}, ao SM_{DI}, ao SM_{EAI}, ao SM_{EE} e ao SM_{IB}.

2.4. Submodelo de comportamento dos meios passivos

O SM_{CMP} permite determinar o escalão de tempo que deve ser exigido para os diferentes elementos da construção que desempenham funções de resistência ao fogo, de estanquidade e de isolamento térmico.

A determinação do referido escalão de tempo é feita a partir do designado tempo de habitabilidade (T_{HAB}), definido na secção 3 deste artigo, e do tempo necessário para os bombeiros iniciarem as operações de combate ao incêndio.

O SM_{CMP} recebe informação do SM_{DPI} sobre a evolução da temperatura e, ainda, do SM_{IB} sobre o tempo necessário para se iniciarem as operações de combate e socorro.

2.5. Submodelo de controlo do fumo

O SM_{CF} permite determinar o balanço entre a quantidade de fumo produzida e aquela que é evacuada para o exterior, quer do local onde ocorre o incêndio, quer de outros espaços aos quais o incêndio e /ou o fumo se propagou.

O modelo considera as seguintes hipóteses relativamente aos meios de controlo de fumo: (i) existem meios ativos; (ii) existem meios naturais distintos de fenestração direta para o exterior; (iii) existe fenestração direta para o exterior podendo os vãos ser facilmente abertos e as vias de acesso têm controlo de fumo; e (iv) não existem meios de controlo de fumo.

O submodelo em causa determina o caudal de exaustão que é necessário assegurar para que o PI não desça abaixo dos 2 m referidos anteriormente e verifica se os meios de controlo de fumo existentes são suficientes para assegurar esta condição.

Dado que a potência calorífica libertada num incêndio pode rapidamente exceder os limites considerados compatíveis com a presença humana, é necessário considerar essencialmente a evolução transiente do início do incêndio sendo, portanto, relevante a comparação do tempo ao fim do qual o controlo de fumo deixa de ser capaz de assegurar essas condições.

O SM_{CF} recebe informação do SM_{DE} e do SM_{DPI}.

2.6. Submodelo de deteção do incêndio

O SM_{DI} determina o tempo que o incêndio demora a ser detetado após o seu início. O momento em que essa deteção ocorre depende, fundamentalmente, de existir, ou não, um sistema automático de deteção de incêndio (SADI).

Assim, o submodelo considera as seguintes hipóteses em matéria de deteção de incêndio: (i) existe um SADI no cenário de incêndio; e (ii) não existe SADI no cenário de incêndio.

No caso em que existe um SADI, o SM_{DI} determina o tempo de resposta desse sistema tendo em consideração as suas caraterísticas e a evolução do incêndio.

Quando no cenário de incêndio não existe um SADI, a deteção vai depender da observação casuística por parte das pessoas, sejam elas ocupantes, ou não, do edifício, podendo ocorrer varias situações distintas. Dessas situações considerou-se a correspondente ao pior dos cenários, que consiste em supor que o local em causa está desocupado, sendo previsível que o incêndio só será detetado quando a potência calorífica é já significativa,

tendo-se adotado o valor de 2,0 MW. Assim, nas situações em que o edifício não tem um SADI, o tempo necessário para que ocorra a deteção corresponde ao momento que a potência calorífica libertada atinge o valor anteriormente referido.

O SM_{DI} recebe informação do SM_{DE} e do SM_{DPI} e transmite informação ao SM_{AI} e, eventualmente, ao SM_{EAI} quando os sistemas automáticos de extinção são ativados pelo SADI.

2.7. Submodelo de alarme de incêndio

O SM_{AI} determina as caraterísticas que o sistema de alarme deve ter de modo a que seja audível e identificável pelos ocupantes.

Dos vários fatores que influenciam a transmissão do alarme entre a fonte sonora e o recetor (os ocupantes), destacam-se os seguintes: (i) nível da pressão sonora da fonte emissora; (ii) frequência do sinal; (iii) localização relativa entre a fonte e o recetor; (iv) caraterísticas geométricas das vias horizontais de evacuação; (v) caraterísticas dos materiais de revestimento das vias de evacuação; (vi) caraterísticas dos elementos que estabelecem a separação (paredes e portas) entre essas vias e os locais de estar; (vii) mobiliário; (viii) ruído de fundo e sua frequência; e (ix) condições de vigilância dos ocupantes.

O SM_{AI} permite determinar, em função dos fatores anteriormente referidos, se o sistema escolhido é, ou não, eficiente.

O SM_{AI} recebe informação do SM_{DE} e fornece informação ao SM_{EE}.

2.8. Submodelo de extinção automática de incêndio

O SM_{EAI} determina o momento em que o sistema automático de extinção entra em funcionamento e o efeito que tem no desenvolvimento do incêndio (evolução da potência calorífica e da temperatura).

No caso dos sistemas automáticos cujo agente extintor é a água, os seus efeitos sobre o incêndio são os seguintes: (i) reduzem a potência calorífica libertada; (ii) reduzem a temperatura da camada quente; (iii) reduzem a concentração do CO, do CO_2 e de outros gases tóxicos; e (iv) aumentam o fumo produzido, destruindo a estratificação que existe entre a camada quente e a fria, reduzindo a visibilidade.

O SM_{EAI} simula os feitos anteriormente referidos no que se refere à redução, quer da potência calorífica libertada, quer da temperatura da camada quente.

Nos casos em que os sistemas automáticos de extinção usam um outro agente extintor distinto da água, o SM_{EAI} considera que os efeitos são iguais apesar de, normalmente, terem uma maior eficácia quando comparados com estes.

O SM_{EAI}, que recebe informação do SM_{DE} e do SM_{DPI} e envia informação para o SM_{DPI}.

2.9. Submodelo de evacuação do edifício

O SM_{EE} determina o tempo necessário para evacuar o edifício, considerando que ele é igual à soma do tempo correspondente a cada uma das três fases consideradas.

A primeira fase corresponde à deteção e alerta, tendo início a partir do momento em que ocorre a deflagração do incêndio, até ao instante em que se inicia a evacuação, sendo este tempo quantificado pelo SM_{DI}.

A segunda fase está relacionada com a reação dos ocupantes ao alarme de incêndio. Esta é, seguramente, de entre todas as áreas da SI a que apresenta maior incerteza e dificuldade de modelação. Relativamente a esta matéria pretende-se alterar um dos paradigmas relacionado com a evacuação dos edifícios, que considera essencial o conhecimento do comportamento das pessoas em caso de incêndio, para o incorporar nos modelos

de simulação. Para alteração desse paradigma está a ser desenvolvido no LNEC um estudo, no âmbito de uma tese de doutoramento, que congrega a área dos sistemas de recomendação multiagente e da "Internet of Things". O objetivo é estudar em que medida um sistema de recomendação multiagente, baseado num modelo ontológico, pode contribuir para melhorar a eficiência da evacuação de edifícios numa situação de incêndio, recomendando em tempo real os percursos mais adequados e eficientes a cada momento. As vantagens desta nova abordagem relativamente à que ainda prevalece são evidentes, considerando-se que neste caso o tempo correspondente a esta fase é nulo. Contudo, a generalidade dos edifícios não tem, ainda, os meios necessários para concretizar o objetivo anteriormente referido, pelo que o SM_{EE} incorpora, também, uma rotina relativa ao comportamento dos ocupantes. Neste caso o utilizador do MACSIE escolhe a opção de simulação do comportamento das pessoas, existindo uma rotina no SM_{EE} que vai determinar o tempo que corresponde ao gasto pelos ocupantes na realização de atividades que não têm como objetivo abandonar o edifício. Esse tempo será somado ao correspondente às outras duas fases.

Quanto à terceira fase, já desenvolvida, corresponde à modelação do movimento dos ocupantes com vista a deixar o edifício. O SM_{EE} faz uma dupla análise do movimento das pessoas, tendo em consideração os aspetos microscópicos e macroscópicos, isto é, determina a posição de cada ocupante ao longo do tempo, tendo presente o que se passa ao nível global e as limitações que os outros ocupantes podem exercer sobre o seu movimento. O submodelo permite, assim, determinar diversos fatores com impacto no movimento, com destaque para os seguintes: (i) densidade dos grupos de ocupantes que se formam no decurso da evacuação; (ii) determinação da velocidade de deslocação dos ocupantes em função da densidade do grupo em que estão; (iii) análise das situações de congestionamento que possam ocorrer; e (iv) modelação da formação de arcos. Refere-se, finalmente, que os ocupantes têm a possibilidade de se movimentarem em qualquer direção, estando somente limitados pelos obstáculos existentes.

O SM_{EE} recebe informação do SM_{DE}, do SM_{DPI} e do SM_{DI}.

2.10. Submodelo de intervenção dos bombeiros

O SM_{IB} avalia as consequências da intervenção dos bombeiros sobre o incêndio. As consequências dessa intervenção dependem de diversos fatores, uns intrínsecos ao próprio edifício, outros exteriores a este, destacando-se os seguintes: (i) tempo que decorre desde o início do incêndio até à sua efetiva intervenção; (ii) meios de intervenção existentes no edifício; (iii) abastecimento dos meios de extinção; (iv) existência ou não de ascensores prioritários para os bombeiros em edifícios, no caso de edifícios de altura superior a 28 m; (v) hidrantes exteriores; (vi) caraterísticas das vias de acesso ao edifício; e (vi) caraterísticas dos meios de intervenção que os bombeiros possuem.

Os efeitos dos vários fatores anteriormente indicados são traduzidos no SM_{IB} pela equação (1).

$$E_{IB} = \frac{T_{Int}}{T_{Ref}} \times \frac{V_{Nec}}{V_{Dis}} \quad (1)$$

em que:

- T_{Int} – Tempo de intervenção em (min);
- T_{Ref} – Tempo de referência definido em função da ocorrência da inflamação generalizada no compartimento (min);
- V_{Nec} – Volume de água necessário para as operações de combate ao incêndio (l/s); V_{Dis} – Volume de água disponível para as operações de combate ao incêndio (l/s).

O T_{int} representa o tempo que decorre entre o início de incêndio e o instante em que os bombeiros começam o combate ao incêndio, sendo expresso pela Equação (2).

$$T_{Int} = T_D + T_N + T_{TPS} + T_{TT} + T_{PI} \quad (2)$$

em que:

T_{Int} – Tempo de intervenção (s)

T_D – Tempo de deteção (s)

T_N – Tempo de notificação (s)

T_{PS} – Tempo de preparação para a saída (s)

T_T – Tempo de trajeto (s)

T_{PI} – Tempo de preparação para intervir (s)

Na Figura 4 pode observar-se a representação esquemática dos vários tempos relacionados com a intervenção dos bombeiros.

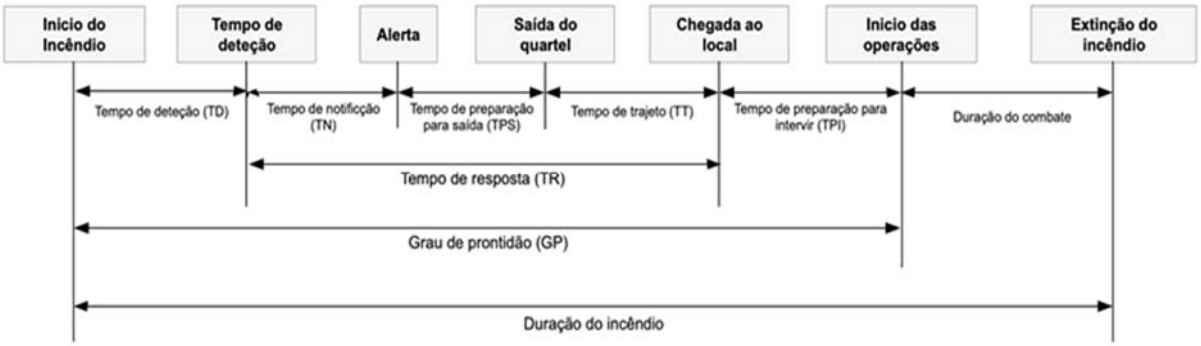


Figura 4 – Tempos relacionados com a intervenção dos bombeiros

O T_{Ref} está associado ao instante em que há uma alteração significativa das condições de desenvolvimento do incêndio, tendo-se considerado que isso ocorre quando se verifica a inflamação generalizada. Embora não exista um critério universal para definir o momento em que ocorre a inflamação generalizada, é frequentemente aceite que tal se verifica para temperaturas entre os 500 ºC e os 600 ºC. No SMIB considerou-se que o T_{Ref} está associado à temperatura de 550 ºC, pelo que a partir do MDPI determina-se o momento ocorre essa temperatura.

A eficácia do combate ao incêndio por parte dos bombeiros está dependente, também, da disponibilidade de água em quantidade suficiente para concretizar as operações de combate. Assim, o SM_{IB} determina, com base na informação fornecida pelo SM_{DPI}, a quantidade de água necessária para realizar esse combate, quer para as operações ofensivas (combate ao incêndio no edifício sinistrado), quer para operações defensivas (água necessária para proteção dos edifícios vizinhos).

No caso dos edifícios com altura superior a 28 m a equação (1) incorpora um outro fator relacionado com os elevadores prioritários para utilização dos bombeiros.

O SM_{IB} que recebe informação do SM_{DE}, do SM_{DPI} e, eventualmente, do SM_{AI} e do SM_{MAP}.

3. CRITÉRIO DE SEGURANÇA

O MACSIE permite determinar para uma dada solução de projeto se ela garante, ou não, condições de SI aceitáveis.

Essa solução será segura se o resultado obtido pela aplicação do MACSIE for inferior a um valor de referência, designado de critério de segurança.

Para fixar esse critério importa ter presente os vários fatores, relacionados com as condições ambientais dos diferentes espaços do edifício e que têm, objetivamente, um impacto na segurança dos ocupantes, com destaque para os seguintes: (i) toxicidade; (ii) temperatura; (iii) radiação; e (iv) visibilidade.

O maior número de vítimas em incêndios urbanos ocorre devido à inalação de gases tóxicos que se libertam no decurso de um incêndio. Este poderia ser, portanto, um indicador a adotar, caso não existissem diversas dificuldades com a sua quantificação pelo que não será utilizado para definir o critério de segurança.

Quanto à temperatura e à radiação a que os ocupantes poderão estar sujeitos, surgem frequentemente como referência, respetivamente, os valores de 60 ^{0}C e 2,5 kW/m^2. O critério de fluxo de radiação de 2,5 kW/m^2 é, por vezes expresso, pela temperatura de 200 ^{0}C dos gases e fumo que se situam na camada quente do local.

A visibilidade pode, também, ser um critério de segurança a fixar, referindo-se frequentemente uma distância de visibilidade de 10 m (aproximadamente 0,1 m^{-1} de densidade ótica), para pessoas que não familiarizadas com o edifício a evacuar e da ordem dos 5 m (aproximadamente 0,2 m^{-1} de densidade ótica) para aqueles que conhecem esse edifício.

No MACSIE será adotado um critério que permite respeitar com um elevado grau de segurança os fatores anteriormente referidos. Esse critério consiste em garantir que o PI, esquematicamente representado na Figura 5, que separa a camada quente de gases da camada fria, está situado, no mínimo, 2 m acima da cota do pavimento, enquanto decorre a evacuação do edifício. Se esta condição for garantida considera-se que existem condições de habitabilidade nos diferentes espaços que os ocupantes têm de percorrer para deixar o edifício.

Designando por T_{Hab} (s) o tempo durante o qual a cota do referido plano está 2 m acima do pavimento e por t_{EE} (s) o tempo necessário para evacuar o edifício, então a solução de SI adotada será aceitável se se verificar a seguinte relação:

$$t_{Hab} \geq F_s \times t_{EE} \tag{3}$$

em que:

F_s – Fator de segurança (adimensional)

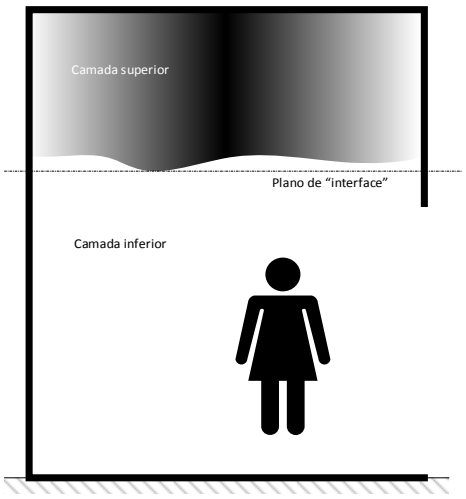


Figura 5 – Representação esquemática das duas camadas formadas no decurso do incêndio

O valor do F_s, que só será fixado após a validação do MACSIE, será diferente consoante se trate de edifícios novos ou de edifícios existentes.

No caso dos edifícios novos estima-se que o seu valor não seja superior a 1,20, enquanto para os existentes será menor e variável, dependendo do grau de intervenção a que o edifício será sujeito.

4. VALIDAÇÃO

A inexistência de um modelo de referência com as caraterísticas do MACSIE impossibilita a validação global deste.

Assim, a validação será feita individualmente, submodelo a submodelo, de forma distinta, consoante existem, ou não, submodelos de referência aos quais se possa recorrer.

Nos casos em que existem submodelos de referência, a validação resultada da comparação dos resultados obtidos pela aplicação destes a diferentes tipos de edifícios, com os que resultam da aplicação dos que integram o MACSIE. Como exemplo deste tipo de validação refere-se o SM_{DPI}, cujos resultados podem ser comparados com dois modelos desenvolvidos pelo National Standard Institut Techonology (CFAST e FDS).

Quando não existem submodelos de referência, a validação consistirá numa análise dos fundamentos teóricos que suportam os submodelos em causa. Como exemplo deste tipo de validação refere-se o caso o SM_{IB}.

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do MACSIE é uma consequência da constatação de que a atual legislação tem limitações diversas, quer para os edifícios novos, quer para os existentes, e resulta da combinação de investigação já consolidada, realizada noutros países, com outra desenvolvida no LNEC com vista à concretização do modelo.

Relativamente à investigação já consolidada refere-se, por exemplo, a relacionada com os algoritmos relativos à resposta dos sistemas de deteção automática de incêndio e aos efeitos dos sistemas de extinção automática sobre o desenvolvimento do incêndio. Quanto à investigação feita no LNEC relacionada com o MACSIE destaca-se a relativa aos seguintes submodelos: (i) submodelo simplificado de desenvolvimento e propagação do incêndio; (ii) submodelo de evacuação do edifício; (iii) submodelo de desempenho dos meios passivos de segurança ao incêndio; e (iv) submodelo de intervenção dos bombeiros.

O modelo, que do ponto de vista conceptual e da formulação matemática que o suporta está quase concluído, baseia-se na engenharia de segurança e na capacidade de desempenho dos meios de SI instalados no edifício.

A transformação dos submodelos teóricos em aplicações informáticas, ainda só foi concretizada para o SM_{DE} (já implementado em computador), prevendo-se que durante o 2.º trimestre de 2010 possa ocorrer o mesmo com SM_{DPI}.

O MACSIE permitirá aos técnicos, quando concluído, encontrar soluções de projeto mais rigorosas e adequadas a cada edifício, do que as obtidas a partir da aplicação da atual regulamentação e, ainda, otimizar a relação custo/segurança, dentro de um quadro de segurança aceitável definido pelo modelo.

Refere-se, finalmente, que o modelo permitirá ainda suportar um sistema de classificação de SI dos edifícios, permitindo atribuir uma classificação que poderá estar disponível todos os potenciais compradores ou inquilinos.

REFERÊNCIAS

Coelho, A. Leça,2006 – **Proposta de uma nova metodologia de abordagem à segurança ao incêndio em Portugal**. Programa Conjunto de Investigação e de Pós-Graduação a apresentar às provas públicas para obtenção do título de habilitado para o exercício de funções de Coordenação Científica. LNEC: Lisboa.

Coelho, A. L., Neto, J., 2019 – **Modelo de análise das condições de segurança ao incêndio em edifícios existentes (MACSI_2E)**. Relatório de progresso. Relatório 18/2019-DED/NUT. LNEC: Lisboa.

Coelho, A. L.; Pedro, João B.; Ferreira, T.; Vicente, M., 2019 – ARICA:2019. **Método de avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes. Descrição, âmbito e condições de aplicação**. Relatório 327/2019. LNEC: Lisboa.

Decreto-Lei n.º 220/2008 – **Estabelece o regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios**. Diário da República, 1.ª Série. N.º 220 (2008-11-12) pp. 7903-7922.

Despacho n.º 2074/2009 – **Critérios técnicos para determinação da densidade de carga de incêndio modificada]**. Diário da República, 2.ª Série. N.º 10 (2009-01-15) pp. 2050-2059.

Decreto-Lei n.º 224/2015 – **Primeira alteração ao regime jurídico de segurança contra incêndio em edifícios**. Decreto-Lei n.º 224/2015. Diário da República, 1.ª Série. N.º 198 (2015-10-9) pp. 8740-8774.

Decreto-Lei n.º 95/2019 – **Estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas**. Diário da República, 1.ª Série. N.º 136 (2019-07-18) pp. 35-45.

Lei n.º 123/2019 – **Terceira alteração ao regime jurídico de segurança contra incêndio em edifícios**. Diário da República, 1.ª Série. N.º 201 (2009-10-18) pp. 3-53.

Portaria n.º 949-A/2006 – **Aprova as regras técnicas das instalações elétricas de baixa tensão**. Diário da República, 1.ª Série. N.º 175 (2006-09-11) pp. 6682(2)-6682(191).

Portaria n.º 1532/2008 – **Aprova o regulamento técnico de segurança contra incêndio em Edifícios**. Diário da República, 1.ª Série. N.º 250 (2008-12-29) pp. 9050-9127.

REABILITAÇÃO DE HABITAÇÃO SOCIAL NA BEIRA INTERIOR E ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

SOCIAL HOUSING RETROFIT IN BEIRA INTERIOR AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE





Pedro Isaac Brandão [(1)], João C. G. Lanzinha [(2)]

(1) C-MADE – Centre of Materials and Building Technologies, Dep. Engenharia Civil e Arquitetura, Universidade da Beira Interior, Portugal, pedro.isaac.brandao@ubi.pt

(2) C-MADE – Centre of Materials and Building Technologies, Dep. Engenharia Civil e Arquitetura, Universidade da Beira Interior, Portugal, pedro.isaac.brandao@ubi.pt

RESUMO

Uma importante parte do parque de habitação social português foi construída previamente à década de 90, aquando da introdução do primeiro regulamento do comportamento térmico dos edifícios, apresentando deste ponto de vista sistemas construtivos inadequados. A predominância do fenómeno de pobreza energética em países do sul da Europa limita o uso de climatização para corrigir as insuficiências das envolventes construtivas, levando a hábitos de climatização com a que cimento e arrefecimento nulos na maioria dos casos. Este cenário prevê-se agravado pelo impacto das alterações climáticas, que farão aumentar os requisitos de conforto nos edifícios: para Portugal prevê-se nas estações de arrefecimento um aumento das temperaturas médias e de fenómenos de onda de calor, e nas estações de aquecimento a persistência de um perfil rigoroso. Considerando este cenário, o parque de habitação d a região da Beira Interior representa um pertinente caso de estudo dentro do contexto português e do sul da Europa, considerando: 1) a época de construção e características construtivas dos edifícios, em linha com a tendência nacional; a existência de diversas áreas da região com altos índices de pobreza energética; 3) o seu clima, como um dos mais rigorosos d o país nas estações de aquecimento e arrefecimento. Atendendo ao importante papel das atividades de reabilitação consideradas nas estratégias nacionais para habitação, o presente artigo, relativo a um a investigação em desenvolvimento, propõe a criação de um guião de intervenção construtiva visando adaptar os edifícios de habitação social na Beira Interior para cenários climáticos atuais e futuros segundo hábitos d e aquecimento e arrefecimento realistas.

Palavras-chave: Reabilitação / Habitação Social / Alterações Climáticas

1. INTRODUÇÃO

O parque de habitação social d a Beira Interior – definida como o conjunto de unidades "Beiras Serra da Estrela" (BSE) e "Beira Baixa (BB), segundo o nível geográfico NUTS III, de acordo com o definido na Figura 1 – apresenta uma parte considerável dos seus edifícios construídos previamente a 1990 (INE, 2020) e à implementação da primeira regulamentação nacional incidente na térmica de edifícios, o Decreto-Lei 40/90 de 6 de Fevereiro. Com o tal, muitas vezes não é garantido o cumprimento dos requisitos de conforto dos seus ocupantes, considerando a inadequabilidade de muitos materiais de construção e de processos construtivos utilizados até então.

Existindo a necessidade de corrigir os fracos desempenhos térmicos dos edifícios, o recurso a climatização para o efeito apresenta grandes limitações no contexto particular de países do sul da Europa devido ao fenómeno de pobreza energética. Em Portugal predominam consumos intermitentes com aquecimento e insignificantes com arrefecimento (Freitas, Magalhães, 2017), sendo que em contextos de habitação social esses consumos são nulos na maioria dos casos (Curado, 2014). Um relevante número de freguesias das unidades BSE e BB apresentam um cenário de muita vulnerabilidade face o panorama nacional (Gouveia, Palma, Seixas *et al*., 2018), sendo consideráveis as limitações no recurso a sistemas ativos.

Este cenário prevê-se agravado pelo impacto das alterações climáticas, cuja repercussão será o aumento das exigências de conforto nos edifícios de habitação. Comparativamente a outras regiões europeias, prevê-se que o sul da Europa será sujeito a adversos efeitos resultantes da alteração do clima (EEA, 2009; IPCC, 2014), estando previstas para Portugal nas estações de verão um aumento das temperaturas máximas e de eventos de onda de calor, sendo que as estações de inverno manterão um perfil rigoroso num a relevante parte do território (Forbes, Moita, Santos, 2002; IPMA, 2015). A BI, para além de ser representativa de uma realidade climática comum a uma considerável extensão do território central da Península ibérica (Almeida, Attia, Badescu *et al.*, 2017), apresenta um caso pertinente de estudo por ser uma das poucas regiões de Portugal que apresenta em muitos locais os mais severos cenários para as estações de inverno e verão (MAOTE-DGEG, 2013) – I3 e V3 respetivamente, segundo o representado na Figura 1.

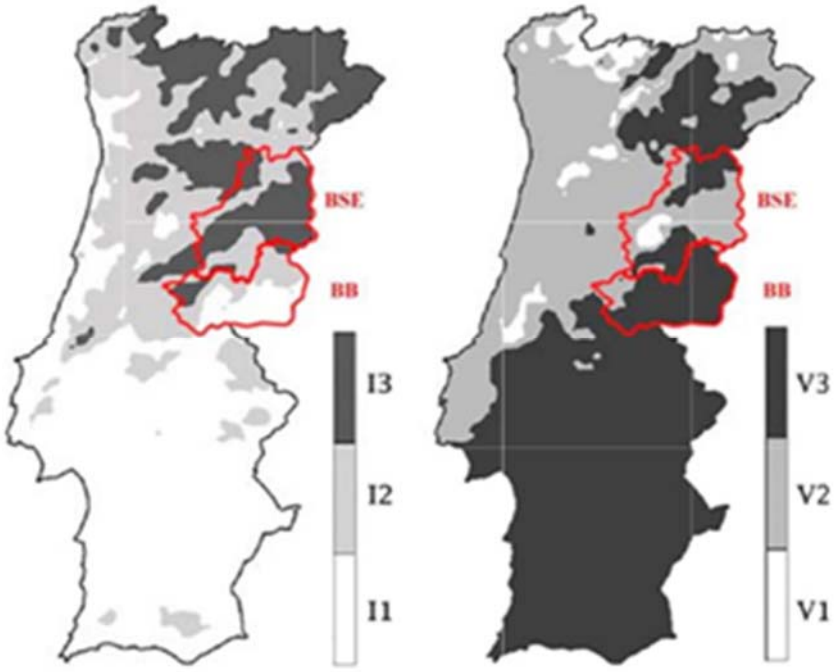


Figura 1 – Zona s climáticas d e Inverno (I) e de Verão (V) em Portugal Continental, e localização das unidades BB e BSE

A reabilitação de edifícios ocupa presentemente um importante papel em estratégias nacionais para a habitação (PCM, 2015), em parte pelas oportunidades que daí resultam para melhorar os seus desempenhos, entre os quais o desempenho térmico, resolvendo ou minimizando cenários de vulnerabilidade pela sua melhoria e adaptação (Douglas, 2002). Por outro lado, as limitações de instrumentos oficiais, como o Sistema de Certificação Energética (SCE), que permitem identificar medidas de reabilitação apropriadas para essa melhoria, carecem de uma abordagem enquadrada nos contextos do sul da Europa, sendo considerados consumos irrealistas nas respetivas metodologias de cálculo (Freitas, Magalhães, 2017), tornando portanto pertinentes os estudos dentro deste âmbito.

Como tal, face à situação exposta que permite identificar um cenário de considerável vulnerabilidade do parque de habitação social em contextos do sul da Europa, o presente artigo apresenta uma contribuição para um caso específico da Península Ibérica – a região portuguesa da BI – ao estabelecer uma abordagem incidente no desenvolvimento de uma metodologia de reabilitação construtiva para a adaptação dos edifícios a cenários climáticos futuros segundo hábitos passivos de aquecimento e arrefecimento, de modo a criar-se um guião de reabilitação construtiva que constitua: 1) um complemento ao SCE, considerando consumos realistas e incidindo na redução do desconforto; 2) uma abordagem-piloto incidente nas componentes de medição e intervenção; 3) um alargamento desta natureza de estudos a outras tipologias e zonas climáticas nacionais; 4) um instrumento válido para "stakeholders" com interesse na reabilitação de habitação social da BI, especialmente os Municípios, permitindo-lhes adicionar valor em candidaturas a programas nacionais de apoio à reabilitação e em iniciativas de planeamento de respostas a situações de emergência.

Tratando-se de um trabalho em desenvolvimento, é apresentada uma formulação prévia de intenções, pelo que somente se obterão resultados numa fase posterior.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os procedimentos de reabilitação sustentável estão devidamente sintetizados considerando propostas gerais de reabilitação e respetivas metodologias (Bragança, Pinheiro, 2007). O fenómeno das alterações climáticas alargou este entendimento, relativamente à necessidade de melhoria dos edifícios para o ajuste das respetivas necessidades às condições exteriores (Crichton, Nicol, Roaf, 2004; Douglas, 2002), sendo também focado o impacto das ações de reabilitação no desempenho passivo dos edifícios.

Em contextos de edifícios de habitação no sul da Europa, a reabilitação construtiva e respetivo impacto no desempenho térmico foram estudados em cenário climático atual no que respeita à integração de medidas de melhoria passivas visando o incremento do conforto térmico e tendo como consequência a diminuição do consumo energético com sistemas ativos (Flores, 2013; Fonseca, Fonseca, Garrido *et al*., 2016). Em cenário climático futuro, o âmbito das medidas de melhoria passivas foi tratado em trabalhos considerando também o respetivo impacto sob o efeito de fenómenos climáticos extremos (Barbosa, Santos, Vicente, 2015).

Relativamente ao campo específico de edifícios de habitação social no sul da Europa, os estudos sobre reabilitação em contextos como Portugal, Espanha ou Itália abordam nomeadamente os seguintes temas: 1) estudos incidentes na redução do consumo energético e na melhoria da eficiência energética (Alonso, Martin-Consuegra, Oteiza *et al.,* 2017; Alonso, Gonzalez-Moya, Martin-Consuegra *et al.,* 2018); estudos incidentes na repercussão económica de ações de reabilitação em projeto (Boeri, Gabrielli, Longo, 2011); 3) estudos incidentes no desempenho térmico e de conforto sem recurso a sistemas ativos de climatização (Curado, 2014). A relevância em estudar os contextos do sul da europa dentro desta natureza temática é reforçada por propostas incidentes no planeamento da reabilitação sustentável para escalas urbanas (Martinez-Hervas, Sendra, Suárez, 2018), ou em exemplos construídos de edifícios reabilitados que incluem medidas de melhoria passivas, como a

intervenção de Transformação de 530 apartamentos em Bordéus, reconhecida com o prémio Mies van der Rohe 2019 (FMVDR, 2019).

No entanto, a literatura incidente nos desempenhos térmico e de conforto em habitação social do sul da Europa sob o impacto de cenários climáticos futuros é ainda escassa considerando a variedade de contextos a estudar dentro deste campo, entre eles a Península Ibérica, tornando pertinente o presente caso de estudo.

3. DEFINIÇÃO DE CASOS DE ESTUDO

A definição dos casos de estudo para o desenvolvimento da pesquisa contempla três tópicos essenciais: edifício, clima e ocupantes.

No que respeita ao tópico "edifício", o caso de estudo deve refletir a natureza das características do parque de habitação social que legitimou a conceção da presente investigação, de acordo com o mencionado no Quadro 1.

Quadro 1 – Características do parque de habitação social da BI

N.º de edifícios (INE, 2020)	Com 1 alojamento	181
	Com 2 ou mais alojamentos	201
Edifícios com data de construção até 1990 (INE, 2020)		Aproximadamente 62%
N.º de edifícios com data de construção até 1990 (INE, 2020)	Até 1945	18
	1946-74	44
	1975-90	166
Tipologias dos fogos (INE 2020)	T0 e T1	8,7%
	T2 e T3	81,6%
	T4 ou superior	9,7%
Características construtivas em edifícios Período 1975-90 (Autores)	Paredes exteriores	Alvenaria simples de tijolo furado estucada e rebocada U = 1,3 W/m² ^{0}C
	Pavimentos sobre espaços exteriores	Laje maciça em betão armado rebocada pelo exterior Pavimento em pedra mármore ou madeira sobre estrutura de suporte U = 1,6-2,5 W/m² ^{0}C
	Laje de cobertura	Laje maciça em betão armado com impermeabilização e camadas de proteção Tetos em estuque U = 1,6 W/m² ^{0}C
	Vãos envidraçados	Vidro duplo com caixilharia em alumínio e corte térmico (não original) U = 3,3 W/m² ^{0}C

Constata-se a predominância da natureza de edifício multifamiliar considerando um maior número de fogos associados a edifícios com 2 ou mais alojamentos, com data de construção até 1990, e, dentro desse lapso temporal, ao período entre 1975 e 1990, quando a tipologia multifamiliar teve grande quantidade de produção por todo o território nacional (IHRU, 2018). São também apresentadas como exemplo características construtivas de edifícios pesquisados até ao momento pelos autores, estando devidamente enquadradas no histórico construtivo do parque de habitação multifamiliar português desse período, caracterizado pela vulgarização da estrutura reticulada pilar/viga, pavimentos e coberturas em betão armado, e de alvenarias de tijolo cerâmico sem função estrutural (Matos, 2018). Como tal, a proposta da presente investigação consiste na escolha de um edifício representativo do parque de habitação social da região para ser estudado enquanto bloco-tipo, considerando aspetos como a predominância de fogos T2 ou T3, ou especificidades como a localização no volume, área, orientação ou possibilidades de ventilação cruzada, de modo a viabilizar o entendimento das condições interiores de conforto segundo os hábitos dos residentes durante as estações do ano.

No que respeita ao "tópico" clima, são consideradas as severidades das estações de aquecimento e arrefecimento da região. Como tal, três cidades foram escolhidas para estudar o comportamento do bloco-tipo sob o efeito desses cenários, de modo a estabelecer uma adequada delimitação da realidade climática atual (IPMA, 2015; MAOTE-DGEG, 2013) e futura (IPMA, 2015) das unidades BSE e BB, estando exemplificado no Quadro 2 os parâmetros de temperatura máxima e mínima nessas unidades. As cidades da Guarda (pertencente à região BSE) e Castelo Branco (pertencente à região BB) foram selecionadas de modo a obter dois âmbitos de estudo com severidade climática no inverno e no verão, respetivamente; considerando a severidade no verão, Castelo Branco foi também considerada para o estudo do comportamento do bloco-tipo exposto a fenómenos de onda de calor. A cidade da Covilhã (pertencente à região BSE) foi selecionada de modo a obter um exemplo com severidade intermédia em ambas as estações.

Quadro 2 – Temperaturas previstas em cenários climáticos futuros para as unidades BSE e BB

Cenário	**Parâmetro para o mês mais frio/quente (^{0}C)**	**BSE**		**BB**	
		2050	**2080**	**2050**	**2080**
RCP 4.5	Temperatura máxima (verão)	29,2	29,7	32,7	33,2
	Temperatura mínima (inverno)	2,5	2,8	4,3	4,4
RCP 8.5	Temperatura máxima (verão)	30,1	32,4	33,5	35,9
	Temperatura mínima (inverno)	2,9	4,0	4,6	5,6

No que respeita ao tópico "ocupantes", propõe-se a composição de distintos perfis de ocupação em cenário presente e futuro, sendo analisado o respetivo impacto no comportamento dos edifícios. Os perfis de ocupação têm em conta as possibilidades e características dos ocupantes, os seus hábitos passivos de aquecimento e arrefecimento, os períodos em que as habitações são usadas, a definição de situações convencionais ou situações de risco (como idade ou possibilidade de agravamento de doenças), e a repercussão de fatores culturais durante as diferentes estações do ano.

4. PROPOSTA METODOLÓGICA

4.1. Definição geral

O objetivo da presente investigação consiste em estabelecer uma abordagem para definir um guião de medi das de reabilitação construtiva que permitam melhorar os desempenhos térmicos e de conforto dos respetivos edifícios de habitação social segundo condições realistas de utilização (regime passivo) para cenários climáticos presentes e futuros. A proposta metodológica contempla as fases identificadas na Figura 2, tendo a particularidade de recorrer ao diagnóstico do desempenho térmico do bloco-tipo através de monitorizações e de simulações térmicas recorrendo a modelos dinâmicos multi-zona, sendo um procedimento identificado e m literatura incidente no estudo do desempenho térmico e de conforto de edifícios de habitação no sul da Europa expostos a cenários climáticos futuros e hábitos passivos de climatização (Barbosa, Santos, Vicente, 2015), e devidamente adaptado ao contexto de estudo.



Figura 2 – Diagrama da metodologia proposta

Como tal, as etapas consideradas no desenvolvimento d a metodologia para o presente estudo são as seguintes: 1) a primeira etapa consiste em obter os dados preliminares de edifício (bloco-tipo), c lima e ocupantes; 2) a se gunda etapa consiste em implementar uma monitorização no edifício selecionado como bloco-tipo; 3) a terceira etapa consiste em construir e calibrar um modelo do bloco-tipo para efetuar simulações dinâmicas no software EnergyPlus (EP) usando o i terface DesignBuilder (DB); 4) a quarta etapa consiste em efetua r as simulações dinâmicas segundo distintas variante s; 5) a quinta etapa consiste em comparar os resultados obtidos nas simulações com padrões de conforto térmico apropriados; 6) a sexta etapa consiste em propor um conjunto de propostas de reabilitação construtiva, testando-as a partir da repetição do processo desde a quarta etapa; 7) a sétima e última etapa consiste na seleção das melhores propostas atendendo aos resultados dos respetivos testes, agrupando-as no guião de intervenção construtiva.

4.2. Etapa 1: obtenção de dados preliminares

A primeira etapa consiste em obter os dados necessários relativos ao bloco-tipo selecionado, ao clima e aos ocupantes.

Na Figura 3 está representado um edifício localizado na cidade da Covilhã como uma possibilidade de bloco-tipo, e cujas características se enquadram no definido como cas o de estudo. A informação sobre os edifícios pode ser obtida com visitas ao Arquivo Municipal correspondente e recorrendo a levantamentos no local, sendo que as propriedades térmicas de materiais ou soluções construtivas utilizadas serão definidas através de valores d e referência (Matias, Pina dos Santos, 2006).



Figura 3 – Bloco Marinel (Covilhã, 1981-84)

A obtenção de dados climáticos é feita considerando as possibilidades e cenários atuais e futuros. Para cenário climático atual podem ser obtidos ficheiros TMY (Typical Meteorological Years) para as cidades da Guarda, Castelo Branco e Covilhã, em for mato compatível com o EP, e gerados por entidades oficiais como o LNEG ou o INETI. Para cenário climático futuro propõe-se o uso da metodologia "morphing" (Belcher, Hacker, Powell, 2005) através do software CWorldW eatherGen desenvolvido pela Universidade de Southampton (Bahaj, Bourikas, James *et al.*, 2013), de modo a criar ficheiros TMY de clima futuro em formato compatível com o EP: o procedimento definido no software consiste na importação de ficheiros TMY de clima atual, permitindo depois gerar depois o ficheiro TMY de clima futuro respetivo p ara os períodos de tempo 2041-2070 (2050) e 2071-2100 (2080). Embora a aplicação ainda não inclua os mais recentes cenários RCP desenvolvidos pelo IPCC, disponibilizando somente o cenário de emissões A2 (médio-alto, de acordo com os da dos do Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC do conjunto experimental HadCM3), foram identificadas semelhanças consideráveis entre ambos os cenários, viabilizando a sua utilização em diversos estudos (Barbosa Santos, Vicente, 2015). Para a obtenção de dados correspondentes a períodos que compreendam fenómenos de onda de calor podem ser consultadas as estações meteorológicas correspondentes às cidades estudadas.

Os dados relativos aos ocupantes serão obtidos por intermédio de pesquisas quantitativa e qualitativa, cuja complementaridade se verificou em alguns estudos (Sdei, 2015). A pesquisa quantitativa consiste na análise dos dados obtidos no processo de monitorização de frações constituintes do bloco-tipo (a efetuar na etapa 2), contribuindo para o entendimento da influência dos ocupantes no seu desempenho térmico. A pesquisa qualitativa consiste no desenvolvimento e distribuição de questionários aos residentes depois de termina do o período de monitorização, incidentes nos seus hábitos de aquecimento e arrefecimento, mais concreta mente em informação sobre o porquê, como e quando as estratégias passivas (como abertura de janelas ou ativação de dispositivos de sombreamento) foram utilizadas. Esta informação permitirá um entendimento inicial do desempenho atual dos edifícios nas estações estudadas quanto à temperatura, humidade, ventilação e infiltração verificados. Também no recurso a literatura apropriada (Barbosa, Santos, Vicente, 2015; Freitas, Magalhães, 2017; ODPM, 2006) será obtida informação útil para a definição de possíveis perfis de ocupação, pela combinação de características como a idade, possibilidade de agravamento de doenças ou períodos em que as habitações são usadas, assim como a repercussão de fatores culturais durante as estações do ano (como a tolerância a algumas situações de desconforto), de modo a abranger possibilidades também em período futuro. A partir de toda esta informação poderão ser criados os perfis a serem usados nas simulações dinâmicas, e que serão categorizados em perfis de utilização convencional ou com situação de risco.

4.3. Etapa 2: monitorização

O processo de monitorização visa obter informação sobre o desempenho real do edifício sob influência dos hábitos dos habitantes. Como tal, propõe-se que pelo menos três frações do bloco-tipo sejam analisadas simultaneamente durante um mês no verão e um mês no inverno, considerando as medições dos valores de temperatura e humidade relativa no exterior, na sala e num quarto (estes dois últimos as divisões com maior ocupação durante o período diário). Para o efeito, serão usados data loggers EL-GFX- 2 da Lascar para medição da temperatura e humidade relativa, com gamas de medida de - 30 ^{0}C - 80 ^{0}C e 0%-100% e precisão de ± 0,35 ^{0}C e ± 2,05%, respetivamente. Será também analisado o controlo da infiltração com recurso a ensaios de ventilação a efetuar nos fogos monitorizados, de modo a obter a informação necessária à calibração dos modelos para simulação (a efetuar na etapa seguinte).

4.4. Etapa 3: definição de modelo para simulação dinâmica

O modelo do bloco-tipo analisado será construído no interface DB, sendo dada particular incidência a características essenciais com repercussão no desempenho térmico, como a definição de várias zonas térmicas (para além de quartos e salas) e respetivo impacto de zonas/frações adjacentes ocupadas/climatizadas, a introdução de ganhos internos de fontes de calor segundo valores tipificados, a caracterização da envolvente construtiva, e a inclusão no modelo de edifícios ou obstáculos vizinhos que possam causar sombreamento. Está a ser estudada a possibilidade de complementar os valores dos ganhos internos (neste momento assumidos enquanto valores tipificados) com informação proveniente da consulta de faturas do gás e eletricidade dos residentes.

Para a calibração do modelo será usado o procedimento Root Mean Square Error (RMSE), que visa validar o seu comportamento no lapso temporal do período de monitorização, sujeito a condições de clima e utilização idênticas (Barbosa, Santos, Vicente, 2015).

4.5. Etapa 4: simulações dinâmicas

As simulações dinâmicas são realizadas em EP no modelo já construído e devidamente calibrado, de modo a prever os desempenhos do bloco-tipo em climas atuais, futuros e sujeitos a fenómenos extremos (onda de calor) sob o efeito de hábitos passivos de aquecimento e arrefecimento. O número de simulações a efetuar será conforme o conjunto de variantes para cada uma das frações analisadas, considerando as combinações possíveis entre natureza da fração, perfis de ocupação e cenários climáticos presentes e futuros, de acordo com o definido no Quadro 3.

Quadro 3 – Parâmetros considerados para a definição das variantes

Cidade	**Fração**	**Cenário climático**		**Estação**	**Período**	**Perfil de utilização**
Guarda	Último piso	Atual		Inverno	Integral	Convencional
Covilhã	Piso intermédio	RCP 4.5	RCP 8.5	Verão	Onda de calor	Risco
		Futuro				
C. Branco	Primeiro piso	2050	2080			

4.6. Etapa 5: avaliação do conforto

Para todas as simulações efetuadas serão analisados os desempenhos das frações relativamente às condições de conforto térmico. Como tal, será selecionado um modelo de avaliação de conforto apropriado ao presente estudo, com base em propostas definidas em literatura de referência (Barbosa, Santos, Vicente, 2015; Curado, 2014; Freitas, Magalhães, 2017). Deste modo, serão estruturados os resultados segundo o indicador de

percentagem de horas fora dos intervalos de conforto.

4.7. Etapa 6: proposta e teste de medidas de reabilitação construtiva

Na sexta etapa, são propostas e testadas medidas de reabilitação construtiva com repercussão no desempenho passivo do bloco-tipo. As medidas a testar poderão ser incidentes na geometria (como o aumento/redução de áreas de envidraçados ou o dimensionamento de proteções solares) ou na envolvente (como a melhoria do isolamento térmico ou do fator solar dos vãos envidraçados), e serão consideradas de modo a resolver ou minimizar problemas existentes (como a excessiva infiltração) ou potenciais (como o sobreaquecimento), de acordo com a natureza cultural dos hábitos dos residentes nas estações analisadas. A adequabilidade das medidas será avaliada considerando uma lógica de otimização incidente nas variáveis de obtenção do conforto térmico e na prevenção do sobreaquecimento, sendo que deverão cumprir-se hierarquicamente os seguintes objetivos: 1) eliminar o total de horas em intervalos de desconforto; 2) reduzir o máximo de horas em intervalos de desconforto, removendo as restantes de intervalos com condições de risco para a saúde humana. Para o teste das mesmas deve repetir-se o processo desde a quarta etapa.

4.8. Etapa 7: proposta de diretrizes de intervenção construtiva

Na sétima e última etapa, considerando o sucesso das medidas testadas de acordo com o definido na etapa anterior, serão agrupadas no guião de intervenção construtiva aquelas com melhor valor ótimo em função das variantes consideradas, estando um exemplo representado no Quadro 4. O guião será então composto por um conjunto de diretrizes de intervenção construtiva que possam ser aplicáveis a demais casos de estudo no parque de habitação social da região.

Quadro 4 – Exemplo de proposta de reabilitação construtiva

Localização da fração		Último piso
Cenário climático		Castelo Branco | RCP 4.5 | 2041-2070 (2050)
Perfil de utilização		Situação de risco
Proposta de reabilitação construtiva	**Geometria**	Sombreamento de vãos envidraçados das 10h às 16h no verão Dimensão de vãos para ventilação que garanta rh ≥ 10 m³ h no verão
	Envolvente	Aplicação de isolamento térmico pelo exterior de 8 cm e λ = 0,50 W/m ^{0}C Sistema de abertura de vãos compatível com requisitos de ventilação

5. CONCLUSÕES

O presente artigo propõe uma metodologia para a criação de diretrizes de intervenção construtiva para a reabilitação de edifícios de habitação social na BI, adaptando o seu desempenho térmico e de conforto aos respetivos cenários climáticos atuais e futuros segundo práticas de climatização passiva dos respetivos ocupantes. Considerando a necessidade de estudos desta natureza incidentes no sul da Europa, espera-se que o presente trabalho possa constituir uma mais-valia enquanto estudo-piloto de medição e intervenção para o desenvolvimento de demais propostas e instrumentos aplicáveis a contextos semelhantes da Península Ibérica e do sul da Europa em geral. Como desenvolvimentos futuros realça-se o potencial em serem adicionadas outras variáveis à lógica de otimização proposta, como os custos de intervenção, a viabilidade técnica da sua implementação ou a aceitação dos ocupantes.

Presentemente está já em curso a implementação de uma campanha experimental de monitorização em parceria com a Divisão de Ação Social e Saúde da Câmara Municipal da Covilhã, num edifício gerido pelo município. Prevê-se igualmente estabelecer contactos com a Comunidade Intermunicipal das Beiras e Serra da Estrela e respetivos

municípios, visando a cooperação em iniciativas de planeamento como os planos municipais de emergência ou os planos municipais e intermunicipais para as alterações climáticas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Manuela; ATTIA, Shady; BADESCU, Viorel *et al.*, 2017 – **Overview and future challenges of nearly zero energy buildings (nZEB) design in Southern Europe**. *Energy and Buildings*. Volume n. 155, pp. 439-458.

ALONSO, Carmen; GONZALEZ-MOYA, Miriam; MARTIN-CONSUEGRA, Fernando *et al.*, 2018 – **Energy retrofitting for social housing by improving the building envelope: Madrid, 1939-1979**. *In* MERCADER-MOYANO, Pilar – *The sustainable renovation of buildings and neighbourhoods* (pp. 3-32). Bentham Science Publishers eBooks.

ALONSO, Carmen; MARTIN-CONSUEGRA, Fernando; OTEIZA, Ignacio *et al.*, 2017 – **Methodological proposal for monitoring energy refurbishment. Indoor environmental quality in two case studies of social housing in Madrid**. *Energy and Buildings.* Volume n. 155, pp. 492-502.

BAHAJ, AbuBakr; BOURIKAS, Leonidas; JAMES, Patrick; *et al.*, 2013 – **Transforming existing weather data for worldwide locations to enable energy and building performance simulation under future climates.** *Renewable Energy*. Volume n. 55, pp. 514-524.

BARBOSA, Ricardo; SANTOS, Rui; VICENTE, Romeu, 2015 – **Climate change and thermal comfort in Southern Europe housing: a case study from Lisbon**. *Building and Environment.* Volume n. 92, pp. 440-451.

BELCHER, Stephen; HACKER, Jacob; POWELL, D.S., 2005 – **Constructing design weather data for future climates**. *Building Services Engineering Research and Technology.* Volume n. 26 (1), pp. 49-61.

BOERI, Andrea; GABRIELLI, Laura; LONGO, Danila, 2011 – **Evaluation and feasibility study of retrofitting interventions on social housing in Italy**. *Procedia Engineering*. Volume n. 21, pp. 1161-1168.

BRAGANÇA, Luís; PINHEIRO, Manuel, 2007 – **Portugal SB07: sustainable construction, materials and practices**. Amsterdão: IOS Press.

CRICHTON, David; NICOL, Fergus; ROAF, Susan, 2004 – **Adapting buildings and cities for climate change: a 21st century survival guide**. Kidlington: Architectural Press.

CURADO, António, 2014 – **Conforto térmico e eficiência energética nos edifícios de habitação social reabilitados**. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

DOUGLAS, James, 2002 – **Building adaptation**. Edimburgo: Butterworth-Heinemann.

EEA, 2008 – **Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment (Report No.4/2008)**. Copenhaga: European Environment Agency.

FLORES, Joaquim, 2013 – **The investigation of energy efficiency measures in the traditional buildings in Oporto World Heritage Site**. Tese de Doutoramento em Arquitetura. Oxford: Oxford Brookes University.

FMVDR – FUNDACIÓ MIES VAN DER ROHE, 2019 – **EUmiesaward19 Winner 2019**. Disponível em https://miesarch.com/work/3889. Consultado em Janeiro de 2020.

FONSECA, Antoni; FONSECA, Pau; GARRIDO, Nuria *et al.*, 2016 – **Comfort and economic criteria for selecting passive measures for the energy refurbishment of residential buildings in Catalonia**. *Energy and Buildings*. Volume n. 110, pp. 195-210.

FORBES, Keith; MOITA, Ricardo; SANTOS, Filipe Duarte, 2002 – **Climate change in Portugal. scenarios, impacts and adaptation measures - SIAM Project**. Lisboa: Gradiva.

FREITAS, Vasco; MAGALHÃES, Sílvia, 2017 – **A complementary approach for energy efficiency and comfort evaluation of renovated dwellings in Southern Europe**. *Energy Procedia*. Volume n. 132, pp. 909-914.

GOUVEIA, João Pedro; PALMA, Pedro; SEIXAS, Júlia *et al.*, 2018 – **Ligar: eficiência energética para todos! Mapeamento da pobreza energética em Portugal**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.

IHRU, 2018 – **Habitação. Cem anos de políticas públicas em Portugal. 1918-2018**. Lisboa: Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana.

INE – INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, 2020 – **Base de dados**. Disponível em https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_main. Consultado em Janeiro de 2020.

IPCC, 2014 – **Climate change 2014: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]**. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPMA – INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA, 2015 – **Portal do clima**. Disponível em http://portaldoclima.pt/pt/. Consultado em Janeiro de 2020.

MAOTE-DGEG – MINISTÉRIO DO AMBIENTE, ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E ENERGIA – DIREÇÃO-GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA, 2013 – **Despacho (extrato) n.° 15793-F/2013, de 3 de dezembro de 2013. Parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados.** Disponível em https://dre.pt/application/conteudo/2975219. Consultado em Janeiro de 2020.

MARTINEZ-HERVAS, Mónica; SENDRA, Juan; SUÁREZ, Rafael, 2018 – **Towards a sustainable retrofitting plan for social housing in Mediterranean Europe**. *In* MERCADER-MOYANO, Pilar – *The sustainable renovation of buildings and neighbourhoods* (pp. 147-164). Bentham Science Publishers eBooks.

MATIAS, Luís; PINA DOS SANTOS, Carlos, 2006 – **Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios – ITE50**. Lisboa: Laboratório Nacional Engenharia Civil.

MATOS, Vanda, 2018 – **Habitação coletiva de promoção cooperativa, critérios de autenticidade na sua conservação e reabilitação**. Tese de Doutoramento em Arquitetura. Lisboa: Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa.

ODPM, 2006 – **Housing health and safety rating system. Operating guidance**. Londres: Office of the Deputy Prime Minister.

PCM – PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS, 2015 – **ENH – Resolução n.º 48/2015, de 15 de julho de 2015. Estratégia nacional para a habitação (ENH) para o período de 2015 -2031**. Disponível em https://dre.pt/application/conteudo/69812100. Consultado em Janeiro de 2020.

SDEI, Arianna, 2015 – **Climate change adaptation of retrofitted social housing in the South-East of England**. Tese de Doutoramento em Arquitetura. Brighton: University of Brighton.

METODOLOGIA DE DIAGNÓSTICO – DESTACAMENTOS E FISSURAÇÃO DE ETICS

DIAGNOSTIC METHODOLOGY – DETACHMENT AND CRACKING OF ETICS





Sofia Malanho [(1)], Maria do Rosário Veiga [(2)]

(1) LNEC, Portugal, smalanho@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt

RESUMO

Os sistemas ETICS (*External Thermal Insulation Composites Systems*) são revestimentos utilizados em intervenções de reabilitação térmica de fachadas de edifícios recentes. Estes sistemas são compostos por vários componentes aplicados em camadas, sob a forma de um *kit*. Em diversas obras têm surgido situações patológicas, em geral devido a omissões de projeto, substituição de componentes dos sistemas selecionados por outros de menor desempenho ou menor compatibilidade, ou devido a aplicação deficiente. Pelo seu grau de gravidade, as anomalias que se distinguem são os destacamentos de ETICS das fachadas, que implicam consequências a nível da segurança física dos utentes e a fissuração, que inviabiliza o bom desempenho do sistema e afeta gravemente a sua durabilidade.

Nesta comunicação é apresentada uma metodologia de diagnóstico, ilustrada através de dois casos de estudo, que apresentam destacamentos e fissuração dos ETICS aplicados nas fachadas dos edifícios em estudo. A metodologia inclui observações efetuadas em obra, análise de documentação dos sistemas aplicados, realização de ensaios, bem como outras ações consideradas relevantes para o diagnóstico. Apontam-se as causas mais prováveis das anomalias detetadas, soluções de reparação e medidas a tomar para assegurar a manutenção dos revestimentos. Esta metodologia pretende auxiliar no diagnóstico de situações patológicas semelhantes e contribuir para um melhor conhecimento das causas das anomalias em ETICS e desse modo para um melhor desempenho deste tipo de sistemas.

Palavras-chave: Patologia / Revestimento Térmico / Fachadas / Reabilitação

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas ETICS surgiram na Europa e na América do Norte na década de 1960, com a crise económica e a crise do petróleo, que levaram a uma procura de soluções que minimizassem o consumo de energia e melhorassem a temperatura no interior do edifício (Fernandes, De Brito, & Cruz, 2016). Estes sistemas são aplicados nos paramentos exteriores dos edifícios tanto novos como em obras de reabilitação para melhorar o isolamento térmico dos edifícios, corrigir pontes térmicas e proteger a estrutura dos choques térmicos, a fim de aumentaram a durabilidade desses elementos e proporcionar um melhor conforto interior (Collina & Lignola, 2010) (Guedes, Matias & Santos, 2009). Os ETICS são constituídos por várias camadas de diferentes componentes; a camada junto ao suporte é constituída por placas de isolante térmico, que são fixadas ao suporte, mecanicamente ou por colagem; as placas mais correntemente utilizadas são de EPS (poliestireno expandido moldado). Sobre a camada de isolante térmico é aplicada uma camada de base, que geralmente é constituída por uma ou mais subcamadas, e por uma camada de regularização. Entre duas subcamadas é incorporada uma rede. Normalmente, as camadas de base são reforçadas por uma rede normal, destinada a melhorar o comportamento à fissuração, ou por uma rede normal e uma reforçada, a qual confere um incremento de resistência ao choque. A colagem pode ser efetuada com a mesma argamassa que a utilizada na execução da cama de base; o processo de colagem pode ser executado através de uma camada contínua ou parcialmente através de um cordão perimetral e/ou por pontos. Para evitar a descolagem das placas, por exemplo durante a secagem do produto de colagem, podem ser ainda aplicadas cavilhas plásticas suplementares. Por fim, é aplicado um acabamento, que pode ser mineral ou orgânico (EOTA, 2013).

O comportamento do ETICS relativamente aos aspetos de durabilidade e de adequação ao uso pode ser analisado de acordo com as exigências previstas no guia ETAG 004 (EOTA, 2013) (Malanho & Veiga, 2020).

Apesar das reconhecidas vantagens, estes revestimentos apresentam muitas vezes anomalias, quer a nível estético – anulando algumas das vantagens que lhes estão associadas – quer a nível funcional. A presença de anomalias pode provocar uma diminuição do desempenho previsto para o seu uso (Liisma, Lõhmus, & Raado, 2015) (Amaro, Saraiva, Brito & Flores-Colen, 2014) (Pereira, de Brito & Silvestre, 2018). As anomalias mais graves são as que afetam a segurança no uso. O destacamento é uma dessas anomalias, que é caracterizada pela perda de aderência entre o isolante térmico e o suporte (Lourenço, Matias & Faria, 2017). Pode surgir devido a vários fatores tais como: quantidade insuficiente de argamassa de colagem aplicada no tardoz da placa de isolante térmico (em sistemas fixados ao suporte por colagem); uso de uma argamassa de colagem que não pertença ao sistema definido pela empresa detentora do sistema; ausência de perfis de arranque ou de esquina; falta de regularização e limpeza do suporte; movimentos diferenciais do suporte em relação ao sistema; ausência de juntas de dilatação; ausência de fixações mecânicas em suportes com deficientes condições de aderência; diminuição do desempenho destas ancoragens através da existência de fendas no suporte. Esta anomalia pode pôr em causa a segurança de pessoas. A fissuração, embora possa parecer apenas uma anomalia estética, pode inviabilizar o desempenho do sistema. A fissuração pode abranger o acabamento ou o acabamento e a camada de base. No último caso, pode expor o isolante térmico à água e a outros agentes externos, pondo em causa o seu bom desempenho. Esta anomalia pode ter várias causas: baixa deformabilidade da camada de base; elevada rigidez do isolante, proporcionando tensões elevadas na camada de base; execução de espessuras muito elevadas da camada de base, tornando-a demasiado rígida, ou pelo contrário espessura insuficiente, tornando-a frágil; aplicação de uma rede com dimensões de malha não compatíveis com a argamassa para a execução da camada de base; falta de rede de reforço em zonas sujeitas a choques ou pontos singulares (por exemplo janelas) (Malanho, 2011).

Na presente comunicação descreve-se a metodologia de diagnóstico aplicada pelo LNEC em dois casos de estudo,

com o objetivo de esclarecer a origem de anomalias em ETICS. Descrevem-se as observações efetuadas em obras e os ensaios realizados, bem como outros elementos considerados relevantes para a sua análise. Indicam-se as causas mais prováveis das anomalias detetadas e apontam-se soluções de reparação e medidas a tomar para assegurar a manutenção dos sistemas.

2. METODOLOGIA DE DIAGNÓSTICO UTILIZADA

Para ilustrar a metodologia de diagnóstico foram selecionados dois casos de estudo de ETICS aplicados em fachadas de edifícios habitacionais. De cada caso, foi selecionada uma anomalia que inviabilizava o desempenho do sistema. No Caso de estudo A, observou-se como principal anomalia o destacamento do sistema do suporte (Figuras 1 e 2), enquanto no Caso de estudo B se verificou a existência predominante de fissuração do revestimento (Figuras 3 e 4). O principal objetivo da metodologia foi a deteção das causas primárias, que devem ser eliminadas ou controladas, antes de se proceder à reparação da anomalia. Esta metodologia envolve diversas etapas, iniciando-se com uma análise da documentação disponível, com o objetivo de recolher informação e tomar conhecimento do tipo de problemas surgidos. A informação inclui: dados de obra (tipo de fixação ao suporte – colagem/fixação mecânica, tipo de suporte, tipo de obra: nova ou reabilitação, datas de aplicação do sistema, orientação das fachadas, dados climáticos, cronologia de aparecimento das anomalias; fotografias das anomalias; documento de aprovação técnica do sistema e fichas técnicas e documentos de aplicação dos materiais utilizados); dados de projeto (extrato do caderno de encargos, mapa de quantidades dos materiais relacionado com o sistema, desenhos de projeto e pormenores das paredes e respetivo sistema). Depois de efetuada a análise documental, deve realizar-se uma visita à obra, para inspeção geral da fachada e outras observações mais detalhadas, das zonas que foram consideradas mais suscetíveis de terem problemas; durante as inspeções deve realizar-se uma reportagem fotográfica no local. Se necessário, podem ser efetuados *in situ* alguns ensaios simples e rápidos, como por exemplo a deteção de sintomas de descolamento através do som cavo resultante da imposição de uma ação de percussão (choque). Por vezes são necessários ensaios físicos, mecânicos e/ou químicos sobre os vários constituintes, ou ao sistema completo aplicado para comparação do sistema com a solução referida na documentação fornecida pela empresa; apontam-se as causas mais prováveis das anomalias e elaboram-se recomendações para reparação e manutenção.

3. CASOS DE ESTUDO

3.1. Caso de estudo A

a) Características do sistema aplicado e análise da Informação fornecida

O sistema aplicado é composto por placas de isolante térmico EPS, com rede de fibra de vidro incorporada e um acabamento sintético rugoso. O sistema foi aplicado desde a base do terreno até à cobertura do edifício, nas fachadas sul e norte e em parte da altura da fachada este. As placas de isolante térmico foram fixadas ao suporte por pontos de argamassa de colagem (Figura 2).

De acordo com os dados fornecidos, o sistema é detentor de um documento de homologação. De acordo com este documento, o sistema deve apresentar no tardoz das placas de isolante uma área de superfície de colagem com pelo menos 60%; as fixações mecânicas suplementares devem ser usadas para fornecer estabilidade até que o produto de colagem seque, desempenhando assim funções de ligação suplementar; o sistema pode ser aplicado em suporte de alvenaria de tijolo e de betão; o suporte deve ser preparado de acordo com o referido no ETAG 004 (EOTA, 2013), nomeadamente garantindo boa resistência mecânica, limpeza e humidade reduzida e não permanente.

b) Anomalias detetadas e observações em obra

Verificou-se a existência, na fachada sul, de deficiência de aderência do ETICS ao suporte. Em grande parte da área houve destacamento e queda do ETICS (Figura 2). Na zona onde ocorreu esta anomalia verificou-se que a superfície do suporte se encontrava irregular; as zonas de vigas, pilares e lajes encontravam-se mais salientes do que os panos de alvenaria. Na zona do ETICS ainda ligada ao suporte verificou-se um risco elevado de destacamento, dado que as placas de isolante térmico que ainda se mantinham na fachada sul se encontravam soltas, principalmente nas zonas de alvenaria de tijolo (zonas mais recuadas em relação aos pilares e vigas de betão).

Foram recolhidas amostras de ETICS da fachada sul e amostras resultantes das zonas do destacamento do sistema. O sistema não apresentava fixação mecânica, pelo menos nas zonas onde a perda de aderência permitiu observar, nomeadamente na fachada sul.

A visita à cobertura permitiu ainda verificar a ausência de pormenores construtivos, nomeadamente perfis de capeamento da platibanda.

c) Ensaios realizados

Para tentar determinar as possíveis causas do destacamento, foram efetuados os seguintes ensaios:

- *In situ*: percussão manual – ensaio não destrutivo para detetar zonas com deficiências de aderência por alteração do som de percussão; ensaio de aderência pelo método *pull-off* para verificar a resistência de aderência do sistema ao suporte.
- Em laboratório (sobre as amostras recolhidas em obra): determinação da espessura do isolante e dos pontos de colagem, dado que visualmente pareciam existir diferenças entre as várias amostras; determinação da percentagem de aplicação de argamassa de colagem nas placas de isolante.

d) Resultados dos ensaios

Na zona do sistema orientada a sul que ainda se encontrava na fachada, foram efetuadas, durante a visita, ações de percussão manual, para avaliar o estado de colagem do ETICS; verificou-se que o som emitido era cavo e que ocorriam pequenas oscilações do sistema em relação ao suporte, indiciando deficiências de colagem em todas as zonas analisadas.

Para confirmar a falta de aderência do ETICS ao suporte indiciada pelo som a oco, tentou-se executar um ensaio de arrancamento (*pull-off*) *in situ*; no entanto, durante o processo de carotagem, a amostra extraída destacou-se do suporte, o que impediu a obtenção de um valor de aderência, mas confirmou a deficiência de aderência do ETICS.

Em laboratório, foram efetuadas em todas as amostras medições das espessuras dos diversos componentes do ETICS com recurso a uma craveira. Verificou-se que ao longo da fachada foram aplicadas placas de isolante térmico com diversas espessuras, aproximadamente de 4 cm, 5 cm e 6 cm em zona corrente. Foram determinadas as espessuras e os diâmetros dos pontos de colagem e foi calculada a área percentual de colagem por placa. As áreas calculadas resultaram, em geral, em percentagens de colagem inferiores a 10%; assim, os resultados nas amostras analisadas foram muito inferiores à percentagem de área de colagem especificada no documento de homologação (≥ 60%) (Quadro 1).

Quadro 1 – Área dos pontos do produto de colagem medidos *in situ* e nas amostras

Amostras		Área da placa (cm^2)	Espessura dos pontos	Diâmetro (menor) do ponto de colagem (cm)	Área de cada ponto de colagem (cm^2)	Área total dos pontos de colagem (cm^2)	Área de colagem em cada placa analisada (%)
Placas analisadas em obra	PC 1	5000	2,5	9	64	206	4
			2,5	9	64		
			3,0	8	50		
			2,5	6	28		
	PC 2	3500	2,5	5	20	314	9
			2,5	6,5	33		
			2,5	8	50		
			2,8	13	133		
			2,8	10	79		
Amostras extraídas em obra e analisadas em laboratório	A9-1	4000	1,1	11,0	95	380	10
	A9-2		2,4	4,2	14		
	A9-3		1,0	10,1	80		
	A9-4		1,4	15,6	191		

e) Causas das anomalias

Verificou-se a existência, na fachada sul, de deficiência de aderência do sistema ETICS ao suporte. Em grande parte da área já tinha ocorrido destacamentos e queda do ETICS enquanto mesmo na zona ainda ligada ao suporte se verifica um risco elevado de destacamento (Figura 1).

A partir da área destacada da fachada sul, verificou-se que existia uma irregularidade da superfície do suporte, ou seja, a zona de vigas, pilares e topo das lajes encontrava-se saliente em relação à zona de alvenaria de tijolo, o que dificultou a colagem das placas de isolante térmico ao suporte (Figura 1); é possível que, quer a aplicação de placas com diversas espessuras, quer a variação de espessura dos pontos de colagem, tenham sido usadas como técnicas para minimizar esta irregularidade.

A percentagem de argamassa de colagem aplicada nas placas foi muito inferior a 60% (valor exigido no documento de homologação) e mesmo bastante inferior à percentagem mínima de 20% indicada no Guia ETAG 004 (EOTA, 2013). A irregularidade do suporte dificultou ainda mais este processo de colagem ao suporte, não conseguindo alguns dos pontos de colagem estabelecer a ligação entre o ETICS e o suporte. Assim, na fachada sul, a maioria das placas que se encontravam ainda na parede apresentavam-se soltas.

Na cobertura foi observada a falta de pormenores construtivos, nomeadamente perfis de capeamento da platibanda, o que permitiu a entrada fácil de água da chuva junto à platibanda, entre as placas de isolante térmico e o suporte, contribuindo também para o destacamento do ETICS do suporte. A penetração do vento pela descontinuidade do remate terá também originado pressões que contribuíram para o descolamento do sistema.

f) Recomendações para reparação

Para a reparação da fachada sul, recomendaram-se as seguintes ações: remoção de todo o sistema dessa fachada; realização de limpeza do suporte retirando eventuais elementos soltos ou muito salientes; regularização do suporte através da aplicação de um reboco nas zonas de alvenaria; após cura do reboco durante pelo menos 28 dias, aplicação do ETICS em toda a empena (EOTA, 2013). A aplicação do sistema deverá incluir acessórios adequados, nomeadamente: perfil de arranque; perfis de remates de janelas e de outros vãos; perfis de esquinas do edifício. Em todas as fachadas, foi ainda aconselhado aplicar um perfil de remate de capeamento da platibanda com o objetivo de eliminar a entrada de água nos remates superiores e de evitar os escorrimentos de água concentrados nos paramentos.



Figura 1 – Destacamento de ETICS na fachada sul (Caso de estudo A)



Figura 2 – Placas de EPS com ponto de argamassa de colagem (sistema destacado) (Caso de estudo A)

3.2. Caso de estudo B

a) Características gerais do sistema aplicado e informação fornecida

O ETICS está coberto por um documento de homologação internacional (Avaliação Técnica Europeia, designada por ETA). O sistema é constituído por placas de isolante térmico EPS, fixadas diretamente ao suporte com uma argamassa de colagem com base em cimento; segundo esse documento, a mesma argamassa foi utilizada para executar a camada de base, na qual é incorporada uma rede de fibra de vidro com dimensão da malha de cerca de 4,0 mm x 4,5 mm. O acabamento aplicado sobre a camada de base é constituído por um produto de ligante acrílico em dispersão aquosa. A ETA aconselha a colagem através de cordões perimetrais de 60 a 80 mm de largura. Segundo este documento, o sistema com camada de base com uma rede de fibra de vidro e acabamento apresenta um comportamento ao choque após envelhecimento artificial (ensaio higrotérmico) classificado na categoria II (aplicável em zonas de acesso limitado ou em zonas públicas acima de 2 m do solo), enquanto o mesmo sistema aplicado com rede dupla é classificado na categoria I (aplicável em zonas facilmente acessíveis ao público ao nível do solo e expostas a choques fortes, mas não sujeitas a uso anormal).

b) Anomalias detetadas e observações em obra

Foi efetuada uma visita à obra para tomar conhecimento dos problemas ocorridos e para uma avaliação do estado do revestimento. A fissuração foi a principal anomalia detetada, localizada em diversas zonas das fachadas, principalmente viradas a sul e a este. Em alguns casos, esta fissuração era acompanhada de empolamento do revestimento. Não se observaram anomalias nas fachadas viradas a norte.

Nessa visita procedeu-se à extração de cinco amostras, de zonas com e sem anomalias. Por fim, fez-se um registo fotográfico das observações. Durante a extração das amostras verificou-se que o suporte era constituído por

alvenaria de blocos de betão. Nas amostras extraídas identificou-se uma colagem por pontos mal distribuídos.

c) Ensaios em laboratório

A caracterização do sistema aplicado foi realizada com base num conjunto de observações, medições e ensaios:

- análise e observação visual de cada amostra recolhida em obra − tentou-se verificar a partir de cada uma das amostras se existia alguma relação entre as anomalias presentes no revestimento do sistema e as zonas de ligação entre as placas de isolante térmico, ou entre blocos de betão, ou ainda entre blocos de betão e elementos estruturais (viga ou pilar);
- medição das espessuras da camada de base do sistema em estudo − em todas as amostras foram efetuadas medições das espessuras com recurso a uma craveira, com o objetivo de comparar os resultados com os referidos no Documento de Homologação;
- avaliação do comportamento mecânico do sistema ETICS através da execução do ensaio de choque de esfera de 3 J, que permitiu avaliar a resistência ao choque do sistema e a sua capacidade de deformar sem rotura, através do impacto com uma massa de 0,5 kg, produzindo um choque com energia de 3 Joules, com recurso ao aparelho "Martinet Baronnie". O embate da esfera provoca uma degradação sobre o revestimento que é quantificada pelo diâmetro da mossa e pelo tipo de degradação resultante (com ou sem fissuração e com ou sem penetração). Este ensaio está previsto no ETAG 004 (EOTA, 2013).

d) Resultados de ensaios

O Quadro 2 apresenta uma sistematização das observações efetuadas durante a recolha de amostras. Verificou-se que, nas amostras recolhidas, as fissuras estavam frequentemente relacionadas com zonas de concentração de tensões devidas a variações no suporte ou no tardoz das placas.

Quadro 2 – Observações durante a recolha das amostras

Amostra	Anomalia	Observações do suporte e da amostra extraída
A1	Fissura horizontal (Figura 3)	A fissura acompanha a ligação entre as placas de isolante térmico e não coincide com a ligação entre os blocos de betão.
A2	Fissuras na diagonal, horizontal e vertical	A fissura vertical está orientada perpendicularmente à ligação viga-suporte e coincide com o contorno de três pontos de argamassa-cola de colagem de três placas de isolante térmico.
A3	Fissura vertical (Figura 4)	A fissura vertical acompanha a ligação entre os blocos de betão e os três pontos de colagem das placas ao suporte.
A6	Fissura vertical	A fissura vertical coincide com a ligação pilar-blocos de betão.
A7	Não se verificou presença de fissuração	No local da recolha desta amostra não se observou ligação de viga-suporte ou ligação de blocos de betão

De acordo com a ATA, a espessura da camada de base aplicada pode variar entre 3 e 5 mm e a do produto de acabamento entre 2 e 3 mm; desta forma a espessura total do revestimento, incluindo a camada de base e o acabamento, pode variar entre 5 e 8 mm. Os valores obtidos após a medição indicam espessuras médias entre 3 e 4,5 mm, logo os valores situam-se abaixo do limite inferior (5 mm) referido. A espessura do revestimento na amostra sem anomalias apresenta um valor próximo (4,47 mm) do limite mínimo indicado no documento de homologação. A redução da espessura do revestimento armado diminui a sua resistência à tração, aumentando assim a suscetibilidade à fissuração. Diminui também a resistência ao choque do sistema.

Em relação à avaliação do comportamento mecânico do sistema ETICS, de acordo com o ETAG 004 (EOTA, 2013), os resultados obtidos em todas as zonas ensaiadas da amostra, após o impacto da esfera de 3 J, sofreram fissuração sem penetração, o que corresponde a uma classificação do sistema ETICS na categoria III. Como o ensaio foi efetuado sobre uma amostra recolhida em obra, a exposição ao ambiente exterior pode ter originado alteração e a consequente diminuição do comportamento global mecânico da amostra. No entanto, a referida classificação do sistema é feita após ensaio de envelhecimento artificial acelerado podendo portanto considerar-se comparável. Assim, o resultado obtido em obra considera-se pelo menos indicativo de um comportamento mecânico pouco adequado para zonas expostas a choques. De acordo com os resultados apresentados na ETA, a classificação passível de ser atribuída ao sistema ETICS seria categoria II ou I, dependendo do número de camadas de rede incorporadas na camada de base, respetivamente uma ou duas. Como as amostras recolhidas apresentavam uma única rede de fibra de vidro, o sistema aplicado deveria poder ser classificado na categoria II. Comparando os resultados do ensaio de choque de esfera de 3 J sobre a amostra e a classificação segundo o documento de homologação existe uma diminuição de desempenho mecânico, da categoria II para a III.

e) Causas das anomalias

O sistema, devido ao seu próprio princípio de funcionamento, está sujeito a elevados gradientes térmicos. O revestimento constituído pela camada de base armada tem que resistir às tensões geradas pelas variações dimensionais diferenciais entre o isolante e o próprio revestimento. Por essa razão, este revestimento tem que apresentar características especiais de resistência à fendilhação, sendo, de acordo com o ETAG 004 (EOTA, 2013), testado em maquetas de grandes dimensões para se comprovar essa resistência.

Neste caso de estudo verificaram-se longos panos de grande exposição solar, pelo que os revestimentos ficaram sujeitos a solicitações severas tendentes a provocar fissuração. Assim, é de grande importância para o desempenho dos ETICS, a adequação do revestimento constituído pela camada de base armada, quer em termos de composição, quer de aplicação, de modo a apresentar boa resistência à fissuração. Também a aplicação do isolante e os pormenores construtivos em geral são de grande importância para evitar a concentração de tensões em determinados pontos do revestimento.

As observações realizadas mostram que a fissuração se deu nas zonas de concentração de tensões do sistema e nas fachadas mais solicitadas (com maior exposição solar e maior extensão). Assim, as fissuras surgiram predominantemente nas fachadas nascente e sul, em geral nos cantos dos vãos, nas zonas de ligação entre elementos estruturais e a alvenaria, entre blocos de alvenaria, entre placas de isolante e coincidindo com pontos de colagem espessos, verificando-se que o revestimento não tem capacidade para resistir às tensões geradas nesses pontos.

Com base no conjunto de observações e ensaios realizados foram identificadas as seguintes deficiências do sistema suscetíveis de terem provocado fissuração:

- verificou-se que o revestimento armado foi aplicado com espessura significativamente inferior à prevista no documento de aprovação técnica. Este facto terá ocasionando uma resistência à fissuração e ao choque mais fraca que a prevista. Quanto à resistência ao choque foi possível comprovar uma redução da resistência, através dos ensaios de choque realizados.
- Observou-se uma colagem inadequada do sistema. Com efeito, nas amostras extraídas identificou-se uma colagem por pontos mal distribuídos, provocando zonas concentradas mais rígidas, que tendem a originar a fissuração da camada de base. O documento de aprovação técnica recomendava cordões de 60 a 80 mm de largura. O facto de não haver colagem dos bordos através de cordões perimetrais provocou uma tendência para o levantamento destes, o que originou também a fissuração da camada de base nessas zonas.

f) Recomendações para reparação

A reparação do sistema existente pode apresentar algumas dificuldades, já que foram identificadas deficiências gerais, na colagem do sistema e na aplicação da camada de base.

No entanto, considerou-se que é possível atuar no sentido de reduzir as solicitações, através de juntas de dilatação, e do reforço do revestimento, através de uma nova camada.

Assim, para reduzir a solicitação, recomendou-se a execução de juntas de dilatação não-estruturais, interrompendo apenas o sistema ETICS, rematadas com perfil de junta de dilatação. O espaço interior do perfil de junta de dilatação deverá ser selado com mastique para utilização exterior, sobre cordão de fundo de junta de espuma de polietileno, com secção de diâmetro adequado.

Por outro lado, para reforçar a resistência do sistema, recomendou-se a aplicação de uma nova camada de base armada com rede de fibra de vidro, com espessuras e consumos cumprindo as especificações da ETA. Esta nova camada deverá ser executada com todos os cuidados previstos para a camada inicial, nomeadamente sobreposição da rede de fibra de vidro nas zonas de emendas e reforço de rede nos cantos dos vãos.

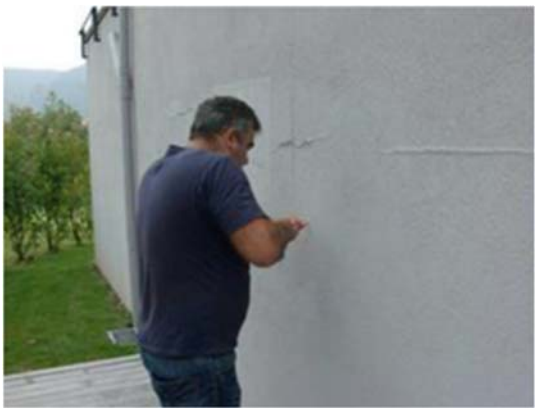


Figura 3 – Zona de fissuração horizontal (Caso de estudo B)



Figura 4 – Zona de fissuração vertical com recolha de amostras (Caso de estudo B)

4. CONCLUSÕES

A metodologia utilizada nos dois casos de estudo envolveu a seguinte sequência de ações: análise da documentação disponibilizada; visita técnica ao local para avaliação do problema e das condições da obra, recolha de informação oral, recolha de amostras, realização de medições e ensaios em obra (ensaio de para avaliar as condições do sistema); análise da informação obtida na visita; realização de ensaios em laboratório sobre as amostras recolhidas em obra; análise dos resultados dos ensaios realizados em obra e no laboratório; descrição das anomalias, identificação das causas das anomalias; e recomendações para reparação.

No Caso de estudo A, o destacamento de grandes áreas do sistema e as deficiências de aderência noutras zonas foram as principais anomalias observadas no edifício. A informação extraída do documento de homologação permitiu verificar se o sistema tinha sido aplicado de acordo com o recomendado através das amostras recolhidas em obra. As observações realizadas foram complementadas com ensaios que permitiram estabelecer as causas prováveis das anomalias. Neste caso, concluiu-se que a deficiência de aderência que conduziu ao progressivo destacamento e queda do sistema, se deveu, fundamentalmente, a: aplicação em continuidade sobre um suporte muito irregular, com a estrutura saliente em relação à alvenaria, o que dificultou o contacto dos pontos de colagem com toda a área do suporte; insuficiência da área de colagem, que não atinge os 20% considerados como valor mínimo pelo ETAG 004, e muito menos o valor de 60% indicado no Documento de Homologação do

sistema; entrada de grande quantidade de água pelo remate ineficaz da platibanda, escorrendo entre o suporte e as placas de isolante térmico, enfraquecendo assim a ligação dos pontos de colagem ao suporte; penetração do vento pela mesma descontinuidade do remate da platibanda e, posteriormente, pelas zonas abertas após destacamento das primeiras placas, exercendo pressão de arrancamento sobre o tardoz das placas.

A principal anomalia detetada no sistema ETICS do Caso de estudo B foi a fissuração localizada em diversas zonas das fachadas, principalmente nas fachadas orientadas a sul e a este – zonas mais expostas a gradientes térmicos. As fissuras observadas estavam orientadas segundo as direções vertical, horizontal e oblíqua, acompanhando linhas de concentração de tensões; coincidiam em geral com ligações entre as placas de isolante térmico, com ligações entre blocos de betão da alvenaria do suporte, com ligações de diferentes materiais de suporte ou ainda com pontos de colagem das placas de isolante térmico. Esta fissuração era acompanhada de empolamento do revestimento nessas zonas, evidenciando deformações de origem térmica. Verificaram-se diversas deficiências do sistema aplicado que provavelmente estiveram na origem do elevado grau de fissuração observado: tipo de colagem inadequado, através de grandes pontos de produto de colagem, sem cordões perimetrais, o que criou zonas pontuais rígidas permitindo deformações elevadas das placas entre esses pontos, principalmente nos bordos, as quais são transmitidas ao revestimento; espessura do revestimento armado significativamente inferior ao especificado no documento de aprovação técnica, o que reduziu a sua resistência ao choque e à fissuração. Como medidas de reparação propôs-se atuar no sentido de reduzir as solicitações, através de juntas de dilatação do sistema (não-estruturais) e do reforço do revestimento através de uma nova camada de base aplicada, tendo o cuidado de cumprir o especificado no documento de homologação e no ETAG 004 (EOTA, 2013).

REFERÊNCIAS

AMARO, B.; SARAIVA, D.; BRITO, J.; Flores-Colen, I., 2014 – **Statistical survey of the pathology, diagnosis and rehabilitation of ETICS in walls**. *Journal of Civil Engineering and Management*, *3730*(June), 1-16. https://doi.org/10.3846/13923730.2013.801923.

COLLINA, A.; LIGNOLA, G. P., 2010 – **The external thermal insulation composite system (ETICS): more than comfort and energy saving**. 3.ªCongresso Português de Argamassas de *Construção*. Lisboa.

EOTA, 2013 – **Guideline for european approval of external thermal insulation composite systems (ETICS) with rendering**. Brussels: EOTA.

FERNANDES, C.; DE BRITO, J.; CRUZ, C. O., 2016 – **Architectural integration of ETICS in building rehabilitation**. *Journal of Building Engineering*. *5*, 178-184. https://doi.org/10.1016 /j.jobe.2015.12.005.

GUEDES, M. C.; MATIAS, L.; SANTOS, C. P., 2009 – **Thermal comfort criteria and building design: Field work in Portugal**. *Renewable Energy*. *34*(11), 2357-2361. https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.03.004

LIISMA, E.; LÕHMUS, G.; RAADO, L., 2015 – **The effect of temperature and humidity on the permanence of external thermal insulation composite systems**. *Procedia Engineering*, *108*(March), 340-348. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.156.

LOURENÇO, T.; MATIAS, L.; FARIA, P., 2017 – **Anomalies detection in adhesive wall tiling systems by infrared thermography**. *Construction and Building Materials*, *148*, 419-428 https://doi.org /10.1016/j.conbuildmat.2017.05.052.

MALANHO, Sofia, 2011 – ***Avaliação do desempenho de ETICS com acabamento de ladrilhos cerâmicos***. Dissertação para obtenção do grau de mestre. Aveiro: Universidade de Aveiro.

MALANHO, Sofia; VEIGA, M. do R., 2020 – **Bond strength between layers of ETICS – Influence of the characteristics of mortars and insulation materials**. *Journal of Building Engineering*. *28*, 101021. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101021.

PEREIRA, C.; DE BRITO, J.; SILVESTRE, J. D., 2018 – **Contribution of humidity to the degradation of façade claddings in current buildings**. *Engineering Failure Analysis*. *90*, 103-115. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2018.03.028.

OS IMPACTOS DA DEGRADAÇÃO FÍSICA EM EDIFICAÇÃO HOSPITALAR

IMPACTS OF PHYSICAL DEGRADETION IN HOSPITAL BUILDING





Priscila M. Alvim [(1)], João C. Pantoja [(2)], José C. C. Oliveira Neto [(3)]

(1) Universidade de Brasília, Brasil, primalvim@gmail.com
(2) Universidade de Brasília, Brasil, joaocpantoja@gmail.com
(3) Universidade de Brasília e IESB, Brasil, joseccon@gmail.com

RESUMO

O estudo da evolução patológica em edificações destinadas a área de saúde representa um desafio adicional quando comparado a outros tipos de construção. A necessidade de contenção e controle de riscos biológicos, o uso ostensivo de equipamentos emissores de radiação, a vulnerabilidade natural dos usuários, os ciclos operacionais, somados a impossibilidade de suspensão da rotina de funcionamento por longos períodos de tempo, tornam o Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS) o locus de atividades altamente degradantes para as instalações físicas que os abrigam. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver e aplicar ferramentas que mensurem a degradação da estrutura física de EAS para a tomada de decisão em uma futura intervenção. Como inovação, a pesquisa ajusta a abordagem de Ross-Heidecke, usualmente utilizado para depreciação imobiliária, modificado e parametrizado para as necessidades específicas de ambientes hospitalares, com a introdução de fatores de correção ligadas ao grau de agressividade do ambiente específico, considerado o tipo de procedimentos de higienização e controle biológico, assim como do uso e dos equipamentos instalados. A validação do instrumento de análise proposto é feita com a aplicação de ensaios de campo, em hospitais em operação no Distrito Federal, Brasil. Os resultados alimentarão a elaboração de planos de manutenção preditiva mais adequados às realidades evolutivas desse tipo de edificação.

Palavras-chave: Depreciação / Degradação / Edificação Hospitalar / Construções Abandonadas / Hospitais Abandonados

1. INTRODUÇÃO

Este artigo é o desdobramento de uma pesquisa em EAS (Estabelecimentos Assistenciais de Saúde) de uma edificação pública, inacabada e paralisada. O estudo focou na depreciação da edificação de uso hospitalar ao longo de sua paralisação e do estado de conservação dos elementos presentes.

Os avanços tecnológicos da medicina vêm a trazer consigo uma demanda por adaptações e constantes modificações que os administradores de EAS devem se atentar para acompanhar o ritmo. A tipologia da edificação para um edifício hospitalar também deve ser levada em conta, no sentido de que as intervenções necessárias não atrapalhem o funcionamento da edificação como um todo. Saber escolher materiais de fácil montagem e desmontagem, que produzam menos lixo e barulho, que não exale odores desagradáveis estão dentro de uma lista de pré-requisitos que deve ser observada pelos profissionais responsáveis por essas adaptações e reformas.

Edificações mal projetadas podem trazer consequências desastrosas e silenciosas para seus ocupantes. A defasagem na iluminação, com pequenas aberturas ou aberturas mal posicionadas, a falta de contato do ambiente construído, corredores longínquos e estreitos, com a natureza ou aspectos naturais, que trazem uma relação de bem-estar aos ocupantes, o contato com o externo sem que haja a perda de sentido no tempo e localização, são elementos arquitetônicos que devem ser analisados em projetos e vistorias de edificações já incorporadas para dimensionar suas condições de funcionamento e de qualidade ao ambiente inserido.

Nos diversos estudos sobre edificações hospitalares vê-se o cuidado dos autores: Alves, Figueiredo e Sánchez (2018), Ornstein, Romero (1992) para a ocupação pós obra, o projeto arquitetônico de interiores, o cuidado com os materiais, entre outros aspectos, como sendo fundamentais, mas dificilmente encontraremos nessas literaturas o que, hoje, assusta consideravelmente os cofres públicos e o bolso dos investidores particulares: o custo dessas edificações, para implementação, viabilidade, manutenção e ocupação.

Tradicionalmente, a visão de economia de custo de construção das edificações recai nos aspectos de quantidade da área construída e qualidade da especificação dos materiais, especialmente aqueles referentes aos itens instalações e acabamento. (MASCARÓ, p. 10, 1995).

Em se tratando de hospitais, Mascaró (1995) ainda aponta três pontos fundamentais que são analisados em relação aos custos para a edificação:

1. o porte e a complexidade que essas construções podem assumir;
2. o volume dos investimentos demandados, pela qualidade da construção, instalações especiais e cuidados com assepsia; e
3. os custos de manutenção envolvidos. (MASCARÓ, p. 10, 1995).

Um aspecto relevante é que a partir da necessidade de vistoria de uma edificação hospitalar já consolidada e com características de depreciação de sua estrutura em estado avançado, as áreas internas não devem ser avaliadas de maneira homogênea, mas com maior destaque e peso sendo dado às áreas de maior demanda com manutenção e custos altos de investimento.

Machry (2010), demonstra que após a segunda metade do século XX a medicina apresentou ritmo acelerado de crescimento tecnológico, com isso as edificações hospitalares tiveram que se adequar às novas necessidades.

O acompanhamento da evolução da estrutura é importante para a manutenção da segurança do ambiente, para a implantação efetiva de planos de manutenção preventiva/corretiva, preservação do conceito arquitetônico do projeto e maior economia com despesas de reparos durante o ciclo de vida útil.

Para os casos de edificações em concreto que não tenham sido finalizadas, com elementos de sua estrutura expostos a intempéries de forma destoante ao projetado, tem-se a necessidade do correto diagnóstico/avaliação da maneira como o concreto armado implantado na obra evoluiu em termos de degradação das suas propriedades e resistências frente às necessidades.

Esse tipo de análise é de grande utilidade para o planejamento da retomada da construção abandonada, e deve fundamentar as alternativas de projeto para recuperação e conclusão. Deve-se considerar que, no extremo, a evolução da degradação pode ser de tal maneira que se torna economicamente mais vantajosa a demolição, seguida da reconstrução, do que a recuperação. Por isso, o dimensionamento apropriado da evolução patológica da estrutura é estratégico.

Outro ponto relevante diz respeito a adequações e ampliações em construções existentes, onde novas demandas de forças, vibrações e espaços podem exigir cuidadosa avaliação da evolução da resistência do concreto frente ao projeto original, com o aumento da importância do estudo de campo sendo proporcional ao tempo de vida útil consumido.

Nesse sentido, o presente artigo aplica o Método Ross-Heidecke, conforme proposto por Pereira, (2013), adequado ao contexto dos Estabelecimentos Assistências de Saúde (EAS). Oliveira, (2018) realizou de estudo similar para uma edificação de uso comercial, onde demonstrou que o método é capaz de abordar mais elementos e atribuições que sejam relevantes ao tipo de uso da edificação.

Segundo a confederação Nacional da Indústria (CNI), em 2018 haviam 2.797 obras públicas paralisadas no Brasil, das quais 156 eram Estabelecimentos Assistências de Saúde (EAS). Para a CNI, nas razões para a paralização desses projetos: "... *a importância relativa dos motivos não é uniforme entre os vários tipos de projetos... ... o motivo técnico continua sendo... ...o mais importante, também pela ótica do investimento*". (CNI, 2018, p. 25)

Segundo Castro (1994) as degradações das edificações podem acelerar pela falta de programas de manutenção, estimativa de vida útil exagerada etc.

Para Pantoja, Varum e Henriques (2018) é inevitável a degradação das edificações em concreto armado e uma das preocupações é a velocidade com que as edificações estão se degradando.

Em tese, todos os bens têm uma utilização limitada e perdem as suas características por força da sua antiguidade e do desgaste; quer sejam funcionais (falta de capacidade para servir, obsolescência ou desuso). Há ainda influências de natureza extrínseca que podem ter a ver, por: exemplo, com a alteração do tipo de licenciamento. (Pereira, p. 1, 2013).

Nesse sentido saber avaliar e identificar o processo de degradação e o quanto a edificação se desvalorizou permite que as intervenções futuras possam ser econômicas, precisas, seguras e de qualidade.

O modelo aplicado para estimativa do valor da depreciação foi baseado em Pimenta (2011), que alterou o Modelo de Ross-Heidecke, estabelecendo como resultado final o somatório de elementos individuais de depreciação, ponderados por seus respectivos pesos econômicos, conforme estabelecido pela Equação 1.

$$K_g = \sum_{i=1}^{j} (K_i * E_i) \quad (1)$$

Onde:

K_g: fator de depreciação global;

K_i: fator de depreciação física do elemento i;

E_i: peso do elemento i no custo total; e,

j: enésimo elemento de depreciação.

Os fatores de depreciação individuais são, por sua vez, obtidos pela Equação 2.

$$k_i = \frac{1}{2}\left[\frac{IA_i}{VU_i} + \left(\frac{IA_i}{VU_i}\right)^2\right] + \left\{1 - \frac{1}{2}\left[\frac{IA_i}{VU_i} + \left(\frac{IA_i}{VU_i}\right)^2\right]\right\} \times EC_i \quad (2)$$

Onde:

K_i: fator de depreciação física do elemento i;

IA_i: idade atual do elemento i (em anos);

VU_i: vida útil do elemento i (em anos); e,

EC_i: estado de conservação do elemento i (em %), contido no intervalo $0 \leq EC_i \leq 1$, onde 0 é o estado ótimo e 1 a depreciação total.

Para melhorar a precisão das estimativas, foram utilizados dois Coeficientes de Heidecke, variados em acordo com as diferentes idades dos elementos. A necessidade de tal tratamento pode ser melhor compreendida ao se observar as Tabelas 1 e 2, contrapondo-as ao Quadro de Figuras 1, que evidenciam o atual estado de conservação da estrutura.

Tabela 1 – Coeficiente de Heidecke para elementos que possuem 4 anos de vida útil (PEREIRA, 2013)

PARA 4 ANOS	
1 – Novo	0,0208
1,5 – Entre Novo e Regular	0,0211
2 – Regular	0,0455
2,5 – Entre Regular e Simples	0,1
3 – Reparos Simples	0,198
3,5 – Entre Reparos Simples e Importantes	0,346
4 – Reparos Importantes	0,536
4,5 – Entre Reparos Importantes e Sem Valor	0,757
5 – Sem Valor	1

Tabela 2 – Coeficiente de Heidecke para elementos que possuem 6 anos de vida útil (PEREIRA, 2013)

PARA 6 ANOS	
1 – Novo	0,0318
1,5 – Entre Novo e Regular	0,0321
2 – Regular	0,0562
2,5 – Entre Regular e Simples	0,111
3 – Reparos Simples	0,207
3,5 – Entre Reparos Simples e Importantes	0,353
4 – Reparos Importantes	0,541
4,5 – Entre Reparos Importantes e Sem Valor	0,76
5 – Sem Valor	1

2. METODOLOGIA

A presente seção objetiva descrever o esboço da metodologia proposta, além de introduzir um pequeno ensaio de viabilidade do projeto, executado em um EAS, com aproximadamente 6.500 m², cuja obra foi interrompida há aproximadamente seis anos.

Para a coleta das informações, foram realizadas três visitas de campo, com inspeção do local, formulário de itens com as possíveis patologias a serem encontradas, registro fotográfico e documental da edificação. Posteriormente, os dados obtidos foram catalogados e organizados para a devida avaliação do nível de depreciação de cada elemento.

Após a inspeção visual e fotográfica do local, o edifício foi segregado em famílias de acordo com cada pavimento e o grau de deterioração dos seus elementos existentes. Dessa forma foi possível verificar qual pavimento está mais deteriorado em relação ao outro e quais elementos estão suscetíveis a maior desgaste.

3. ANÁLISE E RESULTADOS

A presente seção trata da análise e apresentação dos resultados do estudo de caso objeto deste artigo. A edificação analisada está localizada em Brasília e, quando conclusa, será uma unidade hospitalar especializada em criança e adolescente.

A Figura 1 é uma amostra das informações levantadas em campo e resumem a situação fática da estrutura cuja obra encontra-se paralisada e sem qualquer tipo de manutenção.

Como pode ser observado, as estruturas internas não estão devidamente protegidas da ação do clima, inclusive importantes elementos de impermeabilização da lateral da contenção. Os ambientes internos estão abertos, sem a instalação de vidros ou outros elementos de proteção da ação externa. Apesar da ausência de manutenção ou ações de prevenção da degradação acelerada, o canteiro de obras encontra-se devidamente cercado.



Figura 1 – Amostra Fotográfica da Edificação

Entre as Tabelas 3 a 13, são desenvolvidos os cálculos segregados por elementos existentes na edificação, separados em famílias (pavimentos) e com os respectivos graus de deterioração observados, conforme a metodologia proposta por Ross-Heidecke e adaptada por Pereira (2013).

Tabela 3 – Análise do Subsolo

EDIFICAÇÃO ANALISADA	SUBSOLO										
SISTEMAS	ESTADO DE CONSERVAÇÃO										
	C	EI	C*EI	IAI	VUI	(IAI/VUI)	(IAI/VUI)^2	PARC1	PARC2	KI	KG
1.FUNDAÇÃO/CORTINA	0,541	0,250	0,135	6,000	90,000	0,067	0,004	0,036	0,522	0,557	
2. ESTRUTURA	0,056	0,170	0,010	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,053	0,108	
3. ALVENARIA	0,100	0,010	0,001	4,000	50,000	0,080	0,006	0,043	0,096	0,139	
4. CONTRAPISO	0,536	0,020	0,011	4,000	60,000	0,067	0,004	0,036	0,517	0,552	
5. AR CONDICIONADO	0,353	0,122	0,043	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,284	0,479	
6. INCÊNDIO	0,353	0,100	0,035	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,284	0,479	0,436
7. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	0,353	0,120	0,042	6,000	25,000	0,240	0,058	0,149	0,300	0,449	
8. INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	0,353	0,100	0,035	6,000	25,000	0,240	0,058	0,149	0,300	0,449	
9. ESCADAS	0,056	0,008	0,000	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,053	0,108	
10. IMPERMEABILIZAÇÃO	0,541	0,100	0,054	6,000	30,000	0,200	0,040	0,120	0,476	0,596	
Diversos		0,000									
		100,00%									

Tabela 4 – Intervalo de Confiança para Kg, Subsolo

Subsolo	
Kg	43,58%
Variância	0,027173778
Desvio padrão	16,48%
Erro-padrão	5,21%
Intervalo de Confiança (95%)	
Limite superior	54,01%
Limite inferior	33,16%
j = 10	
Probabilidade do Valor Residual ser negativo	P(Kg<0) < 0,5%
Intervalo de Confiança (99%)	
Limite superior	59,22%
Limite inferior	27,94%

Na Tabela 3 foi possível separar a família, Subsolo, em dez elementos constatados no local.

Os mais críticos foram o Fundação/Cortina, parte fundamental da estrutura do prédio e de alto valor agregado para recuperação, como pode ser visto na coluna (EI), valor do elemento. Apesar da sua vida útil ser uma das maiores dentro dos elementos destacados, sua função estrutural requer cuidados especiais para que não haja indicadores de problemas que possam inviabilizar o uso da edificação como um todo.

É a Impermeabilização, material de recobrimento e prolongamento da vida útil da estrutura em contato com o solo. O processo de impermeabilização deve ser feito com extremo cuidado para que não seja deixado qualquer parte da fundação, ou sistema estrutural adotado sem proteção. A impermeabilização pode requerer ao longo

dos anos, e sendo constatados problemas de infiltração na estrutura, programa de reparo e trocas. Seu valor agregado mesmo não sendo o mais alto dentro dos demais elementos na tabela, ainda requer um cuidado maior, haja vista, nas dificuldades de se fazer esses reparos e substituições.

Já na Tabela 4 obtêm-se o intervalo de confiança para o resultado médio estimado, 43,6%, dos itens avaliação, vistoria e atribuições. Dessa forma, para um nível de confiança de 95%, estima-se que o valor verdadeiro esteja contido no intervalo 33,16% e 54,01%. Casos adote-se 99% de confiança, o intervalo passa a ser entre 27,94% e 59,22%.

Tabela 5 – Análise do Térreo

EDIFICAÇÃO ANALISADA	TÉRREO										
SISTEMAS	ESTADO DE CONSERVAÇÃO										
	C	EI	C*EI	IAI	VUI	(IAI/VUI)	(IAI/VUI)^2	PARC1	PARC2	KI	KG
1. ESTRUTURA	0,032	0,180	0,006	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,030	0,085	
2. ALVENARIA	0,111	0,010	0,001	6,000	50,000	0,120	0,014	0,067	0,104	0,171	
3. CONTRAPISO	0,207	0,070	0,014	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,196	0,251	
4. AR CONDICIONADO	0,541	0,200	0,108	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,436	0,631	
5. INCÊNDIO	0,541	0,150	0,081	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,436	0,631	
6. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	0,541	0,170	0,092	6,000	25,000	0,240	0,058	0,149	0,460	0,609	
7. INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	0,541	0,094	0,051	6,000	25,000	0,240	0,058	0,149	0,460	0,609	0,474
8. ESCADAS	0,056	0,008	0,000	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,053	0,108	
9. JUNTA DE DILATAÇÃO	0,111	0,008	0,001	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,089	0,284	
10. RESERVATÓRIO INFERIOR	0,207	0,010	0,002	6,000	30,000	0,200	0,040	0,120	0,182	0,302	
11. IMPERMEABILIZAÇÃO	0,353	0,070	0,025	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,284	0,479	
12. ESQUADRIAS	0,541	0,030	0,016	6,000	30,000	0,200	0,040	0,120	0,476	0,596	
Diversos		0,000									
		100,00%									

Tabela 6 – Intervalo de Confiança para Kg, Térreo

Subsolo	
Kg	47,37%
Variância	0,050604225
Desvio padrão	22,50%
Erro-padrão	6,49%
Intervalo de Confiança (95%)	
Limite superior	60,36%
Limite inferior	34,39%
j = 12	
Probabilidade do Valor Residual ser negativo	P(Kg<0) < 0,5%
Intervalo de Confiança (99%)	
Limite superior	66,85%
Limite inferior	27,89%

Na análise do pavimento térreo pode ser constatado que os elementos que mais se deterioram foram os de Instalações e Esquadrias. Todas as Instalações presentes no local estavam abandonadas de forma que não houvesse qualquer cuidado de proteção e fechamento. Ficaram sujeitas ao acúmulo de poeira e vetores em seu interior, além do próprio desgaste do material. Deve-se levar em conta que a edificação não teve a conclusão total de seu fechamento com paredes, esquadrias e revestimentos. Suas aberturas estão suscetíveis a chuvas e ventos em seu interior.

Para um intervalado de confiança de 95%, tem-se que a depreciação estará localizada no intervalo 34,39% e 66,36%, com um valor esperado de 47,37%. Com 99% de confiança, a depreciação estará entre 27,89% e 66,85%.

Pode-se concluir, portanto, que a depreciação do pavimento térreo é superior a observada no subsolo, fato que pode ser tido como esperado, já que a área possui uma maior quantidade de materiais sensíveis às intempéries, assim como é mais exposta às condições climáticas.

Tabela 7 – Análise do 1.º pavimento

Edificação Analisada	TÉRREO										
SISTEMAS	ESTADO DE CONSERVAÇÃO										
	C	EI	C*EI	IAI	VUI	(IAI/VUI)	(IAI/VUI)^2	PARC1	PARC2	KI	KG
1. ESTRUTURA	0,032	0,020	0,001	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,030	0,085	
2. ALVENARIA	0,056	0,096	0,005	6,000	50,000	0,120	0,014	0,067	0,052	0,120	
3. CONTRAPISO	0,207	0,070	0,014	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,196	0,251	
4. AR CONDICIONADO	0,541	0,200	0,108	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,436	0,631	
5. INCÊNDIO	0,541	0,150	0,081	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,436	0,631	
6. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	0,541	0,170	0,092	6,000	25,000	0,240	0,058	0,149	0,460	0,609	0,524
7. INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	0,541	0,124	0,067	6,000	25,000	0,240	0,058	0,149	0,460	0,609	
8. ESCADAS	0,056	0,008	0,000	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,053	0,108	
9. JUNTA DE DILATAÇÃO	0,111	0,008	0,001	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,089	0,284	
10. PINTURA/BASE	0,207	0,124	0,026	6,000	10,000	0,600	0,360	0,480	0,108	0,588	
11. ESQUADRIAS	0,536	0,030	0,016	4,000	30,000	0,133	0,018	0,076	0,496	0,571	
Diversos		0,000									
		100,00%									

Tabela 8 – Intervalo de Confiança para Kg, 1.º Pavimento

1.º Pavimento	
Kg	52,37%
Variância	0, 033299258
Desvio padrão	18,25%
Erro-padrão	5,50%
Intervalo de Confiança (95%)	
Limite superior	63,37%
Limite inferior	41,36%
j = 11	
Probabilidade do Valor Residual ser negativo	P(Kg<0) < 0,5%
Intervalo de Confiança (99%)	
Limite superior	68,87%
Limite inferior	35,86%

Assim como no caso do pavimento térreo, a depreciação observada no 1º pavimento é superior à do subsolo. Os elementos de instalação foram os mais prejudicados pela falta de condicionamento adequado. São instalações fundamentais para garantir o pleno funcionamento das atividades dentro da edificação e que requerem manutenções periódicas e substitutivas quando constatado seu mal funcionamento.

Dois elementos merecem especial destaque: Contrapiso e Pintura/Base. Usualmente, são eles, em uma unidade hospitalar, os que apresentam degradação mais acelerada em função de suas demandas. A movimentação constante e o uso de produtos químicos específicos para a limpeza e descontaminação alteram, consideravelmente, o decaimento de sua vida útil.

Nesse sentido, deixá-los expostos não só pode agravar ainda mais o encurtamento da vida útil, com provocar vícios na edificação após sua conclusão e que serão de difícil correção futura.

A Tabela 8 apresenta os resultados encontrados para o pavimento, com uma depreciação esperada de 52,35% e intervalo de confiança, ao nível de significância de 95%, entre 41,36% e 63,37%.

Tabela 9 – Análise do 2.º Pavimento

EDIFICAÇÃO ANALISADA	TÉRREO										
SISTEMAS	ESTADO DE CONSERVAÇÃO										
	C	EI	C*EI	IAI	VUI	(IAI/VUI)	(IAI/VUI)^2	PARC1	PARC2	KI	KG
1. ESTRUTURA	0,032	0,020	0,001	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,030	0,085	
2. ALVENARIA	0,056	0,096	0,005	6,000	50,000	0,120	0,014	0,067	0,052	0,120	
3. CONTRAPISO	0,207	0,070	0,014	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,196	0,251	
4. AR CONDICIONADO	0,541	0,200	0,108	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,436	0,631	
5. INCÊNDIO	0,541	0,150	0,081	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,436	0,631	
6. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	0,541	0,170	0,092	6,000	25,000	0,240	0,058	0,149	0,460	0,609	0,524
7. INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	0,541	0,124	0,067	6,000	25,000	0,240	0,058	0,149	0,460	0,609	
8. ESCADAS	0,056	0,008	0,000	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,053	0,108	
9. JUNTA DE DILATAÇÃO	0,111	0,008	0,001	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,089	0,284	
10. PINTURA/BASE	0,207	0,124	0,026	6,000	10,000	0,600	0,360	0,480	0,108	0,588	
11. ESQUADRIAS	0,536	0,030	0,016	4,000	30,000	0,133	0,018	0,076	0,496	0,571	
Diversos		0,000									
		100,00%									

Tabela 10 – Intervalo de Confiança para Kg, 2.º Pavimento

2.º Pavimento	
Kg	52,37%
Variância	0,033757482
Desvio padrão	18,37%
Erro-padrão	5,54%
Intervalo de Confiança (95%)	
Limite superior	63,45%
Limite inferior	41,29%
j = 11 Probabilidade do Valor Residual ser negativo	P(Kg<0) < 0,5%
Intervalo de Confiança (99%)	
Limite superior	68,99%
Limite inferior	35,75%

Os resultados encontrados para o 2.º pavimento são análogos o 1.º. Tal fato pode ser justificado em razão da similaridade entre ambos, tanto em termos de elementos instalados, como de exposição às condições climáticas. Eles possuem o mesmo valor agregado e grau de importância. Não houve, portanto, fatores diferenciadores que pudessem influenciar, negativamente ou positivamente, em suas degradações.

Tabela 11 – Análise da Cobertura

EDIFICAÇÃO ANALISADA	TÉRREO										
SISTEMAS	ESTADO DE CONSERVAÇÃO										
	C	EI	C*EI	IAI	VUI	(IAI/VUI)	(IAI/VUI)^2	PARC1	PARC2	KI	KG
1. ESTRUTURA	0,032	0,020	0,001	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,030	0,085	
2. ALVENARIA	0,207	0,180	0,037	6,000	50,000	0,120	0,014	0,067	0,193	0,260	
3. CONTRAPISO	0,353	0,200	0,071	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,334	0,389	0,338
4. IMPERMEABILIZAÇÃO	0,111	0,200	0,022	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,089	0,284	
5. REBOCO	0,353	0,300	0,106	6,000	20,000	0,300	0,090	0,195	0,284	0,479	
8. ESCADAS	0,056	0,100	0,006	6,000	60,000	0,100	0,010	0,055	0,053	0,108	
Diversos		0,000									
		100,00%									

Tabela 12 – Intervalo de Confiança para Kg, 2.º Pavimento

2.º Pavimento	
Kg	33,77%
Variância	0,014714295
Desvio padrão	12,13%
Erro-padrão	4,29%
Intervalo de Confiança (95%)	
Limite superior	42,35%
Limite inferior	25,19%
j = 8	
Probabilidade do Valor Residual ser negativo	P(Kg<0) < 0,5%
Intervalo de Confiança (99%)	
Limite superior	46,64%
Limite inferior	20,90%

A cobertura da edificação possui o menor número de elementos analisados. É um pavimento inabitado, sem previsão de instalação ou operação de estruturas funcionais do ponto de vista operacional do EAS, estando limitado aos elementos essenciais.

A pesar da quantidade e do grau de deterioração serem menores, para a família Cobertura, observados na Tabela 11, sua maior exposição ao clima impacta de forma significativa no custo de reparo para os elementos mais deteriorados, como o Reboco, em contrapartida, o Contrapiso, mesmo altamente degradado, possui área pequena e, portanto, de fácil reparo. É significativa a necessidade de ajustes nos elementos destinados à impermeabilização da estrutura.

Para essa família da Cobertura, o Kg foi estimado em 33,77%, com desvio-padrão de 12,13% e erro padrão de 4,29%. Valores que podem ser considerados razoáveis, já que se trata de uma área extremamente expostas às

intempéries, infiltração e degradação. Com isso, o limite superior para o intervalo de confiança é baixo, 42,35%.

A Depreciação Global pode ser obtida da análise conjunto dos diversos pavimentos, sendo formada pela ponderação das respectivas áreas, o que pode ser visto na Tabela 13.

Tabela 13 – Depreciação Global da Edificação

Edificação Analisada				
Famílias	**Depreciação Global (Kg)**	**Área do Pavimento (m²)**	**Índice Parcial**	**Depreciação Global Edificação (Kg)**
Subsolo	0,436	1.694,84	0,098	
Térreo	0,474	1.954,53	0,123	
1.º pavimento	0,524	1.284,92	0,090	0,46
2.º pavimento	0,524	1.284,92	0,090	
Cobertura	0,338	1.284,92	0,058	

Estima-se uma Depreciação Global da Edificação em 46% que, conforme a proposta de Pereira (2011), apresentada nas Tabelas 1 e 2, classifica a construção como necessidade de Reparos Simples a Importantes.

3.1. Análise de Sensibilidade

Os intervalos de confiança estimados para a depreciação de cada pavimento podem ser utilizados na construção de um Análise de Sensibilidade das estimativas em conjunto.

A Tabela 14 apresenta a compilação dos valores esperados e respectivos intervalores de confiança em cada pavimento.

Tabela 14 – Depreciação esperada e intervalos de confiança por pavimento

Famílias	**Kg**	**Intervalo de Confiança**		**Participação na Área Total**
		Inferior	**Superior**	
Subsolo	46,6%	33,16%	54,01%	22,59%
Térreo	47,4%	34,39%	60,36%	26,05%
1.º pavimento	52,4%	41,36%	63,37%	17,12%
2.º pavimento	52,4%	41,29%	63,45%	17,12%
Cobertura	33,8%	25,19%	42,35%	17,12%

O Gráfico 1 apresenta a Análise de Sensibilidade das estimativas consolidadas das Tabelas 13 e 14, caracterizada pelos limites inferior e superior dos intervalos de confiança.

Gráfico 1 – Análise de sensibilidade por pavimento e geral



O melhor cenário da Depreciação Global é caracterizado como aquele onde todos os intervalos de confiança ocorrem simultaneamente em seus maiores valores, enquanto o melhor cenário observado é aquele onde as depreciações estão, conjuntamente, no limite inferior do intervalo de confiança.

Como pode ser observado, caso os piores cenários ocorressem de maneira cumulativa, a depreciação da estrutura seria de 56,89%. Por sua vez, se os melhores cenários ocorrem de fórmula cumulativa, a depreciação global seria de 34,91%.

4. CONCLUSÕES

Analisadas as 10 tabelas elaboradas e o nível de degradação para cada elemento, em cada pavimento, pode-se constatar que o elemento mais preocupante e que comprometeria, significativamente, nas condições de segurança da edificação, a estrutura, muito pouco foi afetada. Contudo, não se pode negligenciar o fato de ter sido presenciado no pavimento do subsolo, armações expostas às intempéries.

Na tabela 13, observou-se, também, que mesmo com o abandono do prédio e seu fechamento estar incompleto, a boa execução e os materiais de qualidade empregados em sua estrutura tiveram papel fundamental para não condenar por completo toda a edificação. Deve haver uma atenção redobrada para o início da recuperação do prédio, mas não foram encontrados índices preocupantes de elementos e nos pavimentos que precisassem de uma intervenção mais urgente ou severa. Não se pode, também, deixar que a Depreciação Global da Edificação ultrapasse os 0,50 ou 50%.

As tabelas que trouxeram o Intervalo de Confiança para Kg, reforçaram ainda mais a pesquisa dos dados levantados e asseguraram a necessidade, o quanto antes, de se recuperar essa edificação.

Nesse artigo não foi possível avaliar o custo efetivo dessa retomada de obra e o valor estimado final, mas não há qualquer impedimento para que futuramente se possa fazer esse levantamento.

Afinal, o Distrito Federal e entorno clamam por atendimento e infraestrutura na área da saúde com qualidade e confiança.

REFERÊNCIAS

ALVES, S. N.; FIGUEIREDO, C. R.; SÁNCHEZ, J. M. M., 2018 – **A percepção visual como elemento de conforto na arquitetura hospitalar**. Revista Projetar – Projeto e Percepção do Ambiente. v. 3, n. 3, p. 71-83.

CASTRO, E. K. de, 1994 – **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado.** Dissertação de Mestrado. Brasília: Universidade de Brasília.

CNI, 2018 – **Grandes obras paradas: como enfrentar o problema? Propostas da indústria para as eleições**. V. 25. Brasília: CNI. ISBN 978-85-7957-172-5.

DATASUS – **Cadastro nacional de estabelecimentos de saúde (CNES)**. Disponível em: www.tabnet.datasus.gov.br acessado em 28 de outubro de 2018.

MACHRY, H. S., 2010 – **O impacto dos avanços tecnológicos nas transformações arquitetônicas dos edifícios hospitalares**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

MASCARÓ, J. L., 1995 – **O custo das decisões arquitetônicas no projeto de hospitais**. Brasília: Ministério da Saúde.

OLIVEIRA, I. P., 2018 – **Diretrizes para conservação patrimonial a partir da avaliação da depreciação do ambiente construído**. Dissertação de Mestrado. Brasília: Universidade de Brasília.

ORNSTEIN, S.W.; ROMÉRO, M. A. (colab.), 1992 – **Avaliação pós ocupação do ambiente construído**. São Paulo: EDUSP/Studio Nobel.

PANTOJA, J. C.; VARUM, H.; HENRIQUES, A. A., 2018 – **Metodologia probabilística para avaliação de edificações com estrutura existente de betão armado**. BE2018 – Encontro Nacional Betão Estrutural. Porto: Faculdade de Economia/Universidade do Porto.

PEREIRA, A. J. de S., 2013 – **A avaliação imobiliária e a sua relação com a depreciação dos edifícios**. Dissertação de Mestrado. Porto: Universidade do Porto.

PIMENTA, J. C., 2011 – **Propostas de desenvolvimento dos modelos clássicos de depreciação física na avaliação imobiliária**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Resolução-RDC n.º 50/2002 – **Regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde**. Brasília: MS/ANVISA.

Resolução-RDC n.º 51/2011 – **Requisitos mínimos para a análise, avaliação e aprovação dos projetos físicos de estabelecimentos de saúde no sistema nacional de vigilância sanitária (SNVS) e dá outras providências**. Brasília: MS/ANVISA.

COMPORTAMENTO SOB A AÇÃO DA ÁGUA DE PAREDES DE ALVENARIA RESISTENTE RETIRADAS DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

BEHAVIOUR OF LOAD-BEARING MASONRY WALLS FROM OLD BUILDINGS UNDER WATER ACTION

Ana I. Marques [(1)], L. Matias [(2)], M. R. Veiga [(3)], P. X. Candeias [(4)], J. G. Ferreira [(5)]

(1) LNEC, Portugal, aimarques@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, lmatias@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt
(4) LNEC, Portugal, pcandeias@lnec.pt
(5) CERIS, IST, Portugal, joao.gomes.ferreira@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

A conservação e a reabilitação de edifícios têm um impacto cada vez mais relevante na sociedade atual. Existe uma quantidade significativa de edifícios antigos que se encontram em bom estado de conservação, perspetivando-se que apresentem mesmo uma vida útil superior à dos edifícios recentes.

A água, contudo, é um dos mais importantes agentes de degradação deste tipo de edifícios. A ação da humidade nas construções, em geral, e nas paredes, em particular, contribui para a alteração das suas características, conduzindo frequentemente à sua degradação, que pode ter graves implicações na durabilidade, na estanquidade e no aspeto estético, bem como no desempenho térmico dessas paredes. Por estes motivos, é essencial entender o comportamento das paredes do ponto de vista físico, incluindo os processos de absorção de água e de secagem, para ser possível a realização de diagnósticos mais precisos das anomalias observadas.

Neste artigo, será analisado o comportamento de paredes de edifícios antigos sob a ação da água. Provetes de alvenaria de tijolo cerâmico maciço e furado, com dimensões de 0,80 x 0,80 m^2, foram retirados das paredes interiores de vários pisos de um edifício do início do século XX em fase de reabilitação, e submetidos a ensaios de absorção de água por capilaridade e a avaliação da taxa de secagem. Durante os referidos ensaios, na fase de secagem e até retorno à massa inicial, os provetes foram objeto de análise termográfica. Complementarmente, e de modo a apoiar a interpretação dos resultados das análises realizadas, procedeu-se a uma caracterização prévia dos elementos constituintes dessas paredes de alvenaria, nomeadamente, a argamassa de cal aérea e os tijolos cerâmicos (maciços e furados).

Palavras-chave: Absorção de Água / Secagem / Termografia de Infravermelhos / Paredes de Alvenaria / Edifícios Antigos

1. INTRODUÇÃO

A conservação e a reabilitação de edifícios têm assumido nos últimos anos um papel cada vez mais importante na sociedade atual e na forma de encarar a preservação do património. Hoje em dia estas atividades são até consideradas mais ecológicas que a construção nova dado que são reaproveitadas partes do edifício. Este facto assume maior importância na medida em que muitos edifícios antigos chegam aos nossos dias parcialmente em bom estado de conservação.

As paredes pertencentes aos edifícios antigos, que existem no parque habitacional, são constituídas por materiais mais porosos que os atuais e têm princípios de funcionamento diferentes. Neste contexto, é muito importante conhecer bem o comportamento das paredes, principalmente do ponto de vista físico, de forma a que seja possível a realização de diagnósticos mais precisos das anomalias observadas.

A água é um dos mais fortes agentes de degradação, sendo que a ação da humidade é a principal causa das anomalias nos edifícios, dando origem a bastantes danos, em especial no caso particular das paredes antigas. A ação da humidade nas paredes de alvenaria contribui significativamente para a alteração das suas características, e frequentemente para a sua degradação, assim como para a degradação do próprio ambiente interior das habitações, com graves implicações nos aspetos funcionais, de habitabilidade com a consequente degradação das condições de vida, muitas vezes com riscos para a própria saúde.

A análise termográfica (TIV) tem-se revelado um interessante método não-destrutivo para detetar a presença de água nos elementos de construção, em geral, e nas paredes de alvenaria, em particular. Em alguns casos a interação de diversos fenómenos poderá dificultar a sua utilização, quer em laboratório quer *in situ* (Santos & Matias, 2003; Rosina & Rosi, 1998; Grinzato & Rosina, 2001). A deteção da presença de água por termografia por imagem infravermelha (TIV) num elemento construtivo tem como base duas das suas consequências: por um lado as alterações das características térmicas dos seus materiais constituintes – condutibilidade, difusibilidade e capacidade térmicas – afetam o desempenho térmico do elemento construtivo, em condições de transmissão de calor quer estacionárias (condutibilidade térmica) quer variáveis (capacidade térmica); por outro lado, a mudança de estado correspondente à evaporação da água é um fenómeno endotérmico, sendo acompanhada por uma absorção de calor pela humidade (calor latente de vaporização de cerca de 2500 J/g) que provoca um arrefecimento localizado na superfície do elemento. Em qualquer dos casos criam-se diferenças da temperatura superficial, suficientemente importantes para poderem ser detetadas com o equipamento de TIV (Matias *et al*., 2007). A análise termográfica tem sido aplicada em diversos estudos *in situ* no âmbito da identificação e do estudo das causas de anomalias verificadas em edifícios (Matias, 2004; Matias, 2006).

Têm sido realizados diversos estudos relativamente à composição de paredes antigas (Pinho, 2000; Mateus, 2002; Casella, 2003; Valluzzi *et al*., 2019; Binda *et al*., 2000; Franzoni *et al*., 2015), mas que, no entanto, não são completos no que diz respeito ao seu comportamento à ação da humidade. Têm sido também realizados alguns estudos sobre métodos de ensaios para avaliação de determinadas caraterísticas do material (Veiga & Carvalho, 2000; Magalhães *et al*., 2003; Veiga *et al*., 2004), revelando-se muito importante aplicá-los aos tipos de paredes e anomalias mais comuns em Portugal e integrá-los numa metodologia mais geral que permita assim conclusões mais exatas.

Métodos de ensaios *in situ* em conjunto com ensaios laboratoriais de amostras de tijolos e argamassa de assentamento recolhidas em obra, fornecem informações muito importantes. Contudo, tais ensaios, normalmente indiretos, são de uso difícil e muitas vezes de interpretação ainda mais difícil, necessitando trabalho experimental extenso para estabelecer uma correlação entre as informações obtidas e as características a estudar (Santos *et al*., 2004). Neste estudo, as amostras de parede de alvenaria foram retiradas de paredes reais, e os ensaios foram

realizados diretamente nessas amostras de parede. Neste contexto, a interpretação dos resultados é mais fácil de analisar garantindo assim que esses resultados correspondem ao real comportamento à água da parede em estudo.

Neste artigo será estudado o comportamento sob a ação da água de paredes de alvenaria de tijolo cerâmico maciço e furado através de ensaios laboratoriais de provetes de parede originais que foram retirados de um edifício do início do século XX. As paredes de alvenaria foram submetidas a ensaios de absorção de água por capilaridade e avaliação da taxa de secagem e são representativas de uma das tipologias de paredes mais comuns em Portugal, sendo compostas por tijolo cerâmico e argamassas à base de cal aérea.

2. RECOLHA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Foi localizado um edifício no centro da cidade de Lisboa, construído em 1910, que iria ser sujeito a obras de reabilitação. Dado que parte do edifício se encontrava num estado muito avançado de degradação, houve necessidade de proceder a demolições localizadas. Foi desta zona de demolições que foram retiradas amostras de paredes reais assim como dos seus vários constituintes (argamassas e tijolos cerâmicos), com a finalidade de serem caracterizadas experimentalmente. As amostras de paredes foram retiradas de paredes interiores do edifício, sendo que as paredes de alvenaria de tijolo maciço pertencem ao piso térreo, enquanto que as paredes de alvenaria de tijolo furado pertencem a vários locais dos pisos superiores do edifício (piso 1 a piso 4).As paredes são originais, apresentavam- se em bom estado de conservação e representam o tipo de construção dessa época, sendo constituídas por argamassas à base de cal aérea e tijolos com dimensões aproximadas de 0,25 x 0,11 x 0,06 m^3.

As amostras de parede retiradas têm dimensões próximas de 0,70 x 0,75 m^2 com 0,25 m de espessura e um aparelho de assentamento a “uma vez” e foram removidas usando uma serra elétrica com um disco de grandes dimensões para que o corte fosse realizado de uma única vez, conforme se ilustra na Figura 1. O processo de remoção foi cuidadosamente realizado tentando corresponder o mais possível às diretrizes preconizadas na norma ASTM C 1420 (ASTM, 2003) e posteriormente foram transportadas para as instalações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), onde foram secas por forma a eliminar a água de refrigeração da serra de corte.



Aparelho de assentamento Corte e remoção das amostras de parede

Figura 1 – Amostras de parede retiradas diretamente do edifício

A preparação das amostras para o ensaio de determinação do coeficiente de capilaridade e avaliação da taxa de secagem teve por base a escolha de provetes semelhantes em termos de dimensões e número de fiadas, assim como remoção dos revestimentos originais em ambas as faces. Após a seleção dos provetes de parede, a base dos

mesmos foi devidamente limpa com espátula e escova de aço por forma a que a primeira fiada de tijolo ficasse sem grandes resíduos de argamassa de assentamento com o objetivo de conseguir que o provete ficasse bem assente na base. Procurou-se manter o provete o mais intacto possível para que o ensaio fosse o mais representativo possível.

3. CAMPANHA EXPERIMENTAL

3.1. Argamassas de assentamento e tijolos cerâmicos

No que diz respeito à caracterização do comportamento à água das argamassas de assentamento, foram realizados ensaios para determinação do coeficiente de capilaridade e avaliação da taxa de secagem sobre três provetes de argamassa. A técnica usada para a realização destes ensaios foi desenvolvida no LNEC para amostras irregulares e friáveis (Magalhães & Veiga, 2009; Veiga *et al*., 2004). A metodologia de ensaio e respetiva análise foi realizada com base nos procedimentos descritos nas Normas EN 15801: 2009 (CEN, 2009), EN 16322:2013 (CEN, 2013) e na Ficha de Ensaio do LNEC FE Pa 40 (Veiga & Santos, 2016) e consiste na realização de pesagens periódicas do provete, colocando-o dentro de um cesto de rede metálica e sobre uma tela de geotêxtil que se mantém em contacto permanente com a água, que está dentro de uma tina, até o provete ficar saturado. A água absorvida é determinada através da diferença entre a massa inicial do conjunto cesto + tela saturada + provete e as massas seguintes do mesmo conjunto. Na Figura 2 apresenta-se a curva completa de absorção capilar e secagem dos provetes de argamassa de assentamento.

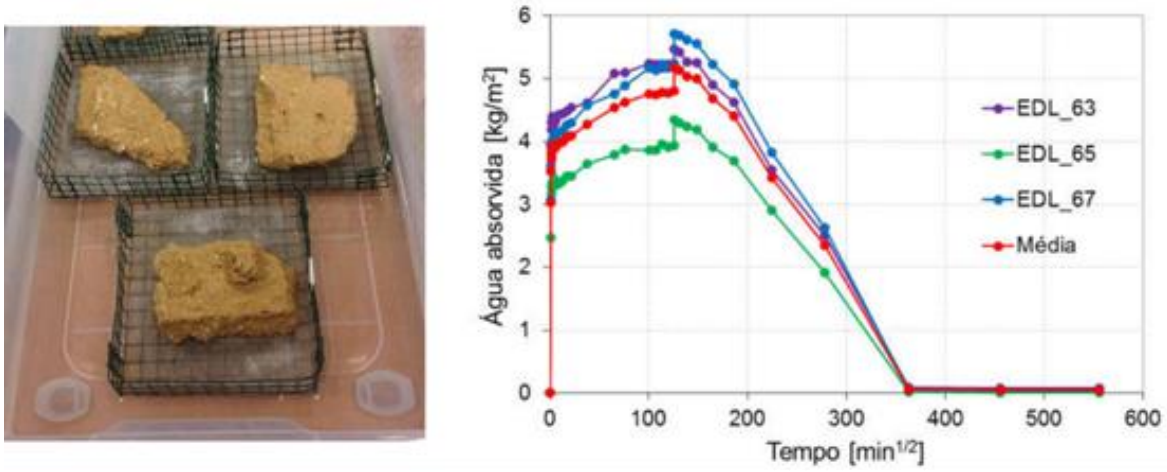


Figura 2 – Curvas completas de absorção capilar e secagem dos provetes de argamassa de assentamento

No caso dos tijolos cerâmicos que compõem as paredes de alvenaria, verificou-se a existência de dois tipos de tijolos furados (TF1 e TF2) e dois tipos de tijolos maciços (TM1 e TM2). No que diz respeito à caracterização do comportamento à água dos tijolos cerâmicos maciços e furados, foram realizados ensaios para determinação do coeficiente de capilaridade e avaliação da taxa de secagem sobre três provetes de cada tipo de tijolos. A metodologia usada para a realização destes ensaios e respetiva análise foi baseada nos procedimentos descritos nas Normas EN 15801: 2009 (CEN, 2009) e EN 16322:2013 (CEN, 2013). Na Figura 3 apresenta-se a curva média completa de absorção capilar e secagem dos quatro grupos de tijolos. O Quadro 1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios para determinação do coeficiente de capilaridade e avaliação da taxa de secagem das argamassas de assentamento e dos tijolos cerâmicos ensaiados.

Quadro 1 – Resultados obtidos nos ensaios para determinação do coeficiente de capilaridade e avaliação da taxa de secagem das argamassas de assentamento e dos tijolos cerâmicos

Identificação dos provetes		capilaridade (Cc)c	D1	D2
		[kg/m².min0,5]	[kg/m².h]	[kg/m².h0,5]
Argamassa de assentamento EDL_A_#	Valor médio	1,73	0,11	0,53
	Desvio-padrão	0,22	0,01	0,08
Tijolo cerâmico furado TF1_#	Valor médio	0,41	0,19	1,07
	Desvio-padrão	0,18	0,04	0,10
Tijolo cerâmico furado TF2_#	Valor médio	0,14	0,12	0,76
	Desvio padrão	0,05	0,02	0,32
Tijolo cerâmico maciço TM1_#	Valor médio	0,20	0,10	0,86
	Desvio padrão	0,09	0,02	0,29
Tijolo cerâmico maciço TM2_#	Valor médio	2,24	0,20	1,97
	Desvio padrão	0,62	0,01	0,12

Os resultados dos ensaios de capilaridade e de secagem da argamassa de assentamento indicam que a argamassa tem elevada absorção capilar. Relativamente ao processo de secagem, embora o transporte de água líquida para a superfície seguida de evaporação ocorra mais lentamente (traduzido pelo menor valor de D1), a segunda fase apresenta maior valor de D2, que representa um aumento da difusão do vapor de água. Estes valores podem indicar predomínio de pequenos poros capilares que retardam a primeira fase de evaporação, mas facilitam a segunda fase.

Os resultados dos ensaios de capilaridade e de secagem dos tijolos do tipo furado TF1 e TF2 indicam que este tipo de tijolos tem em geral baixa absorção capilar, e um comportamento na secagem idêntico com valores de D1 e D2 muito semelhantes entre si. O tijolo cerâmico do tipo TM2 apresenta um coeficiente de capilaridade bastante elevado com um valor médio de 2,24 kg/m^2.min$^{1/2}$, portanto com maior absorção capilar, relativamente aos tijolos cerâmicos do tipo TM1 cujo valor é da ordem de 0,20 kg/m^2.min$^{1/2}$. Este facto talvez possa ser atribuído ao processo de fabrico do tijolo do tipo TM1, que se verificou ser feito através de meios mais mecanizados que o TM2, pode levar à formação de um material com poros mais pequenos que dificultam a circulação de água sob a forma líquida no seu interior, o que ajuda a justificar o valor extremamente baixo do seu coeficiente de capilaridade.

Em relação ao processo de secagem do material dos tijolos cerâmicos, verifica-se que em todos os tipos de tijolos o transporte de água líquida para a superfície seguida de evaporação ocorre mais lentamente (traduzido pelo menor valor de D1), enquanto na segunda fase apresenta um valor de D2 elevado, que representa uma diminuição do transporte de água líquida e um aumento da difusão do vapor de água.

Os resultados apresentados para as argamassas de assentamento e tijolos cerâmicos são idênticos aos obtidos noutros trabalhos da área (Velosa & Veiga, 2016; Kallioras *et al.;* 2018).

3.2. Paredes de alvenaria

Para a caracterização do comportamento à ação da água de paredes de alvenaria, foi desenvolvida uma metodologia experimental baseada na norma EN 15801: 2009 (CEN, 2009), e extrapolada para provetes de paredes de alvenaria com uma massa de aproximadamente 250 kg, a qual exige cuidados específicos devido ao tipo de material utilizado, massa e volumetria. Esta metodologia consiste basicamente na realização do registo periódico da massa do provete que se mantém em contacto permanente com a água até o provete ficar saturado, sendo que a água absorvida é determinada através da diferença entre a massa inicial e as massas seguintes.

Dada a grande massa dos provetes e a sua fragilidade, sobretudo no estado húmido, a metodologia adotada tem de possibilitar o registo da massa desses provetes sem que seja necessário movimentar o provete para a sua determinação. Esta metodologia tem também de ser eficaz na completa caracterização do comportamento à água dos provetes de paredes de alvenaria, quer na absorção de água quer na secagem dessa água absorvida.

O dispositivo adotado para a realização dos ensaios para determinação do coeficiente de capilaridade e avaliação da taxa de secagem ilustra-se na Figura 4 e consiste numa balança com um prato que abranja pelo menos a área da base do provete, uma tina com dimensões suficientes para colocação do provete, um reservatório fechado para abastecimento do nível de água e um computador com webcam para o registo da evolução da massa do provete.

A caracterização do comportamento à ação da água de paredes de alvenaria teve início com o ensaio de absorção de água por capilaridade sobre dois provetes de parede de alvenaria de tijolo cerâmico furado (M0F17 e M0F18) e dois provetes de parede de alvenaria de tijolo cerâmico maciço (M0M17 e M0M18). Este ensaio iniciou-se com a colocação da tina sem água sobre a balança. Posteriormente prepara-se o reservatório com água que irá alimentar a tina e determina-se a área da face do provete que estará em contacto com a água (dada a sua irregularidade). Em todas as operações que se descrevem em seguida foram registadas as respetivas massas: 1) no fundo da tina foram colocadas umas tiras na direção transversal do provete com o objetivo de permitir a circulação de água por toda a base do provete; 2) o provete foi então colocado dentro da tina ainda sem água com recurso à ponte rolante existente na sala de ensaio; 3) o espaço entre a tina e o provete foi tapado com umas tampas e o provete isolado com um plástico à sua volta para evitar perdas de água por evaporação, conforme se ilustra na Figura 4; 4) a tina foi cheia com água com recurso a uma mangueira até a um terço da primeira fiada de tijolo, isto é, cerca de 2 cm, conforme se ilustra na Figura 5 (O reservatório de alimentação de água para a tina está ligado a esta por uma mangueira cuja abertura coincide com a altura do nível que se pretende que permaneça constante).

O ensaio de absorção de água por capilaridade considerou-se terminado quando, por observação direta do gráfico, se verificou a absorção máxima do provete (absorção assimptótica) que se traduz numa zona da curva com um patamar constante (horizontal) ao longo do tempo.



Figura 4 – Dispositivo de ensaio adotado para a caracterização do comportamento à ação da água de paredes de alvenaria



Figura 5 – Pormenor do nível de água constante na tina durante a realização do ensaio de absorção de água por capilaridade

O registo das medições teve por base a instalação de uma webcam apontada para o mostrador da balança (zona da extremidade da agulha) que fazia o registo da leitura da massa, sendo que posteriormente todas essas imagens foram visualizadas e o valor da massa foi registado num ficheiro *excel* onde foi calculada a quantidade de água absorvida (e desabsorvida) em função do tempo.

Na generalidade dos ensaios, procurou-se que o registo das pesagens fosse realizado com intervalos mais pequenos no início do ensaio, sendo que esse intervalo foi progressivamente aumentado à medida que o ensaio decorria. Na fase final do ensaio, quando o provete começou a dar os primeiros sinais de saturação, o registo das pesagens passou a ser realizado diariamente.

Após a conclusão do ensaio de absorção de água por capilaridade, foi iniciado o ensaio de avaliação da taxa de secagem. Este ensaio foi realizado no mesmo local do ensaio de absorção de água por capilaridade sem que o provete fosse movido, utilizando a mesma metodologia de registo de pesagens. Para o início do ensaio de avaliação da taxa de secagem, foi necessário fechar a torneira de alimentação de água para a tina, instalada no fundo do reservatório, retirar a água existente na tina, as tampas e o plástico que envolveu o provete durante o ensaio de absorção de água por capilaridade, deixando assim todas as superfícies em contacto com o meio ambiente. O registo da variação de massa foi efetuado até se atingir aproximadamente a massa inicial do provete.

Cada ciclo completo (molhagem e secagem) teve a duração aproximada de 6 meses. No fim da realização de um ciclo completo num primeiro provete de alvenaria verificou-se que a metodologia de ensaio funcionava e produzia resultados credíveis, adotando-se assim os resultados obtidos no provete experimental, como resultado válido para a campanha experimental do trabalho de investigação.

Relativamente aos resultados obtidos, as curvas completas de absorção capilar e secagem para todos os provetes de parede ensaiados são apresentadas nos gráficos da Figura 6. Após ser obtida a absorção para cada provete de parede (absorção assimptótica), determina-se o coeficiente de capilaridade na zona linear da curva de absorção, conforme se ilustra na Figura 7.

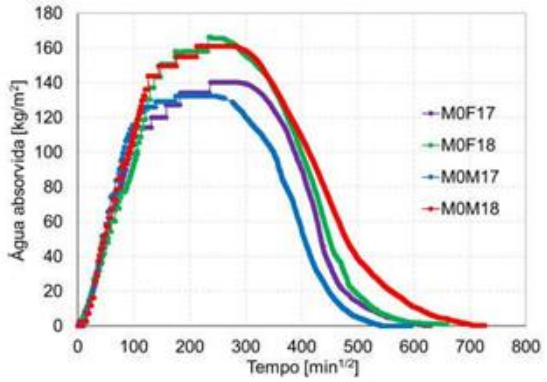
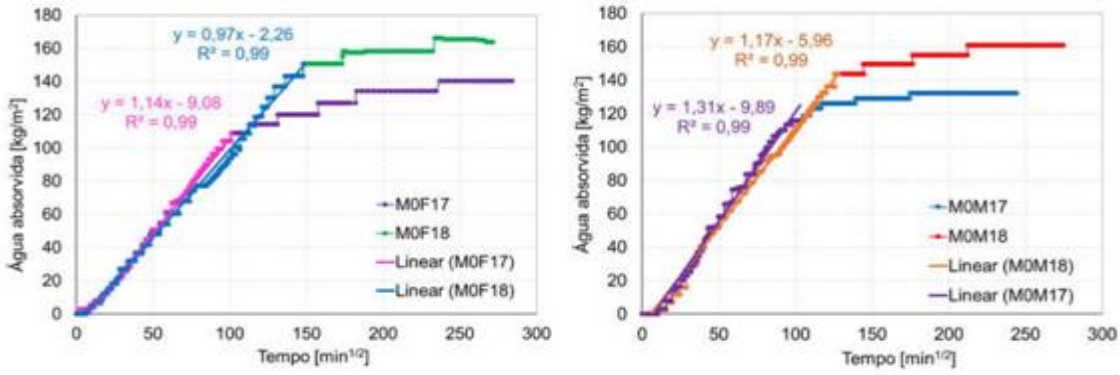


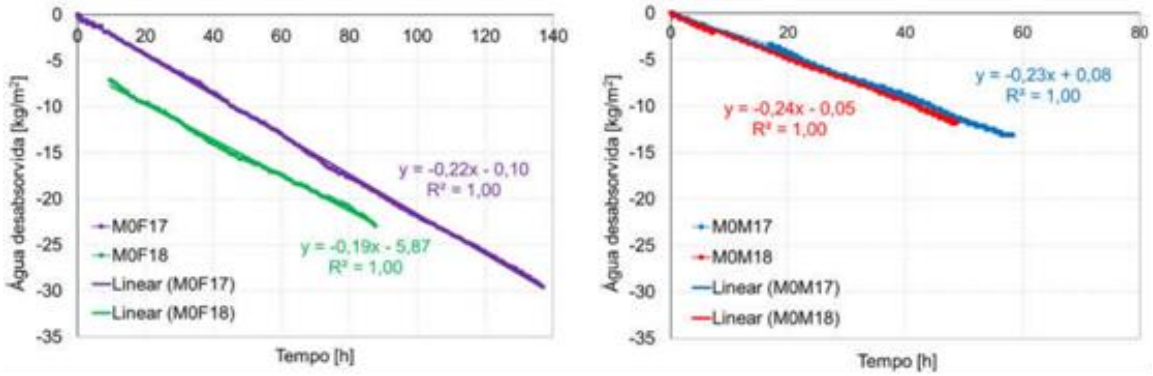
Figura 6 – Curvas completas de absorção capilar e secagem dos provetes de parede de alvenaria de tijolo cerâmico furado e maciço



Provetes de parede de tijolo cerâmico furado Provetes de parede de tijolo cerâmico maciço

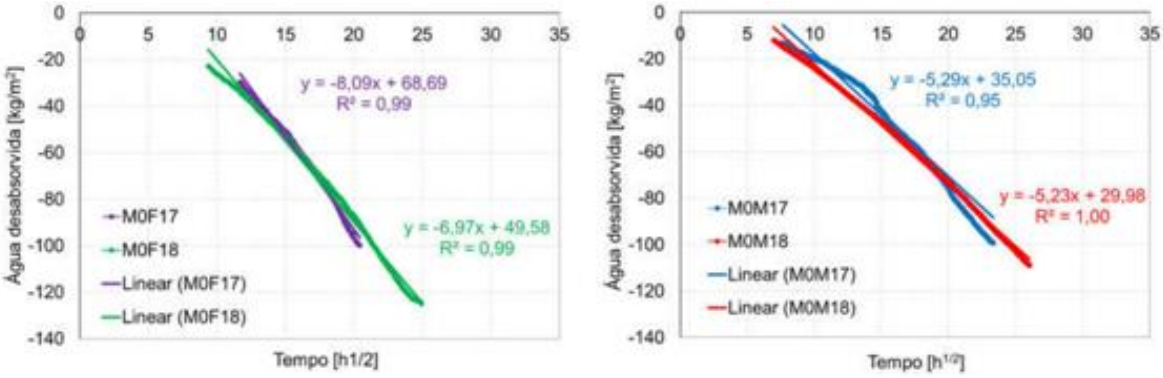
Figura 7 – Determinação do coeficiente de capilaridade na zona linear da curva de absorção dos provetes de parede de alvenaria de tijolo cerâmico furado e maciço ensaiados

No ensaio de avaliação da taxa de secagem, determinou-se a taxa da primeira fase de secagem (fase líquida) e a taxa de secagem na fase mista de acordo com a Norma Europeia EN 16322:2013 (CEN, 2013), conforme se ilustra na Figura 8 e na Figura 9, respetivamente.



Provetes de parede de tijolo cerâmico furado | Provetes de parede de tijolo cerâmico maciço

Figura 8 – Determinação da taxa da primeira fase de secagem (D1) dos provetes de parede de alvenaria de tijolo cerâmico furado e maciço ensaiados



Provetes de parede de tijolo cerâmico furado | Provetes de parede de tijolo cerâmico maciço

Figura 9 – Determinação da taxa de secagem na fase mista (D2) dos provetes de parede de alvenaria de tijolo cerâmico furado e maciço ensaiados

O Quadro 2 apresenta os resultados obtidos nos ensaios para determinação do coeficiente de capilaridade e avaliação da taxa de secagem dos provetes de parede de alvenaria ensaiados

Quadro 2 – Resultados obtidos nos ensaios para determinação do coeficiente de capilaridade e avaliação da taxa de secagem das argamassas de assentamento e dos tijolos cerâmicos

Identificação dos provetes		**Capilaridade (Cc)c**	**D1**	**D2**
		[kg/m².min^{0,5}]	**[kg/m².h]**	**[kg/m².h^{0,5}]**
Parede de tijolo cerâmico furado MOF#	Valor médio	1,06	0,21	7,53
	Desvio-padrão	0,12	0,02	0,79
Parede de tijolo cerâmico maciço MOM#	Valor médio	1,24	0,24	5,26
	Desvio padrão	0,10	0,01	0,04

Com os resultados obtidos no ensaio para determinação do coeficiente de capilaridade e avaliação da taxa de secagem dos provetes de parede de alvenaria de tijolo cerâmico maciço e furado, foi possível verificar que os resultados nos dois tipos de alvenarias são muito semelhantes entre si. No entanto faz-se notar que o coeficiente de capilaridade é ligeiramente superior no caso dos provetes de parede de alvenaria de tijolo cerâmico maciço, porque a área de absorção é maior relativamente aos provetes de parede de tijolo cerâmico furado, dada a

presença da furação nesse tipo de tijolo.

Verifica-se também que ambas as alvenarias têm a capacidade de remover quase na totalidade, por secagem, toda a água absorvida, dado que o valor da sua massa no final do ensaio é muito próximo do valor inicial (antes do início do ensaio). O tempo de secagem nos provetes de alvenaria é relativamente rápido, verificando-se também uma rápida libertação de água em forma de vapor. Os resultados apresentados no Quadro 2 podem ser comparados com os trabalhos de Matias *et al*. (2007).

Relativamente à análise termográfica, durante o ensaio de secagem de um provete de cada tipo de parede (tijolo cerâmico furado e maciço), foram obtidos dois conjuntos de imagens termográficas (termogramas).

Na Figura 10 e na Figura 11 apresentam-se a evolução dos teores de água dos provetes ensaiados e a sequência de alguns termogramas obtidos ao longo do período de secagem para os provetes de parede de alvenaria de tijolo cerâmico furado e maciço respetivamente.

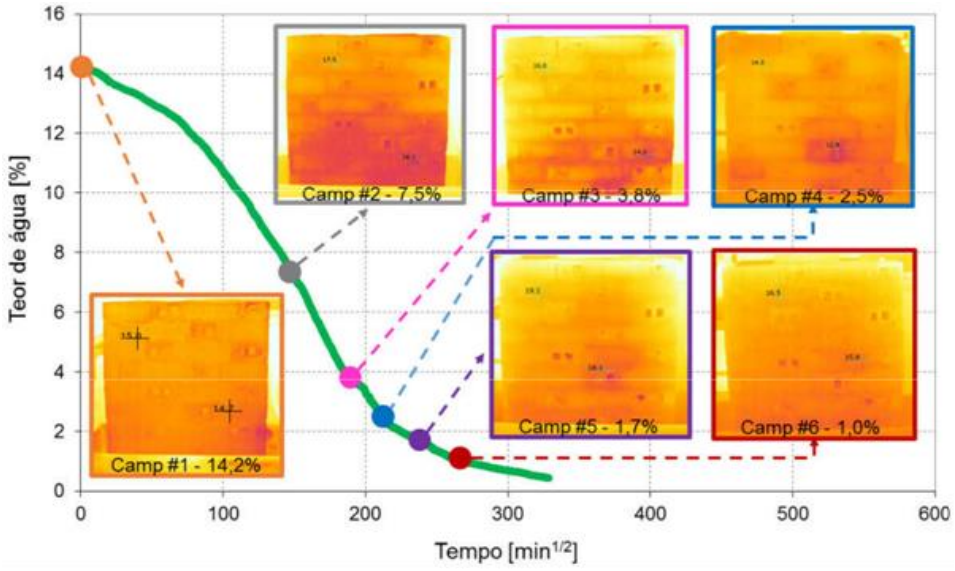


Figura 10 – Teor de água e registo da sequência dos vários termogramas realizados durante o ensaio de secagem do provete de parede de alvenaria de tijolo cerâmico furado

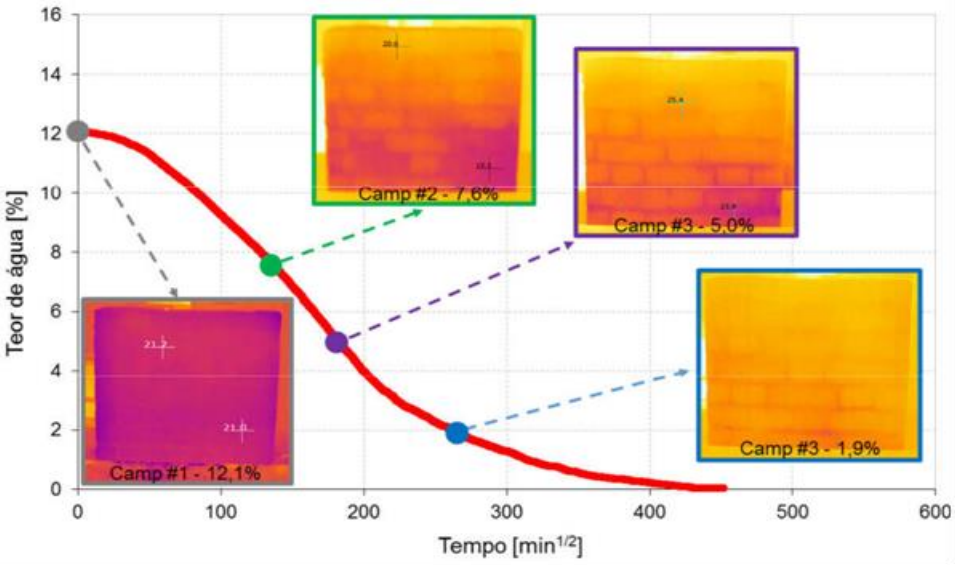


Figura 11 – Teor de água e registo da sequência dos vários termogramas realizados durante o ensaio de secagem do provete de parede de alvenaria de tijolo cerâmico maciço

A análise das figuras anteriores demonstra que a técnica não destrutiva por termografia de Infravermelhos permite identificar a presença de humidade nos provetes estudados até para valores dos teores de água reduzidos (cerca de 4%), assim como a sua localização.

4. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos no ensaio para determinação do coeficiente de capilaridade e avaliação da taxa de secagem realizados a dois provetes de parede de alvenaria de tijolo cerâmico furado e dois provetes de parede de alvenaria de tijolo cerâmico maciço, foi possível verificar que os resultados nos dois tipos de alvenarias são muito semelhantes entre si. No entanto faz-se notar que o coeficiente de capilaridade é ligeiramente superior no caso dos provetes de parede de alvenaria de tijolo cerâmico maciço, porque a área de absorção é superior relativamente aos provetes de parede de tijolo cerâmico furado, dada a presença da furação nesse tipo de tijolo.

Verifica-se que ambas as alvenarias têm a capacidade de remover quase na totalidade, por secagem, toda a água absorvida, dado que o valor da sua massa no final do ensaio é muito próximo do valor inicial (antes do início do ensaio). Assim, estes ensaios indiciam que, neste tipo de paredes de alvenaria de tijolo assente com argamassa de cal, sem revestimento, a secagem ocorre de forma rápida, sem aparente retenção prolongada de água no interior da parede. Estes resultados apontam para a importância de preservar este tipo de comportamento na secagem em intervenções de reabilitação.

Observando as campanhas de inspeção termográficas realizadas, podemos concluir que esta técnica consegue detetar com relativa precisão as zonas húmidas dos provetes de parede de alvenaria, podendo ser utilizada neste tipo de paredes quando inseridas nos edifícios reais, e quando expostas à presença de água.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho insere-se no Projeto de Investigação e Inovação 2013-2020 do LNEC "REuSE – Revestimentos para Reabilitação: Segurança e Sustentabilidade". Os autores agradecem a colaboração da empresa de estudos e projetos A2P Consult, Lda., às empresas Coporgest e HCI Construções, S.A., por terem tornado possível obter os provetes de paredes de alvenaria do edifício.

REFERÊNCIAS

ASTM, 2003 – **Standard guide for selection, removal and shipment of manufactured masonry units placed in usage**. West Conshohocken, PA: ASTM International. ASTM C1420 – 03a. DOI: 10.1520/C1420-03A

BINDA, L.; SAISI, A.; TIRABOSCHI, C., 2000 – **Investigation procedures for the diagnosis of historic masonries**. *Construction and Building Materials*. 14, pp: 199-233.

CEN, 2009 – **Conservation of cultural property. Test methods. Determination of water absorption by capillarity**. Brussels: CEN. EN 15801:2009.

CEN, 2013 – **Conservation of cultural property. Test methods. Determination of drying properties**. Brussels: CEN. EN 16322:2013.

CASELLA, G., 2003 – **Gramáticas de pedra. Levantamento de tipologias de construção muraria**. Porto: Centro Regional de Artes Tradicionais (CRAT).

FRANZONI, E.; GENTILINI, C.; GRAZIANI G.; BANDINI S., 2015 – **Compressive behaviour of brick masonry triplets in wet and dry conditions**. *Construction and Building Materials*. 82, pp. 45-52.

GRINZATO, E.; ROSINA, E., 2001 – **Infrared and thermal testing for conservation of historic building**. *Non Destructive Testing Handbook*. 3.º Edition. vol.3. (OH) USA: Infrared and Thermal Testing ASNT Columbus.

KALLIORAS, S.; CORREIA, A. A.; MARQUES, A. I.; BERNARDO, V.; CANDEIAS, P. X.; GRAZIOTTI, F., 2018 – **LNEC-BUILD-3: an incremental shake-table test on a dutch URM detached house with chimneys**. Eucentre

Research Report: EUC203/2018U, Eucentre, Pavia, Italy. Disponível no URL: http://www.eucentre.it/project-nam/ October 2018.

MAGALHÃES, A. C.; COSTA, D.; VEIGA, M. R., 2003 – **Diagnóstico de anomalias de revestimentos de paredes com técnicas de ensaio *in situ*. Avaliação da resistência mecânica**. Atas do 3.º ENCORE Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: LNEC.

MAGALHÃES, A. C.; VEIGA, M. R., 2009 – **Physical and mechanical characterisation of ancient mortars. Application to the evaluation of the state of conservation**. *Materiales de Construcción*. (295) Vol 59 pp. 61-77. doi: 10.3989/mc.2009.41907.

MATEUS, J. M., 2002 – **Técnicas tradicionais de construção de alvenarias**. Lisboa: Livros Horizontes.

MATIAS, L., 2004 – **Aplicação da análise termográfica em edifícios antigos na Amieira do Tejo e em Viana do Alentejo**. (Projeto n.º POCTI/ECM/46323/2002). Relatório n.º 270/2004–NRI. Lisboa: LNEC.

MATIAS, L., 2006 – **Aplicação da análise termográfica em edifícios antigos em Viana do Alentejo**. (Projeto n.º POCTI/ECM/46323/2002) – 2.ª campanha experimental. Relatório n.º 74/2006–NRI. Lisboa: LNEC.

MATIAS, L.; MAGALHÃES, A. C.; VILHENA, A.; SANTOS, C. A.; VEIGA, M. R., 2007 – **Ensaio de capilaridade e análise termográfica para visualização da secagem de um murete de alvenaria de pedra**. (Projeto n.º POCTI/ECM/46323/2002). Relatório n.º 22/2007–NRI. Lisboa: LNEC.

PINHO, F., 2000 – **Paredes de edifícios antigos em Portugal**. Coleção Edifícios n.º 8 (CED 8). Lisboa: LNEC.

ROSINA, E.; ROSI, L., 1998 – **Optimal conditions to detect moisture in ancient buildings**. **Study cases from Northern Italy**. *Thermosense XX*. Orlando (USA).

SANTOS, C.; MATIAS, L., 2003 – **Aplicação laboratorial da análise termográfica para visualização da absorção de água e da secagem de uma parede de alvenaria de blocos de betão de argila expandida**. Relatório n.º 37/2003–NRI. Lisboa: LNEC.

SANTOS, C.; VEIGA, M. R.; VILHENA, A.; MAGALHÃES, A. C.; MATIAS, L., 2004 – **Desenvolvimento de metodologias para avaliação dos efeitos da humidade em paredes antigas**. Atas do Congresso Nacional da Construção – Construção 2004: Repensar a Construção. Porto: Secção de Construções Civis e FEUP Edições.

VALLUZZI, M. R.; SALVALAGGIO, M.; SBROGIÒ, L., 2019 –-**Repair and conservation of masonry structures**. *Numerical Modeling of Masonry and Historical Structures. From Theory to Application*. Chapter 6. Editores: GHIASSI, B. & MILANI, G. ISBN: 978-0-08-102439-3. Doi: 10.1016/C2017-0-01579-3.

VEIGA, M. R.; CARVALHO, F., 2000 – **Experimental characterisation of lime based rendering and repointing mortars. Definition of relevant laboratorial and *in situ* tests**. Atas do Workshop Compatible Materials Recommendations for the Preservation of European Cultural Heritage. Athens: National Technical University of Athens.

VEIGA, M. R.; MAGALHÃES, A.; BOSILIKOV, V., 2004 – **Capillarity tests on historic mortar samples extracted from site. Methodology and compared results**. Atas da 13 th International Masonry Conference. Amsterdão. Comunicação COM110.

VEIGA, M. R.; SANTOS, D., 2016 – **Métodos de ensaio de revestimentos existentes – Ensaios *in situ* e ensaios em laboratório sobre amostras recolhidas em obra**. Relatório 39/2016–NRI. Lisboa: LNEC.

VELOSA, A. L.; VEIGA, M. R., 2016 – **Argamassas do património histórico: conhecer para conservar e reabilitar**. CINPAR – XII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas. Outubro. Porto.

FICHAS DE RENDIMENTO E PREÇOS DE SOLUÇÕES DE REFORÇO ESTRUTURAL DE ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO

COSTS SHEETS AND PRICES FOR STRUCTURAL RETROFITTING SOLUTIONS OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS





Cláudia Santos [(1)], António Cabaço [(2)], Ana Brandão de Vasconcelos [(3)]

(1) LNEC, Portugal, cfsantos@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, acabaco@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, avasconcelos@lnec.pt

RESUMO

As fichas de rendimento de operações de construção, contendo informação sobre os recursos, os rendimentos e os preços unitários das atividades, assumem um papel importante no planeamento económico da construção. No caso particular das soluções de reforço de elementos de betão armado, não existem, até à data, fichas de rendimento para esse tipo de operações.

Neste sentido, foi realizado um estágio profissional para a Ordem dos Engenheiros, no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), tendo em vista a elaboração de fichas de rendimento para diferentes soluções de reforço de elementos de betão armado: chapas de aço coladas, chapas de aço aparafusadas, laminados de compósitos reforçados com fibras de carbono colados e betão projetado. Foi utilizada, para o efeito, a estrutura de informação das fichas de rendimento do LNEC – com a indicação dos custos diretos, custos indiretos e custo total –, tendo sido estudadas, para as referidas soluções de reforço, diferentes áreas de reforço e elementos construtivos (pilares e vigas).

O estudo contemplou a elaboração de 120 fichas de rendimento. Nesta comunicação, é apresentada uma ficha de rendimento tipo e é efetuada uma comparação de preços para diferentes cenários de 4 soluções de reforço, identificando-se quais as soluções recomendáveis para cada cenário e as circunstâncias que ditam essa recomendação.

Palavras-chave: Fichas de Rendimento / Reforço Estrutural / Preços / Betão Armado

1. INTRODUÇÃO

Num país como Portugal, com uma área densa de infraestruturas e de edifícios construídos, o reforço de estruturas é cada vez mais comum, seja por via da reabilitação, da alteração do uso, ou para correção de erros de dimensionamento ou de construção. São várias as soluções de reforço de estruturas a que os projetistas podem recorrer, mas não se encontram disponíveis, no entanto, fichas de rendimento para as mesmas, contrariamente ao que sucede com outros trabalhos de construção.

A importância da realização deste estudo está, assim, relacionada com a necessidade de serem elaboradas e/ou atualizadas as Fichas de Rendimento que constituem a base de dados do LNEC referentes a trabalhos de reforço de estruturas de betão armado.

2. ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO E SOLUÇÕES DE REFORÇO UTILIZADAS

Nas fichas de rendimento para as soluções de reforço de estruturas de betão armado foi dado destaque aos elementos de viga e de pilar. A unidade de medição considerada foi o metro quadrado (m^2) de superfície reforçada. As fichas de rendimento foram elaboradas para as soluções de reforço com chapas metálicas coladas, aplicação de sistemas de compósitos de fibras de carbono reforçados (CFRP), encamisamento com betão armado moldado *in situ* e encamisamento com betão projetado com as espessuras e dimensões de elementos apresentados na Tabela 1 e Tabela 2, respetivamente, para pilares e vigas.

Tabela 1 – Dimensão dos pilares e espessuras das soluções de reforço utilizadas

Elemento		**Espessura das soluções de reforço (cm)**																	
Dimensões		**Chapas metálicas coladas**		**Sistema de compósitos de fibras de carbono reforçados**		**Betão moldado *in situ***						**Betão projetado**							
Pilar	30x20	0,4		0,12	0,14	10	11	12	13	14	15	10	11	12	13	14	15		
	30x30	0,4		0,12	0,14	10	11	12	13	14	15	10	11	12	13	14	15		
	30x40	0,4		0,12	0,14	10	11	12	13	14	15	10	11	12	13	14	15		
	30x50	0,4		0,12	0,14	10	11	12	13	14	15	10	11	12	13	14	15		
	20x25	0,3	0,6	0,12		2,5						2,5							
	25x25	0,4	0,8	0,12		2,5						2,5							
	30x25	0,4	1,0	0,12		2,5						2,5							

Tabela 2 – Dimensões das vigas e espessuras das soluções de reforço utilizadas

Elemento		**Espessura das soluções de reforço (cm)**																	
Dimensões		**Chapas metálicas coladas**		**Sistema de compósitos de fibras de carbono reforçados**		**Betão moldado *in situ***						**Betão projetado**							
Viga	15	0,4		0,12	0,14	-						-							
	20	0,4		0,12	0,14	10	11	12	13	14	15	10	11	12	13	14	15		
	25	0,4		0,12	0,14	10						10							
	30	0,4		0,12	0,14	10						10							
	35	0,4	1,0	0,12	0,14	2,5				10		2,5				10			
	40	0,4	0,5 1,0	0,12	0,14	2,5				10		2,5				10			
	45	0,4		0,12	0,14	10						10							
	50	0,4	1,0	0,12	0,14	10						10							

3. FICHAS DE RENDIMENTO

As fichas de rendimento são organizadas em formato de tabela e contêm a informação económica, os recursos e os rendimentos necessários para executar uma unidade de medição de uma operação de construção. Assim, é indicado o custo direto, o custo da operação e o custo total da operação (preço). O custo direto representa o total do custo dos recursos utilizados para o trabalho. O custo da operação representa o valor anterior com a adição dos encargos de estrutura e custos indiretos do trabalho referido (admitindo-se, para o efeito, o valor adicional de 10%). O custo total da operação é a adição da parcela dos lucros e imprevistos ao custo da operação (admitindo-se, para o efeito, o valor adicional de 8%). As percentagens referidas anteriormente são as utilizadas nas fichas de rendimento do LNEC.

As fichas de rendimento elaboradas apresentam os custos relativamente à operação de aplicação da solução de reforço. Na Tabela 3, exemplifica-se o modelo das fichas de rendimento do LNEC, recorrendo a uma ficha de rendimento de reforço de um pilar de betão armado de 30 cm x 20 cm com enchimento de 10 cm de espessura, em todas as suas faces, com betão armado. O preço por metro quadrado deste trabalho é de 95,28 €/m^2 e os recursos referentes aos equipamentos são os que têm uma maior incidência (59,85%) para esta operação.

Tabela 3 – Ficha de rendimento de reforço de pilar de betão armado de 30 cm x 20 cm com enchimento de 10 cm de espessura, em todas as suas faces, com betão armado (betão moldado *in situ*) [m^2]

Descrição da operação (Unidade = m²)							
Reforço de pilar de betão armado de 30 x 20 cm, através de enchimento de 10 cm de espessura em todas as suas faces, com betão armado, realizado com betão C25/30 (XC1 (P); D12; S3; Cl 0,4) fabricado em central, betonagem com grua, e aço A400 NR, com uma quantidade de 120 kg/m³, ligação direta através de adesivo; descarga com meios manuais desde a laje da planta superior por orifícios executados previamente; prévia aplicação de uma camada contínua de adesivo tixotrópico de dois componentes à base de resina epóxi sobre a superfície do betão endurecido. Inclui montagem e desmontagem do sistema de cofragem e montagem e colocação de armadura.							
	Descrição de recursos	**Unidade**	**Quant.**	**Custo Unitário (€)**	**Custo (€)**	**Subtotal (€)**	**Incidências no custo direto (%)**
MT.	Adesivo tixotrópico de dois componentes à base de resina epóxi, para a correta ligação entre o betão fresco e o betão endurecido ou para melhorar a aderência do betão endurecido e o aço, segundo NP EN 1504-7.	kg	0,0803	10,85	0,90	12,87	16,05
	Betão C25/30 (XC1 (P) D12; S3; Cl 0,4), fabricado em central, segundo NP EN 206-1.	m³	0,078	83,08	6,46		
	Aço em varões nervurados, A400NR, fornecido em obra, de vários diâmetros	kg	9,067	0,60	5,44		
	Arame galvanizado para atar, de 1,30 mm de diâmetro	kg	0,062	1,10	0,07		
EQ.	Chapa metálica para cofragem de pilares de betão armado de secção retangular ou quadrada, de até 3 m de altura, incluindo acessórios de montagem	m²	1,000	48,00	48,00	48,00	59,85
MO.	Oficial de 1.ª armador de ferro	h	0,079	18,05	1,42	19,33	24,10
	Ajudante de armador de ferro	h	0,088	17,64	1,54		
	Oficial de 1.ª em trabalhos de betonagem	h	0,533	18,05	9,62		
	Ajudante em trabalhos de betonagem	h	0,382	17,64	6,75		
Custo Direto (CD)						Total (€)	80,20
Custo da operação S/lucro, 10% Custos indiretos						Total (€)	88,22
Custo total operação ou preço, 8% de Lucros						Total (€)	95,28

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Da análise global, apresentam-se os resultados obtidos expressos em forma de gráfico.

Na Figura 1, referente ao gráfico do reforço com betão armado em pilares de 30 cm x 20 cm com variação da espessura de enchimento de 10 cm a 15 cm, observa-se que, para a menor espessura, o valor da solução de reforço para a solução de betão projetado é de € 58,75 e, para a solução de betão moldado *in situ*, é de € 95,28. Os valores entre estas duas soluções, para as diferentes espessuras de reforço, diferenciam de € 33,57 a € 39,06, contudo, quanto maior é a espessura, menor é a diferença entre ambas. Constata-se assim que o valor por metro quadrado da solução de reforço de betão armado moldado *in situ* – apesar de ser superior, para uma mesma espessura, que o do betão projetado –, quando a espessura aumenta, o valor aumenta de forma menos significativa do que se verifica na solução de betão projetado.

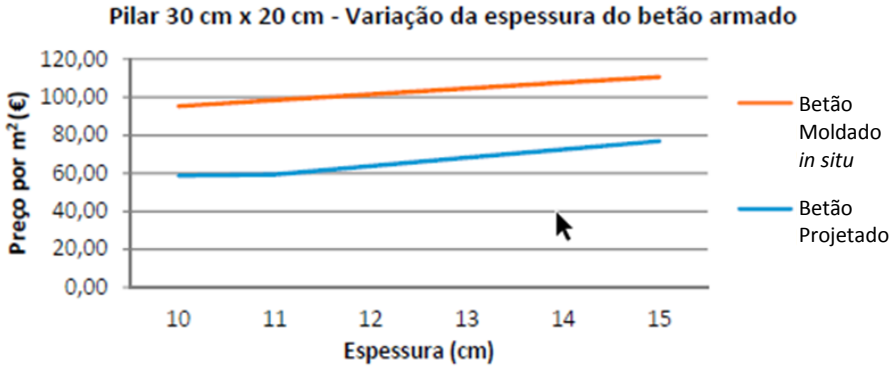


Figura 1 – Preço por m² do reforço de pilares 30 cm x 20 cm com betão armado moldado *in situ* e projetado de diferentes espessuras

Na Figura 2, apresenta-se o gráfico do reforço com betão armado (moldado *in situ* e projetado) em pilares de 30 cm x 30 cm, com variação da espessura de enchimento de 10 cm a 15 cm. Neste gráfico, observa-se que, para a menor espessura estudada, o valor da solução de reforço na solução de betão projetado é de € 56,40 e, na solução de betão moldado *in situ*, é de € 96,37. Os valores entre estas duas soluções diferenciam de € 33,04 a € 39,97, contudo, tal como sucede no caso anterior para a solução de betão moldado *in situ*, quanto maior é a espessura, menos significativo é o aumento do valor desta solução.

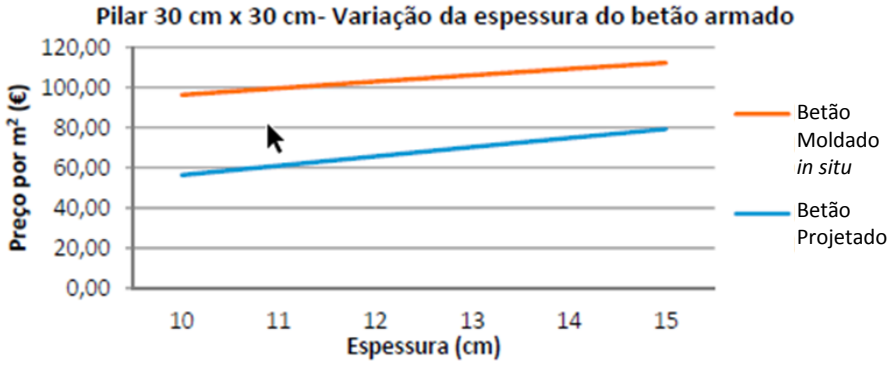


Figura 2 – Preço por m2 do reforço de pilares com 30 cm x 30 cm com betão armado moldado *in situ* e projetado de diferentes espessuras

Através do gráfico do reforço com betão armado em pilares de 30 cm x 40 cm, representado na Figura 3, observa-se que o valor para a solução de reforço com betão projetado de 10 cm de espessura é de € 57,68 e, para o reforço com betão moldado *in situ*, é de € 97,27 com uma diferença de € 39,58. Para uma espessura de 15 cm, os valores para betão projetado e para o betão moldado *in situ* são de € 68,48 e € 95,77, respetivamente, com uma diferença de € 27,30.

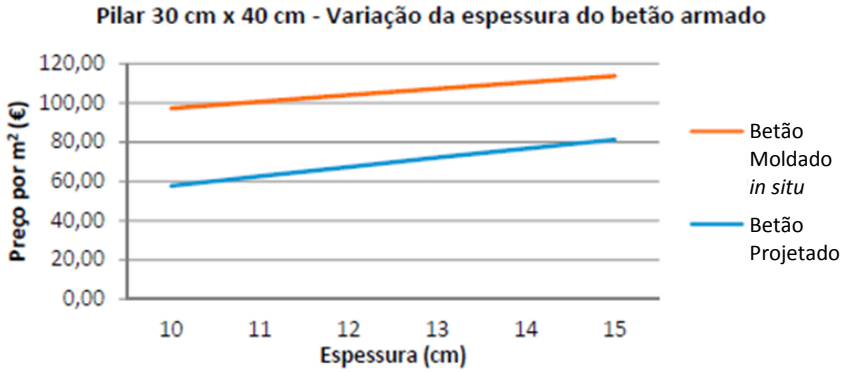


Figura 3 – Preço por m^2 do reforço de pilares com 30 cm x 40 cm com betão armado moldado *in situ* e projetado de diferentes espessuras

Na Figura 4, o gráfico indica os valores para as soluções de reforço com betão moldado *in situ* e betão projetado em pilares com 30 cm x 50 cm. Para a espessura de 10 cm e 15 cm, o valor do reforço com betão moldado *in situ* é de € 98,01 e € 114,99, respetivamente e, para a solução de reforço com betão projetado, é de € 58,75 e € 83,09, respetivamente.

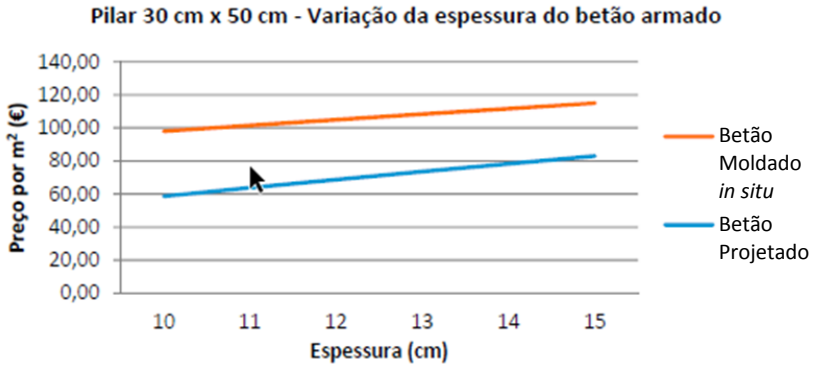


Figura 4 – Preço por m^2 do reforço de pilares com 30 cm x 50 cm com betão armado moldado *in situ* e projetado de diferentes espessuras

Na Figura 5, referente ao gráfico do reforço com betão armado de vigas de 20 cm de largura e variação da espessura, de 10 cm a 15 cm, observa-se que quanto maior a espessura do reforço, maior é o valor por metro quadrado. Para uma espessura de 10 cm, o valor por metro quadrado para o betão projetado é de € 55,28 e, para o betão moldado *in situ*, é de € 165,89. Para a espessura de 15 cm, os valores são de € 82,92 e € 214,26, respetivamente, para o betão projetado e para o betão moldado *in situ*. As diferenças de valores entre as duas soluções de reforço, para as diferentes espessuras, variam de € 110,61 a € 131,35.

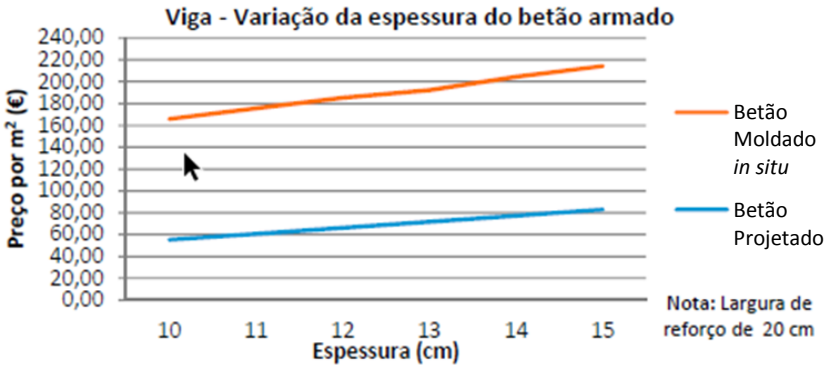


Figura 5 – Preço por m^2 do reforço de vigas com 20 cm de largura com betão armado moldado *in situ* e projetado para diferentes espessuras

Através da Figura 1, Figura 2, Figura 3, Figura 4 e Figura 5 observa-se que, quanto maior é a espessura do reforço, maior é o valor por metro quadrado para as soluções de betão moldado *in situ* e betão projetado. Para os pilares, os valores da solução de reforço de betão moldado *in situ* são aproximadamente o dobro da solução de reforço de betão projetado. Concluiu-se assim que, quanto maior for a espessura do reforço, menor é a diferença no preço entre as duas soluções.

De seguida, na Figura 6, apresentam-se os resultados referentes às soluções de reforço de betão moldado *in situ*, de betão projetado, de compósitos de fibras de carbono reforçado e de chapas de aço para pilares 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm e 50 cm de largura. O valor do reforço com betão moldado *in situ* com 10 cm de espessura para pilares com 30 cm x 30 cm é de 96,37 €/m^2 e, para pilares de 50 cm x 50 cm, é de 99,18 €/m^2, ou seja, quanto maior a largura dos pilares, maior o valor por metro quadrado. De igual forma, o valor do reforço com betão projetado também aumenta de acordo com o aumento da largura do pilar. Relativamente ao reforço com betão projetado com 10 cm de espessura para pilares com 30 cm x 30 cm, o valor é de 56,40 €/m^2 e, para pilares de 50 cm x 50 cm, é de 60,43 €/m^2.

Nos reforços com chapa de aço com uma espessura de 0,4 cm e nos compósitos de fibra de carbono reforçados com uma espessura de 0,12 cm e 0,14 cm, os valores são 199,03 €/m^2, € 153,70 €/m^2 e 171,04 €/m^2, respetivamente. Estes valores mantêm-se constantes, independentemente da alteração da largura dos pilares.

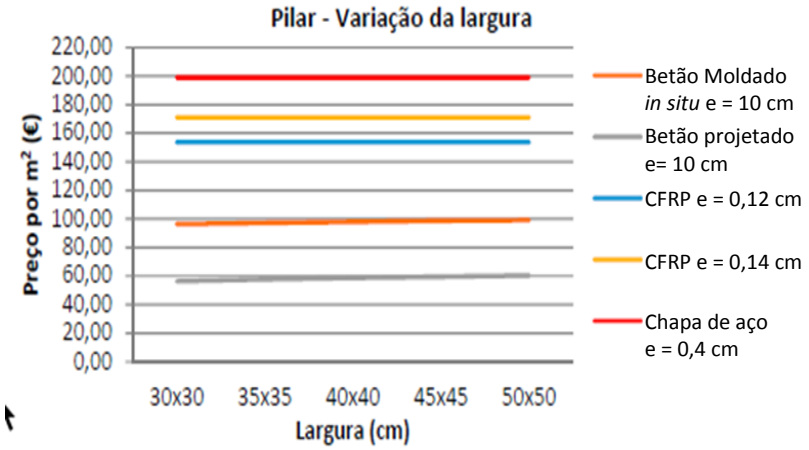


Figura 6 – Preço por m2 do reforço de pilares com betão moldado *in situ*, betão projetado, compósitos de fibra de carbono reforçados e chapa de aço

Na Figura 7, são indicados os preços das soluções de reforço de betão moldado *in situ*, de betão projetado, de compósitos de fibras de carbono reforçado e de chapas de aço para vigas com larguras de 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm e 50 cm. O valor do reforço com betão moldado *in situ* com 20 cm de largura e 10 cm de espessura é de 165,89 €/m^2 e de € 149,92 €/m^2, para uma viga de 50 cm de largura. Ao contrário do que sucede na variação da largura dos pilares, onde o valor aumenta consoante o aumento da largura, no caso do reforço em vigas verifica-se que, quanto maior for a largura da viga, menor é o valor por metro quadrado da solução de reforço.

Os reforços com betão projetado com uma espessura de 10 cm, chapa de aço com uma espessura de 0,4 cm e com compósitos de fibra de carbono reforçados com uma espessura de 0,12 cm e 0,14 cm, têm valores de 55,28 €/m^2, 199,03 €/m^2, 196,28 €/m2 e 213,63 €/m^2, respetivamente. Estes valores mantêm-se constantes, independentemente da alteração da largura das vigas.

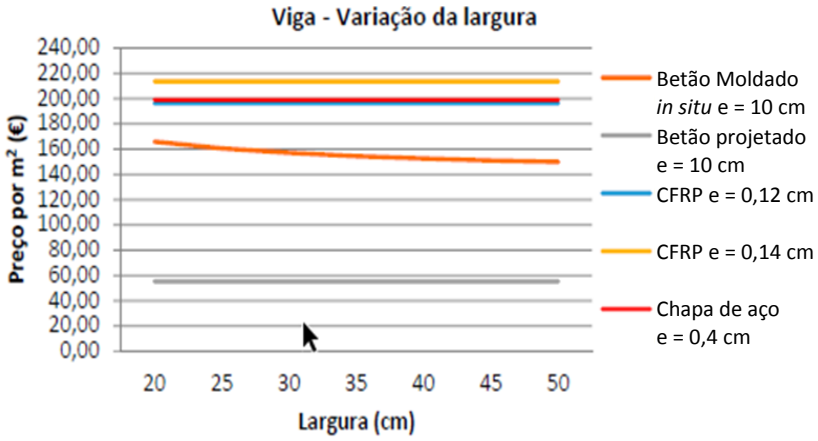


Figura 7 – Preço por m2 do reforço de vigas com betão moldado *in situ*, betão projetado, compósitos de fibra de carbono reforçados e chapa de aço

Neste trabalho, foram também determinados os preços dos reforços para elementos de betão armado representativos do edificado português sem dimensionamento sismorresistente, *i.e.* edifícios até 4 pisos (Sousa *et al.*, 2017). Na Tabela 4, apresentam-se os comprimentos dos elementos de betão armado (pilares e vigas). Na Tabela 5 e Tabela 6, representam-se os valores das espessuras e larguras dos confinamentos utilizados para o reforço dos pilares e vigas nesses edifícios representativos, respetivamente. O coeficiente de confinamento varia em função das espessuras e larguras das soluções de reforço; quanto maior são as espessuras e larguras maior é o coeficiente de confinamento. Para as soluções de reforço de chapas de aço, CFRP, betão moldado *in situ* e betão projetado considerou-se coeficientes de confinamento de 1,5 e 2.

Tabela 4 – Comprimento dos elementos de betão armado

		Comprimento dos elementos [m]
Pilares	Primeiro piso	3,2
	Restantes pisos	2,8
Vigas	Mínimo	2,5
	Máximo primeiro piso	5,0
	Máximo restantes pisos	4,0

Tabela 5 – Espessuras e larguras dos confinamentos para o reforço dos pilares

		Conf. 1,5		**Conf. 2,0**	
Solução de reforço	**Dimensões dos pilares [cm²]**	**Largura [cm]**	**Espessura [cm]**	**Largura [cm]**	**Espessura [cm]**
Chapa de aço	20 x 25	5	0,3	5	0,6
	25 x 25	5	0,4	5	0,8
	30 x 25	5	0,4	5	1
CFRP	20 x 25	4	0,12	7	0,12
	25 x 25	4	0,12	8	0,12
	30 x 25	5	0,12	10	0,12
Betão moldado *in situ*	20 x 25	20	2,5		
	25 x 25	25			
	30 x 25	30			
Betão projetado	20 x 25	20	2,5		
	25 x 25	25			
	30 x 25	30			

Tabela 6 – Espessuras e larguras dos confinamentos para o reforço das vigas

Solução de reforço	Dimensões das vigas [cm²]	Conf. 1,5		Conf. 2,0	
		Largura [cm]	Espessura [cm]	Largura [cm]	Espessura [cm]
Chapa de aço	35 x 20	7	0,4	7	1
	40 x 20	7	0,5	7	1
	50 x 20	5	1	10	1
CFRP	35 x 20	6	0,12	12	0,12
	40 x 20	8	0,12	14	0,12
	50 x 20	10	0,12	18	0,12
Betão moldado *in situ*	35 x 20	35	2,5		
	40 x 20	40			
	50 x 20	50			
Betão projetado	35 x 20	35	2,5		
	40 x 20	40			
	50 x 20	50			

De seguida, na Tabela 7, apresenta-se o resumo dos preços das soluções de reforço para pilares.

Tabela 7 – Resumo dos preços das soluções de reforço para pilares

		Chapas de aço		CFRP		Betão moldado *in situ* (€)	Betão projetado (€)
		Conf. 1.5 (€)	Conf. 2,0 (€)	Conf. 1.5 (€)	Conf. 2,0 (€)		
Pilares 20 x 25	Primeiro piso	190,9	209,3	166,0	290,5	196,4	46,2
	Restantes pisos	164,9	180,7	132,8	232,4	171,9	40,4
Pilares 25 x 25	Primeiro piso	212,1	232,5	166,0	332,0	218,5	51,3
	Restantes pisos	183,2	200,8	147,6	295,1	191,2	44,9
Pilares 30 x 25	Primeiro piso	233,3	255,8	186,0	371,9	240,6	56,4
	Restantes pisos	201,5	220,9	160,6	321,2	210,6	49,4

Na Figura 8, apresentam-se os preços correspondentes ao reforço com chapas de aço para os confinamentos de 1,5 e 2,0, com CFRP para os confinamentos de 1,5 e 2,0, com betão moldado *in situ* e com betão projetado. Comparativamente com as outras soluções de reforço, para o confinamento 2,0, os CFRP são a solução de reforço mais dispendiosa, com valores entre € 232,39 e € 371,95; no entanto, para o confinamento de 1,5, são a segunda solução estudada mais económica. O reforço mais económico é o do betão projetado e esta é também a solução com menos discrepância de preços entre os pilares com diferentes dimensões. Os preços do reforço de pilares com esta solução variam entre € 40,38 e € 56,41.

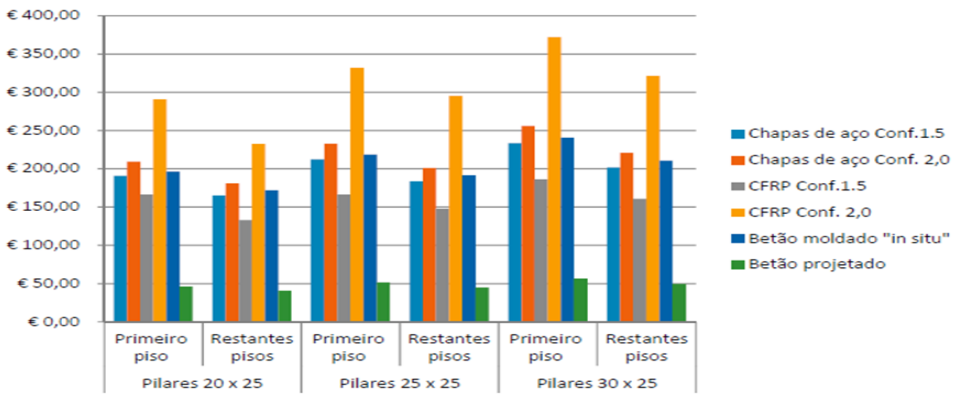


Figura 8 – Preço das soluções de reforço para pilares

Na Tabela 8, apresenta-se o resumo dos preços das soluções de reforço para vigas.

Tabela 8 – Resumo dos preços das soluções de reforço para vigas

		Chapas de aço				**CFRP**				**Betão moldado *in situ* (€)**		**Betão projetado (€)**	
		Conf. 1,5 Vão Mín. (€)	Conf. 1,5 Vão Máx. (€)	Conf. 2,0 Vão Mín. (€)	Conf. 2,0 Vão Máx. (€)	Conf. 1,5 Vão Mín. (€)	Conf. 1,5 Vão Máx. (€)	Conf. 2,0 Vão Mín. (€)	Conf. 2,0 Vão Máx. (€)	Vão Mín. (€)	Vão Máx. (€)	Vão Mín. (€)	Vão Máx. (€)
Vigas 35 x 20	Primeiro piso	188,1	376,1	223,7	447,4	89,2	178,4	212,0	424,0	328,4	656,7	31,1	62,2
	Restantes pisos	188,1	300,9	223,7	357,9	89,2	142,8	212,0	339,1	328,4	525,4	31,1	49,8
Vigas 40 x 20	Primeiro piso	215,5	430,9	248,6	497,1	119,0	237,9	247,3	494,6	364,8	729,7	34,6	69,1
	Restantes pisos	215,5	344,8	248,6	397,7	119,0	198,2	247,3	412,2	364,8	583,7	34,6	55,3
Vigas 50 x 20	Primeiro piso	241,5	482,9	482,9	965,8	212,0	337,1	381,6	720,8	437,8	875,6	41,5	82,9
	Restantes pisos	241,5	383,5	482,9	767,0	212,0	277,6	381,6	593,6	437,8	700,5	41,5	66,3

Na Figura 9, apresenta-se o gráfico dos preços do reforço de vigas estudadas no projeto de investigação do LNEC, para o reforço com chapas de aço em confinamentos de 1,5 e 2,0, com CFRP em confinamentos de 1,5 e 2,0, com betão moldado *in situ* e com betão projetado. A solução de reforço mais dispendiosa são as chapas de aço das vigas com 50 cm x 20 cm em confinamento de 2,0. Esta solução apresenta preços máximos de € 965,83 para o primeiro piso e de € 766,98 nos restantes pisos. A solução de reforço de betão moldado *in situ* é, de seguida, a mais dispendiosa para todas as vigas. O reforço mais económico é o do betão projetado, com valores de € 31,09 a € 82,92.

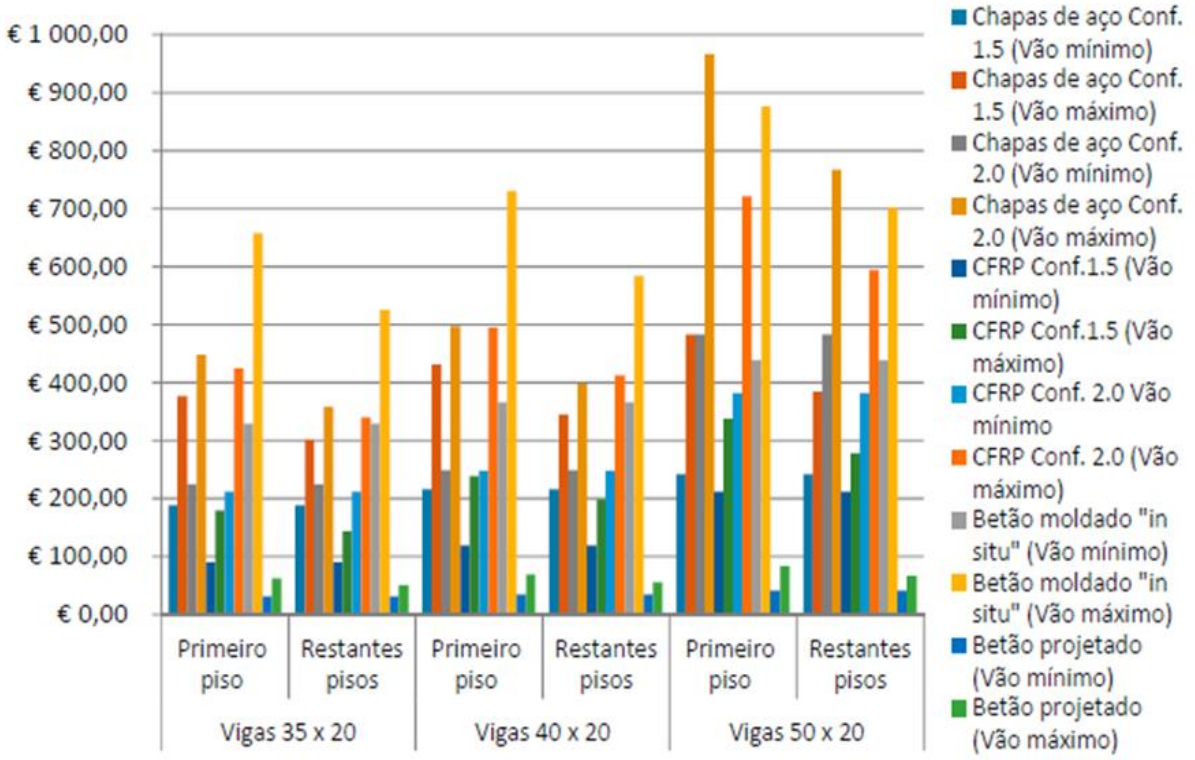


Figura 9 – Preço das soluções de reforço para vigas

5. CONCLUSÕES

As fichas de rendimento assumem um papel importante no planeamento económico da construção, pois contêm informação sobre os recursos, os rendimentos e os preços unitários das atividades de construção. As fichas de rendimento têm, no entanto, sido trivializadas pelo meio técnico, não tendo sido dado o devido valor e utilização aquando do planeamento de uma obra, do planeamento logístico e dos aprovisionamentos e, ainda, na fundamentação das estimativas e dos orçamentos das obras.

Na realização deste trabalho, elaboraram-se fichas de rendimento referentes a soluções de reforço em elementos de betão armado. Da informação económica constante dessas fichas, importa extrair algumas conclusões, que se apresentam neste capítulo.

Em pilares de betão armado, com a variação da espessura do reforço de 10 cm a 15 cm, o preço por metro quadrado das soluções de betão moldado *in situ* e do betão projetado aumentam linearmente em função da espessura de reforço. Também com o aumento da secção dos pilares (largura), o preço por metro quadrado aumenta para as soluções de reforço com betão moldado *in situ* e betão projetado. Tal verifica-se principalmente devido ao facto de, para o betão moldado *in situ*, ser necessária uma maior quantidade de cofragem por metro quadrado e, para o betão projetado, ser necessária uma pequena quantidade de metros cúbicos de betão. Semelhante variação não acontece para as soluções de reforço com chapas de aço e com CFRP, nas quais o valor por metro quadrado se mantém constante independentemente da variação das dimensões dos pilares.

Os preços para as soluções de reforço em pilares 30 cm x 30 cm são, por ordem crescente, 46,15 €/m^2 do betão projetado com uma espessura de 10 cm, 96,37 €/m^2 do betão moldado *in situ* com uma espessura de 10 cm, 153,70 €/m^2 do CFRP com uma espessura de 0,12 cm, 171,04 €/m^2 do CFRP com uma espessura de 0,14 cm e, por fim, 199,03 €/m^2 das chapas de aço com uma espessura de 0,4 cm.

Na solução de reforço de vigas com betão moldado *in situ*, ao contrário do que sucede com os pilares, quanto maior é a largura da viga, menor é o valor por metro quadrado. Para vigas reforçadas com chapas de aço, com CFRP e betão projetado, os preços são constantes por metro quadrado, independentemente da largura da viga. Os preços das vigas com 20 cm de largura para as soluções de reforço são, por ordem crescente, 55,28 €/m^2 do betão projetado com uma espessura de 10 cm, 165,89 €/m^2 do betão moldado *in situ* com uma espessura de 10 cm, 153,70 €/m^2 do CFRP com uma espessura de 0,12 cm, 199,03 €/m^2 das chapas de aço com uma espessura de 0,4 cm e, por fim, 213,63 €/m^2 do CFRP com uma espessura de 0,14 cm.

Para pilares e vigas, a solução de betão projetado é a mais económica comparativamente com as outras soluções de reforço estudadas, atendendo a que, além de não necessitar de cofragem, é aquela na qual os recursos utilizados são mais económicos por metro quadrado. Esta solução tem um preço de aproximadamente metade da solução de reforço com betão moldado *in situ*.

Dos resultados obtidos referentes aos reforços de elementos de betão armado representativos do edificado português sem dimensionamento sismorresistente (reforço de pilares com chapas de aço em coeficientes de confinamento de 1,5 e 2,0, com CFRP em coeficientes de confinamento de 1,5 e 2,0, com betão moldado *in situ* e com betão projetado), destaca-se o seguinte: as soluções de reforço com CFRP e chapas de aço com os coeficientes de confinamento 2,0 têm uma área de aplicação de reforço maior e um maior preço por metro quadrado, sendo portanto as soluções de reforço mais dispendiosas. No entanto, como a solução de reforço com CFRP, com um coeficiente de confinamento de 1,5, tem uma área bastante inferior à anterior, torna-se a segunda solução de reforço mais económica para os pilares, logo a seguir ao betão projetado. A solução de reforço com betão projetado, apesar de necessitar de uma maior área de aplicação, como o valor por metro quadrado é o mais económico torna-se a solução de reforço para pilares também mais económica.

Regista-se ainda, relativamente aos pilares, que a média do preço do reforço com betão projetado é de aproximadamente 16 % do valor do reforço com CFRP com um coeficiente de confinamento 2,0, para pilares com as mesmas dimensões.

Relativamente às vigas – e de forma semelhante ao efetuado para os pilares em estudo – através da área de reforço para cada solução determinaram-se os preços do reforço de cada viga com chapas de aço e CFRP com coeficientes de confinamento de 1,5 e 2,0, com betão moldado *in situ* e betão projetado. Para a viga 50 cm x 20 cm, a solução de reforço com chapa de aço com coeficiente de confinamento 2,0 revelou-se ser a solução mais dispendiosa (€ 965,83), seguida do reforço com betão moldado *in situ* (€ 875,60) e do reforço com CFRP com coeficiente de confinamento 2,0 (€ 720,75). No entanto, tal como sucede com os pilares, a solução de reforço com CFRP, com um coeficiente de confinamento de 1,5, tem uma área bastante inferior às anteriores, tornando-se, por isso, a terceira solução de reforço mais económica (€ 211,99). A solução de reforço mais económica para as vigas é o betão projetado para um coeficiente de confinamento de 1,5 e 2,0, respetivamente, com os valores (€ 41,46) e (€ 82,92).

Assim, para vigas, a média do preço do reforço com betão projetado é de aproximadamente 12 % do preço do reforço com chapas de aço com um coeficiente de confinamento 2,0, para vigas com as mesmas dimensões.

REFERÊNCIAS

APPLETON, J.; GOMES, A., 1997 – **Reforço de estruturas de betão armado por encamisamento de secções**. *Revista Portuguesa de Engenharia e Estruturas*. N.º 42.

CRUZ, J., 2012 – **Reabilitação e reforço de estruturas – Projecto de reforço com FRP**. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

JÚLIO, E., 2012 – **Reabilitação e reforço de estruturas – Técnicas de reforço de estruturas de betão armado**. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

MANSO, A.; FONSECA, M.; ESPADA, J., 2013 – **Informação sobre custos. Fichas de rendimento**. 2 volumes. 10.ª edição. Lisboa: LNEC.

MANSO, A., 2013 – **Informação sobre custos. Fichas de atualização – dez 2012**. 1.ª edição. Lisboa: LNEC.

SANTOS, C., 2018 – **Análise de soluções de reforço de estruturas de betão armado**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil apresentada na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Lisboa: ULHT.

SANTOS, C., 2019 – **Elaboração de fichas de rendimento para trabalhos de reforço estrutural**. Relatório de Estágio Formal para Admissão como Membro Efetivo da Ordem dos Engenheiros. Lisboa: Ordem dos Engenheiros.

SOUSA, R.; COSTA, A.; ROMÃO, X., CANDEIAS, P., 2017 – **Caracterização do comportamento sísmico de edifícios de betão armado representativos do edificado português sem dimensionamento sismorresistente**. *Revista Portuguesa de Engenharia e Estrutura.* N.º3. Série III.

VENTURA, A., 2009 – **Os compósitos e a sua aplicação na reabilitação de estruturas metálicas**. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

MEDIÇÃO DA INFLUÊNCIA DA HUMIDADE NO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE PAREDES DE EDIFÍCIOS ANTIGOS REABILITADAS – DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO EXPERIMENTAL

MEASUREMENT OF THE INFLUENCE OF MOISTURE ON THE ENERGY PERFORMANCE OF RETROFITTED WALLS OF OLD BUILDINGS – DESCRIPTION OF THE EXPERIMENTAL PROTOTYPE

Mafalda Amorim [(1)], Vasco Peixoto de Freitas [(2)], Isabel Torres [(3)], Francisca Cavaleiro Barbosa [(4)]

(1) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e Universidade Lusófona do Porto (ULP), Portugal, mafalda.amorim@fe.up.pt

(2) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Portugal, vpfreita@fe.up.pt

(3) ADAI/LAETA, DEC-FCTUC, Universidade de Coimbra e ITeCons – Coimbra, Portugal, itorres@dec.uc.pt

(4) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Portugal, francisca.barbosa@fe.up.pt

RESUMO

A reabilitação das fachadas dos edifícios existentes deve basear-se numa estratégia de diminuição dos consumos de energia. Para isso, é necessário selecionar soluções construtivas capazes de minimizar as perdas de calor através da envolvente, reduzindo assim as necessidades de energia para aquecimento do edifício. No entanto, não é apenas a solução construtiva que influencia a quantidade de calor que atravessa um elemento construtivo, mas também o seu teor humidade. Este artigo apresenta o protótipo experimental que foi desenvolvido no Laboratório de Física das Construções (LFC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), para avaliar a influência da variação do teor de humidade no desempenho energético de paredes de fachada reabilitadas. Duas soluções construtivas diferentes de paredes exteriores reabilitadas, com 2 m de altura e 0.8 m de comprimento, foram construídas no interior de uma câmara de chuva. Um dos provetes é constituído por lã mineral aplicada pelo interior e associada a revestimento de gesso cartonado, e o outro é constituído por argamassa de reboco leve formulada a partir de agregados de cortiça e cal hidráulica natural e aplicada pelo exterior. Ambos os sistemas de isolamento foram aplicados em paredes simples de alvenaria de tijolo. A câmara de chuva possibilita a simulação da ação da chuva com e sem pressão sobre a superfície exterior dos provetes. Para além disso, os provetes podem ser sujeitos a um gradiente de temperatura entre as faces. A quantidade de calor que atravessa perpendicularmente os provetes é medida por fluxímetros instalados em ambas as suas faces, o que permite calcular o coeficiente de transmissão térmica U dos provetes de forma dinâmica em função do seu teor de humidade.

Palavras-chave: Reabilitação / Fachadas / Humidade / Resistência Térmica / Eficiência Energética

1. INTRODUÇÃO

A reabilitação das fachadas dos edifícios existentes deve basear-se na diminuição dos consumos de energia de forma a reduzir a dependência energética e as emissões de gases com efeito de estufa. Para isso, é necessário selecionar soluções construtivas capazes de minimizar as perdas de calor através da envolvente do edifício, reduzindo assim as necessidades de energia para aquecimento do edifício. No entanto, não é apenas a solução construtiva que influencia a quantidade de calor que atravessa um elemento construtivo, mas também o seu teor humidade. Com efeito, o desempenho energético de uma parede exterior é caracterizado pelo seu coeficiente de transmissão térmica – U que, por sua vez, é obtido a partir de coeficientes de condutibilidade térmica determinados no estado "seco" dos materiais, isto é, com um teor de humidade muito baixo. No entanto, para determinados materiais a condutibilidade térmica varia muito com a humidade (Kumaran, 1996; Jerman, Cerny, 2012; Gomes, Flores-Colen, Manga *et al.*,2017; Maia, Ramos, Veiga, 2018). Consequentemente, os valores dos coeficientes de transmissão térmica calculados podem afastar-se da realidade se as paredes estiverem húmidas.

Foram analisados vários estudos, experimentais e numéricos, que avaliaram a influência da humidade no desempenho energético de diferentes soluções construtivas de paredes exteriores e que concluíram que o acréscimo do teor de água de uma parede provoca um aumento do respetivo coeficiente de transmissão térmica (De Freitas, 1992; Henriques, 1994; Lakatos, Kalmár, 2014; Vereecken, Roels, 2015; Coelho, Henriques, 2016; Alonso-Alonso, 2017; Ratnieks, Jakovics, Gendelis, 2017; Fino, Tadeu, Simões, 2018). No entanto, importa salientar que não foi encontrada bibliografia referente a ensaios experimentais em paredes de edifícios antigos reabilitadas, fator que motiva e justifica o presente trabalho de investigação.

O principal objetivo do presente trabalho é avaliar e quantificar experimentalmente a influência do teor de humidade no desempenho energético de duas soluções construtivas de paredes exteriores. Neste artigo apresentam-se a metodologia do ensaio e o protótipo experimental construído. Por fim, mostram-se alguns resultados experimentais preliminares.

2. METODOLOGIA

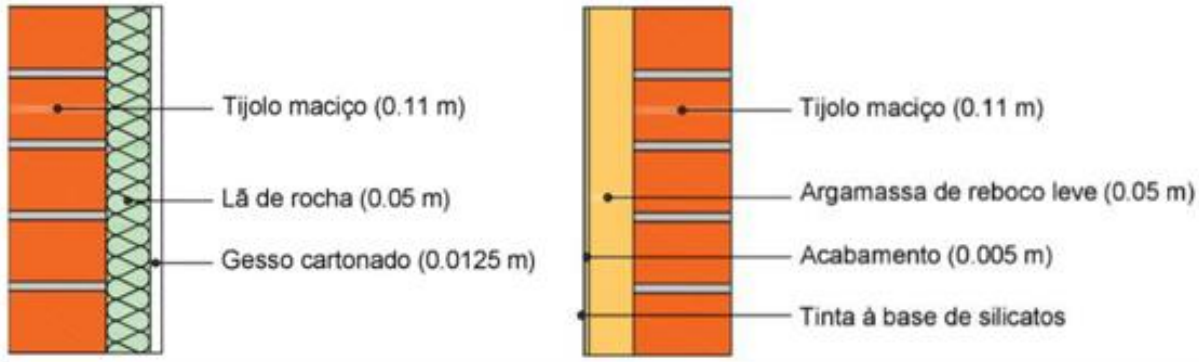
Duas soluções construtivas de paredes exteriores de edifícios serão ensaiadas no interior de uma câmara de chuva para avaliar a influência da variação do seu teor de humidade no fluxo de calor que as atravessa. A câmara de chuva é composta por duas salas, a sala de chuva que simula o clima exterior e a sala de controlo que simula o clima interior, e os provetes localizam-se entre essas duas salas. Os provetes vão ser sujeitos a um gradiente de temperatura de 10 °C entre a sala de chuva e a sala de controlo. O sentido do fluxo de calor será do interior (sala de controlo) para o exterior (sala de chuva). Além disso, os provetes vão ser submetidos a ciclos sucessivos de períodos de precipitação com a duração de 1, 4 e 8 horas espaçados de 47, 20 e 16 horas, respetivamente. O caudal de precipitação a aplicar será de 1.5 L/(m^2 min) conforme recomendado na norma (EN 12865, 2001). Durante os ensaios, para avaliar o comportamento das paredes registar-se-ão as medições dos fluxos de calor, das temperaturas superficiais, de perfis de temperatura e de humidade relativa. Além disso, também se irá medir a temperatura e humidade relativa da sala de chuva e da sala de controlo. Os valores dos fluxos de calor e das temperaturas interior e exterior medidos irão permitir obter o coeficiente de transmissão térmica U dos provetes de forma dinâmica em função do seu teor de humidade.

3. SET-UP EXPERIMENTAL

3.1. Provetes

Foram construídas duas paredes com 2 m de altura e 0,8 m de comprimento, o provete A e o provete B. O provete A é constituído por lã mineral e gesso cartonado aplicados pelo interior. O provete B é constituído por argamassa de reboco leve formulada a partir de agregados de cortiça e cal hidráulica natural, acabamento e pintura, aplicados pelo exterior. Ambos os sistemas de isolamento foram aplicados em paredes simples de alvenaria de tijolo maciço. A Figura 1a e a Figura 1b mostram as secções transversais dos provetes A e B, respetivamente, e indicam as espessuras de cada camada.

Os coeficientes de transmissão térmica dos provetes A e B calculados de acordo com a norma (EN ISO 6946, 2007) a partir dos coeficientes de condutibilidades térmica determinados no estado seco dos materiais, são 0.60 e 1.18 W/(m^2 K), respetivamente.



(a) (b)

Figura 1 – Secção transversal do: a) provete A; b) provete B

As paredes foram construídas no interior da câmara de chuva do Laboratório de Física da Construção (LFC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). A Figura 2a mostra a construção da parede de alvenaria de tijolo enquanto a Figura 2b e a Figura 2c mostram os sistemas de isolamento a serem aplicados.



(a) (b) (c)

Figura 2 – Construção dos provetes: a) assentamento dos tijolos; b) aplicação da lã mineral pelo interior (provete A); aplicação do reboco leve pelo exterior (provete B)

3.2. Câmara de chuva

A câmara de chuva possibilita avaliar o efeito da precipitação. É um equipamento que permite a realização de estudos sobre a ação da chuva com e sem pressão sobre as paredes exteriores dos edifícios. Podem programar-se campanhas de ensaio combinando diferentes tipos de caudal de chuva com diferentes ordens de grandeza de

pressão, simulando situações climatéricas distintas.

A câmara de chuva é composta pela sala de controlo e pela sala de chuva. Na sala de controlo que se ilustra na Figura 3 encontra-se à vista uma parte do circuito hidráulico com a válvula de corte geral e os caudalímetros (Figura 4a) que permitem programar o caudal de funcionamento que irá chegar aos aspersores. Nesta sala encontra-se também o quadro elétrico com o painel de controlo e o botão On/Off (Figura 4b). Toda a programação é feita no painel de controlo a partir do controlador Climaplus V $_{THP\ 800}$ (Figura 4c). Nesta mesma sala está ainda instalado um computador com o programa de recolha de dados *Fitolog-Fitoview* (Barbosa, De Freitas, 2015).

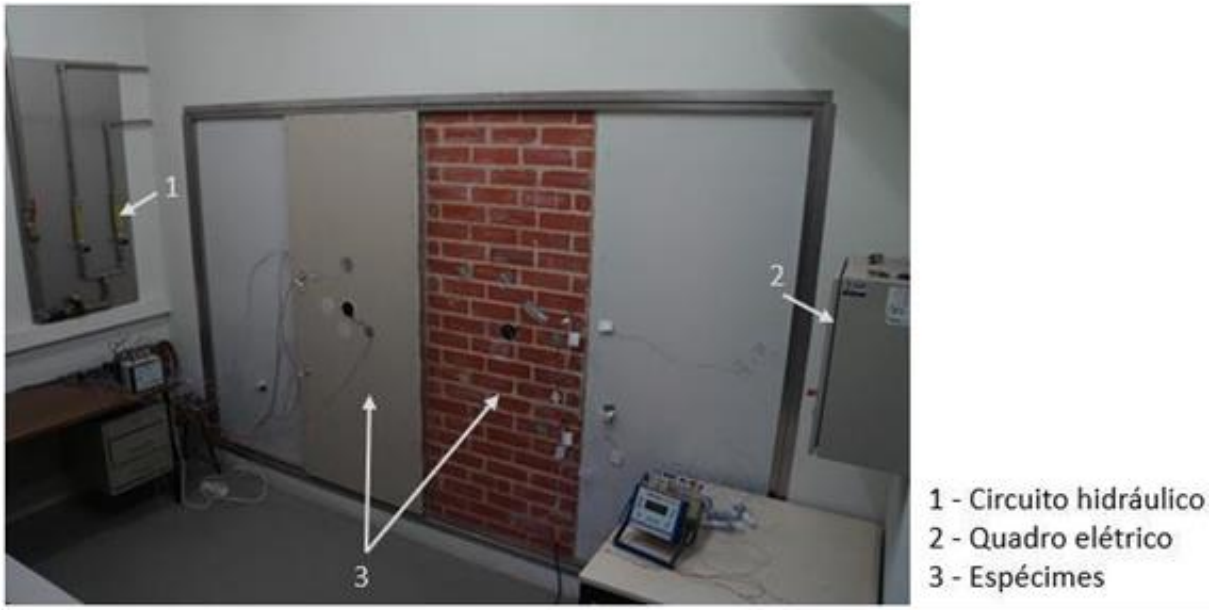
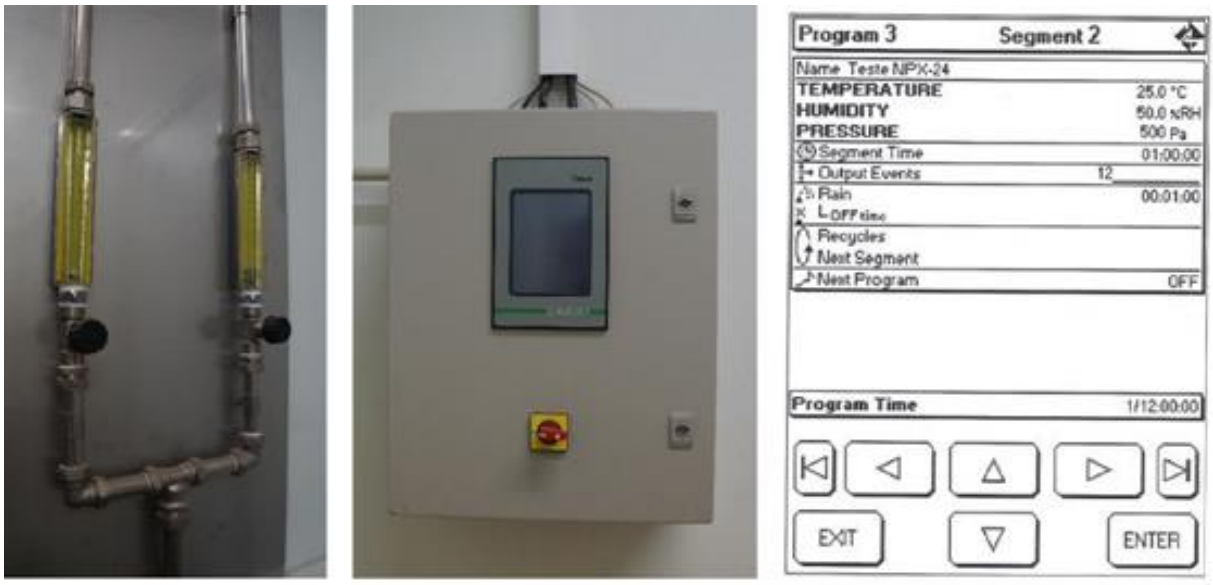


Figura 3 – Sala de controlo e superfícies interiores dos provetes



(a) (b) (c)

Figura 4 – a) Caudalímetros; b) Quadro elétrico; c) Controlador CLIMAPLUS V$_{THP800}$

Na sala de chuva que se ilustra na Figura 5 pode observar-se a face dos provetes que está sujeita à chuva e à pressão se for o caso. Nesta sala estão instalados os aspersores de chuva (Figura 6a) de acordo com a norma (EN 12865, 2001). A saída de pressão é feita por uma tubagem à vista no teto (Figura 6b). Encontram-se também

nesta sala os sensores de temperatura, humidade relativa e pressão (Figura 6c).

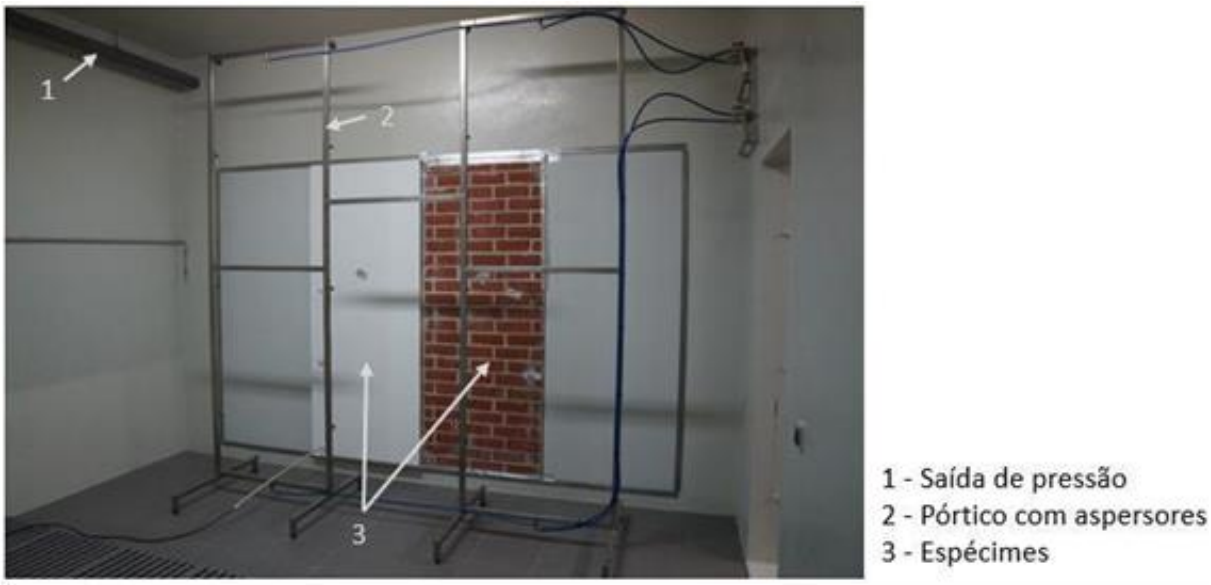


Figura 5 – Sala de chuva e superfícies exteriores dos provetes



(a) (b) (c)

Figura 6 – a) Aspersores; b) Saída de pressão; c) Sensores de temperatura, humidade relativa e pressão

As principais características técnicas do simulador de chuva apresentam-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Características técnicas do simulador de chuva

Modelo:	Sala de ensaio de paredes
Parâmetros controláveis:	Ciclos de pressão e caudal de chuva
Gama de pressão:	0 a 2500 Pa
Sensor de pressão:	Jumo modelo 404304 – 900 a 1000 mbar abs.
Gama de caudal de chuva:	0.2 a 2 L/min; 2 a 22 L/min
Parâmetros de leitura:	Temperatura ar, Temperatura água, Humidade relativa
Sensores de temperatura:	Pt100 Conforme IEC 751 e EN 441-4
Sensor de humidade:	Tipo Capacitivo Rotronic H290D
Comando e controlo:	Programador eletrónico Climaplus V – versão THP 800

3.3. Parâmetros monitorizados

Para avaliar o comportamento dos provetes durante os ensaios, irão medir-se os seguintes parâmetros de acordo com o posicionamento indicado na Figura 7:

- Fluxos de calor (F83, F86, F90 e F91);
- Temperaturas superficiais (T1, T6, T7 e T12);
- Perfis de temperatura (T1 a T12);
- Perfis de humidade relativa do provete A (H1 e H2);
- Temperatura e humidade relativa das ambiências interior e exterior (Ti, Te, HRi e HRe).

Assim, quatro fluxímetros foram instalados nas superfícies interior e exterior de cada um dos provetes a 1 m de altura (alinhamentos F). Doze termopares foram instalados nas superfícies e no interior das paredes a diferentes profundidades e a 1.25 m de altura (alinhamentos I e II), consoante se ilustra na Figura 7a, para se obter os respetivos perfis de temperatura. Como também se ilustra na Figura 7a, foram instaladas duas sondas de humidade relativa e temperatura no interior do provete A (alinhamento I). Por fim, posicionaram-se dois sensores HOBO de temperatura e humidade relativa a 1.25 m de altura, um no centro da sala de controlo e outro no centro da sala de chuva.

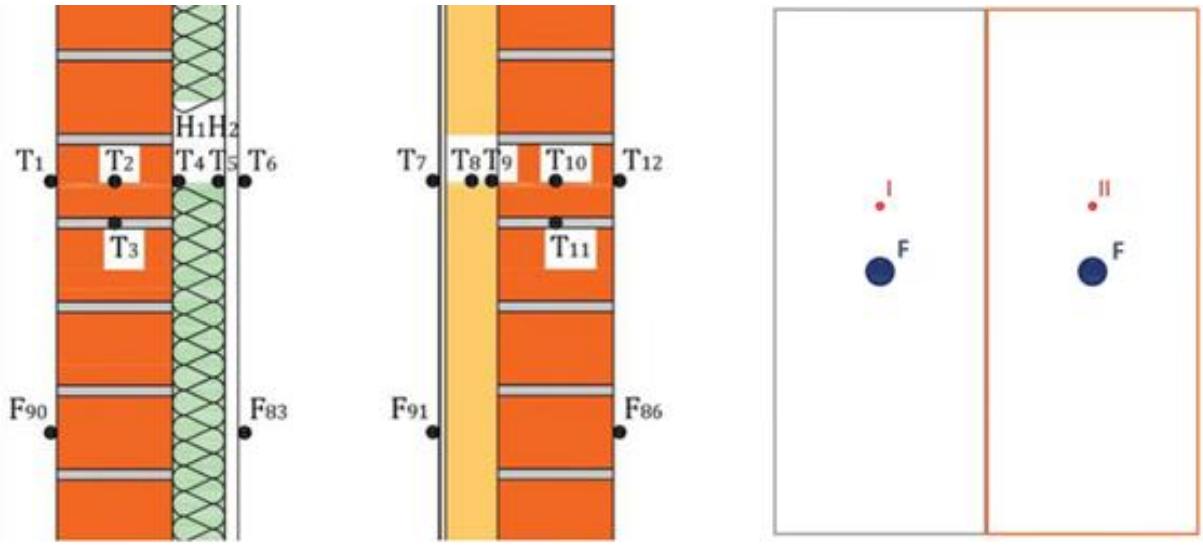


Figura 7 – a) Posicionamento e numeração dos fluxímetros (F_i), termopares (T_i) e sensores de humidade relativa e temperatura (H_i) instalados nos provetes; b) Alçado dos provetes com os alinhamentos onde foram instalados os sensores

Os equipamentos que foram utilizados para medir os fluxos de calor, temperaturas e humidades relativas assim como as suas especificidades apresentam-se na Tabela 2. A utilização dos fluxímetros, termopares e sondas de humidade relativa e temperatura implicou o recurso a data loggers Mikromec Multisens da TECHNETICS. Estes data loggers registam a informação dos vários sensores em simultâneo e são operados através de um computador com o *software* MMgrafix. O intervalo de medição mínimo destes aparelhos é de um segundo, podendo acumular no máximo 512 000 leituras.

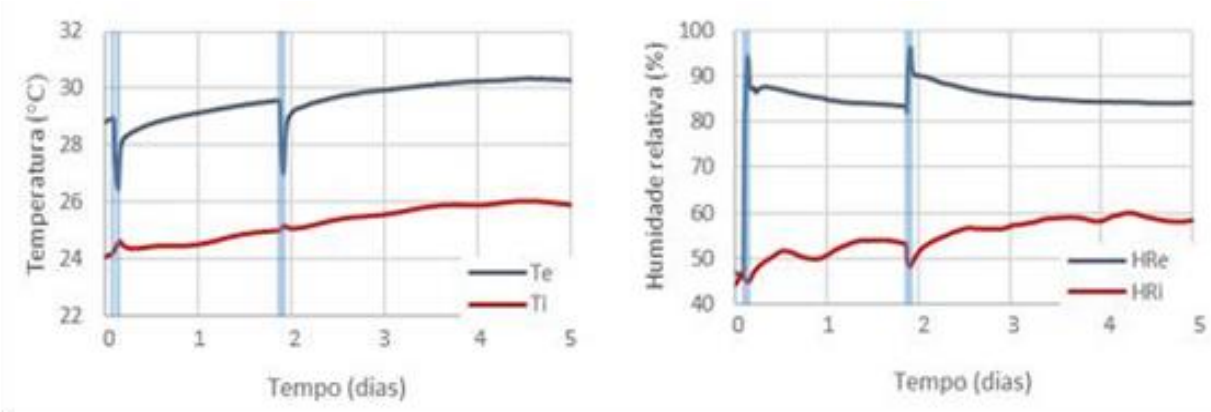
Tabela 2 – Especificações dos sensores instalados

Referência	Tipo	Precisão	Gama	Fotografia
F83, F86, F90 e F91	Fluxímetro PU 3.2	-	-	
T1 a T12	Termopar tipo T	± 0.5 °C	-200 °C até 350 °C	
H1 e H2	Rotronic Hygroclip SC05 e S3	HR: ±0.8% Temp: ±0.3 K	0% até 100% -100 até 200 °C	
HOBO1 e HOBO2	Hobo U12 Temp/RH Data Logger (Onset)	Temp: ± 0.35 °C HR: ± 3.5%	-20 °C até 70 °C 5% até 95%	

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Foi realizado um ensaio durante cinco dias visando medir fluxos de calor, temperaturas e humidades relativas. Os provetes foram submetidos a um gradiente de temperatura, bem como a dois períodos de chuva (1 L/(m^2 min)) com duração de 1 hora, um no início do primeiro dia e outro no fim do segundo dia (após 42 horas). A temperatura da água chuva foi cerca de 23 °C e as medições foram registadas de 10 em 10 minutos.

A evolução da temperatura e da humidade relativa das ambiências interior e exterior durante o ensaio apresenta-se na Figura 8. A ambiência exterior corresponde à sala de chuva e a ambiência interior corresponde à sala de controlo. Os períodos de chuva estão delimitados por traços azuis verticais.



(a) (b)

Figura 8 – Temperatura e humidade relativa na sala de chuva e na sala de controlo

A Figura 8a permite observar que durante o ensaio a temperatura exterior manteve-se aproximadamente a

30 °C (exceto durante os períodos de precipitação), enquanto a temperatura interior variou entre 24 e 26 °C. O que significa que o gradiente de temperatura atingido entre a sala de chuva e a sala de controlo foi cerca de 5 °C, exceto durante os períodos de precipitação em que foi um pouco menor. De facto quando se introduziu a precipitação, a temperatura exterior diminuiu alterando o gradiente de temperatura entre as faces dos provetes. A Figura 8b mostra que a precipitação aumentou significativamente a humidade relativa exterior, aproximadamente de 45% para 90%. Após a precipitação, a humidade relativa exterior tendia a diminuir, no entanto manteve-se sempre acima dos 80 %. Em relação à humidade relativa interior, verificou-se um aumento gradual ao longo do tempo de 45% para 60%.

Os fluxos de calor medidos durante o ensaio apresentam-se na Figura 9. Os valores resultantes da medição do lado interior dos provetes mostraram que um fluxo de calor atravessou os provetes com o sentido do exterior para o interior. Os fluxos de calor que genericamente atravessaram os provetes A e B ao longo do tempo foram de aproximadamente 2 W/m^2 e 5 W/m^2, respetivamente. A medição feita pelo lado exterior dos provetes apresentou alguma discrepância. Enquanto o fluxo de calor da face exterior do provete B medido foi aproximadamente constante (4.5 W/m^2), o fluxo de calor da face exterior do provete A medido variou entre 5 e 11 W/m^2 e observou-se alguma perturbação na medição provocada pela precipitação.

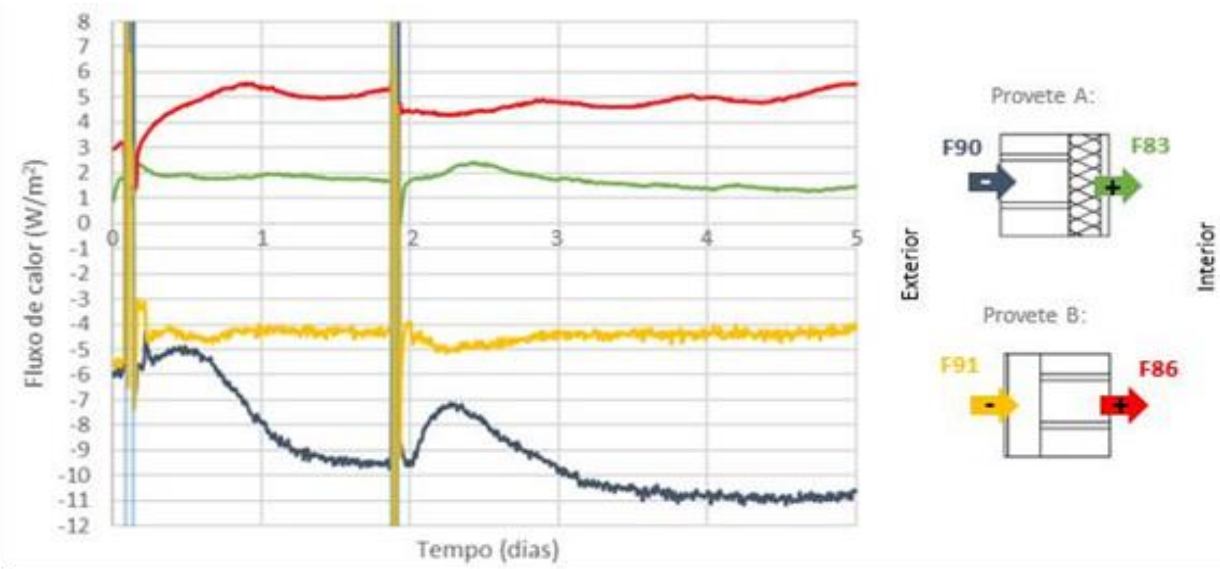
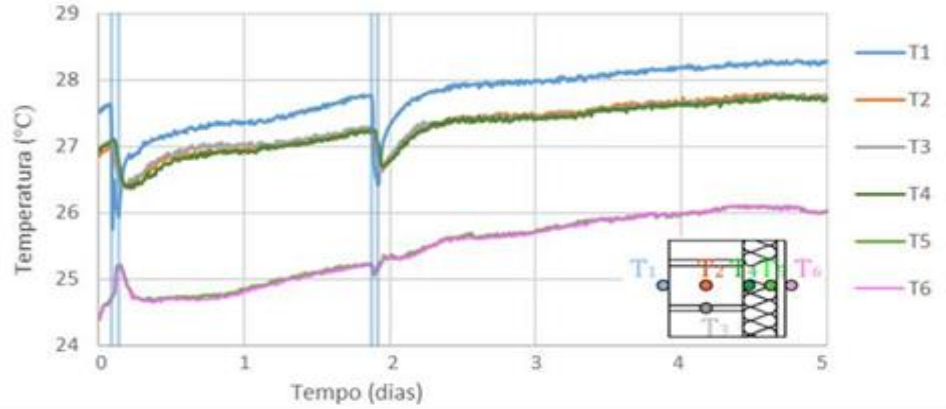


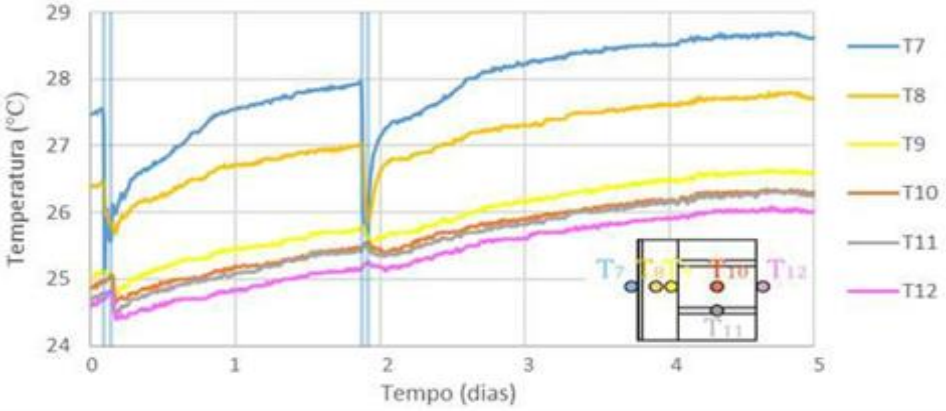
Figura 9 – Fluxos de calor que atravessaram ambas as faces dos provetes

A Figura 10 apresenta as temperaturas medidas nas faces e no interior das paredes ao longo do ensaio. Da análise dos gráficos pode concluir-se que a temperatura aumentou ligeiramente em todos os pontos de medição em relação às condições iniciais. As temperaturas das faces exterior e interior dos provetes aumentaram de 27.5 para 28.5 °C e de 24.5 para 26 °C, respetivamente. Quanto às temperaturas no interior do provete A, verificou-se que a temperatura do tijolo, da argamassa de assentamento e da interface tijolo-lã de rocha (T2, T3 e T4) foi idêntica, tendo aumentado de 27 para cerca de 28 °C. Verificou-se também que a temperatura da interface lã de rocha-gesso cartonado (T5) foi idêntica à temperatura da face interior (T6). Quanto às temperaturas no interior do provete B, verificou-se que a temperatura da interface reboco térmico-tijolo, do tijolo, da argamassa de assentamento e da face interior (T9, T10, T11 e T12) foi próxima. Devido ao reboco térmico, a temperatura do tijolo do provete B foi inferior à temperatura do tijolo do provete A.

Importa ainda salientar que algumas destas temperaturas variaram devido à precipitação, em particular as temperaturas medidas pelos termopares localizados mais próximos do clima exterior (nomeadamente as temperaturas T1, T2, T3, T4, T7 e T8).



(a)



(b)

Figura 10 – Temperaturas nas faces e no interior do: a) provete A; b) provete B

Finalmente, a Figura 11 ilustra a evolução das pressões parciais de vapor de água, calculadas com base nos valores de humidade relativa medidos, através da equação 1 e da equação 2 (De Freitas, Pinto, 1998).

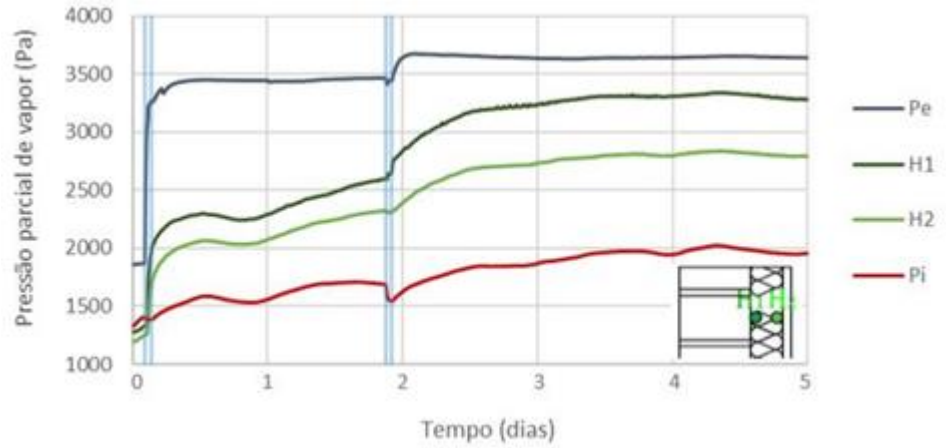


Figura 11 – Pressão parcial de vapor na sala de chuva, na sala de controlo e no interior do provete A

$$P = \frac{HR \,.P_S}{100} \quad (1)$$

onde:

P [Pa] pressão parcial de vapor

HR [%] humidade relativa

P_S [Pa] pressão de saturação, calculada pela equação 2

$$P_s = 611 \,.\, e^{(\frac{at}{t'+t})} \quad (2)$$

onde:

t [°C] temperatura

a = 17,08; t' = 234.18 °C para t ≥ 0 °C

Da análise do gráfico pode concluir-se que a precipitação aumentou significativamente a concentração de vapor de água na sala de chuva que era inferior a 2000 Pa e passou a ser superior a 3500 Pa. Além disso, verificou-se que a pressão parcial de vapor no interior do provete A (na interface tijolo-lã mineral e lã mineral-gesso cartonado) aumentou para aproximadamente o dobro ao longo do tempo devido à transferência de humidade através do provete por difusão de vapor.

Com os valores medidos dos fluxos de calor e das temperaturas das ambiências interior e exterior irá quantificar-se o coeficiente de transmissão térmica em regime dinâmico dos provetes usando o método descrito na Norma (ISO 9869, 1994), sendo a equação de cálculo do coeficiente de transmissão térmica dada por:

$$U = \frac{\sum_{j=1}^{n} q_j}{\sum_{j=1}^{n} (T_{ij} - T_{ej})} \quad (3)$$

onde:

q_j [W/m^2] fluxo de calor obtido nas medições

T_{ij} [°C] temperatura do ar interior no instante j

T_{ej} [°C] temperatura do ar exterior no instante j

5. CONCLUSÕES

O presente artigo descreve o protótipo experimental que foi desenvolvido no Laboratório de Física das Construções (LFC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) para avaliar experimentalmente e quantificar a influência de um período de chuva incidente no desempenho energético de duas soluções construtivas de paredes exteriores de edifícios antigos reabilitadas. Pretende-se medir a diminuição da resistência térmica destas paredes provocada pelo acréscimo do seu teor de humidade devido à chuva incidente. Os resultados preliminares obtidos dos fluxos de calor, temperaturas e pressões parciais de vapor permitiram concluir que o protótipo experimental montado está operacional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Secil pela sua colaboração, imprescindível para a realização deste estudo. Este trabalho foi financiado por: Financiamento Base – UIDB/04708/2020 e Financiamento programático – UIDP/04708/2020 da Unidade de Investigação CONSTRUCT – Instituto de I&D em Estruturas e Construções – financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC); Bolsa FCT PD/BD/135165/2017.



REFERÊNCIAS

ALONSO-ALONSO, Patricia, 2017 – **An experimental and numerical study of hygrothermal behaviour of an open-joint ventilated façade in Northwest Iberian Peninsula**. Tese de Doutoramento. Coruña: Universidad da Coruña.

BARBOSA, Francisca Cavaleiro; DE FREITAS, Vasco Peixoto, 2015 – **A câmara de chuva do LFC**. Porto: FEUP.

CEN, 2001 – **Hygrothermal performance of building components and building elements. Determination of the resistance of external wall systems to driving rain under pulsating air pressure**. Brussels: CEN. EN 12865:2001.

CEN, 2007 – **Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method**. Brussels: CEN. EN ISO 6946:2007.

DE FREITAS, Vasco Peixoto, 1992 – **Transferência de humidade em paredes de edifícios análise do fenómeno de interface**. Porto: FEUP.

DE FREITAS, Vasco Peixoto; PINTO, Paulo, 1998 – **Permeabilidade ao vapor de materiais de construção – Condensações internas**. Nota de Informação Técnica–NIT 002. Porto: LFC–FEUP.

FINO, Rosário; TADEU, António; SIMÕES, Nuno, 2018 – **Influence of a period of wet weather on the heat transfer across a wall covered with uncoated medium density expanded cork**. Energy and Buildings 165: 118-131.

GOMES, M. Glória; FLORES-COLEN, I.; MANGA, L. M.; SOARES, A.; DE BRITO, J., 2017 – **The influence of moisture content on the thermal conductivity of external thermal mortars**. Construction and Building Materials 135: 279-286.

HENRIQUES, Fernando, 1994 – **Humidade em paredes**. Colecção Edificios 1. Lisboa: LNEC.

ISO, 1994 – **Thermal insulation – Building elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance**. Geneva: ISO. ISO 9869:1994.

JERMAN, Miloš; ČERNÝ, Robert, 2012 – **Effect of moisture content on heat and moisture transport and storage properties of thermal insulation materials**. *Energy and Buildings*. 53: 39-46.

KUMARAN, M. K., 1996 – **Heat, air and moisture transfer in insulated envelope parts: Task 3: Material properties, Final Report.** Leuven: Laboratorium Bouwfysica, Departement Burgerlijke Bouwkunde.

LAKATOS, Ákos; KALMÁR, Ferenc, 2014 – **Examination of the change of the overall heat transfer coefficients of building structures in function of water content**. *Building Services Engineering Research and Technology*. 35(5): 507-515.

MAIA, Joana; RAMOS, Nuno; VEIGA, Rosário, 2018 – **Evaluation of the hygrothermal properties of thermal rendering systems**. *Building and Environment*. 144: 437-449.

RATNIEKS, Janis; JAKOVICS, Andris; GENDELIS, Stanislavs, 2017 – **Long term energy efficiency study on different wall envelopes in Latvian climate conditions.** *Energy Procedia*. 132: 441-446.

VEREECKEN, Evy; ROELS, Staf, 2015 – **Capillary active interior insulation: do the advantages really offset potential disadvantages?** *Materials and Structures*. 48(9): 3009-3021.

COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL CAMPANARIO SUR DEL PALACIO NACIONAL DE MAFRA ANTE LAS ACCIONES DE LAS CAMPANAS

DYNAMIC BEHAVIOR OF THE SOUTH BELL TOWER OF THE NATIONAL PALACE OF MAFRA WHEN SUBJETED TO BELL ACTIONS





Elesban Nochebuena-Mora [(1)], Nuno Mendes [(2)], Paulo B. Lourenço [(3)]

(1) Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE), University of Minho, Portugal
enochemora@gmail.com
(2) Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE), University of Minho, Portugal,
e-mail: nunomendes@civil.minho.pt
(3) Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE), University of Minho, Portugal,
e-mail: pbl@civil.minho.pt

RESUMEN

Las iglesias son edificios icónicos en los centros históricos de ciudades europeas y americanas, y sus torres representan hitos en el paisaje urbano debido a su altura. La respuesta sísmica de las torres de mampostería no reforzada ha sido ampliamente estudiada; sin embargo, investigaciones sobre su comportamiento ante otro tipo de fuerzas dinámicas no es muy frecuente. Los efectos que las oscilaciones de cuatro campanas tienen sobre el campanario sur del Palacio Nacional de Mafra, en Portugal, fueron evaluados en este trabajo. Para ello, las frecuencias de las acciones dinámicas fueron comparadas con las frecuencias de vibración de la torre. Además, mediante un modelo de elementos finitos, varios analisis dinamicos y estaticos no lineales fueron realizados para simular la respuesta y evaluar el factor de seguridad. Los resultados mostraron que el campanario presenta un comportamiento elástico debido a que la rotación de las campanas produce pequeños desplazamientos.

Palavras-chave: Campanario / Campanas / Fuerzas Dinâmicas / Mampostería no Reforzada / Mafra

RESUMEN EXTENDIDO

El Palacio Nacional de Mafra se ubica en Portugal; fue construido en la primera mitad del siglo XVIII durante el reinado de João V para albergar un monasterio franciscano y la residencia de la familia real (Governo de Portugal). A pesar de los diferentes usos que el conjunto ha tenido durante tres siglos de existencia, ha mantenido todas sus características arquitectónicas y materiales por lo que en 2019 fue declarado Patrimonio Mundial de la Humanidad. En el ala oeste se encuentra la basílica y los dos campanarios de aproximada de 63.8 m de altura, que albergan 119 campanas; 108 de ellas son fijas y pertenecen a los dos carrillones y a los relojes, mientras que once campanas pueden oscilar de acuerdo al sistema español (rotación de 360° en una sola dirección) transmitiendo fuerzas dinámicas a la estructura. En este trabajo, solo la influencia de las campanas del campanario sur fue evaluada mediante la comparación de frecuencias para identificar efectos de resonancia, análisis dinámico no lineal para obtener la respuesta dinámica y análisis estático (*pushover*) no lineal con el objetivo de determinar el nivel de seguridad.

El campanario sur, construida con mampostería de piedra caliza de buena calidad, está compuesta de siete niveles y alberga 60 campanas que se pueden dividir en: campanas del carrillón, campanas litúrgicas y campanas del reloj. Solo las cuatro campanas litúrgicas, ubicadas en el sexto nivel, pueden oscilar. Tienen un contrapeso de madera soportado por rodamientos fijados en las jambas de las ventanas que permiten la rotación completa de las campanas.

Para la evaluación de la respuesta dinámica de la estructura, se generó un modelo numérico del campanario usando el método de los elementos finitos. La influencia de los edificios adyacentes (la nave de la basílica y el palacio) se simuló con elementos tipo muelle o resorte (*1-node spring*). Se utilizó el modelo de fisura distribuida rotante basado en las deformaciones totales (*total strain rotating crack*) como ley constitutiva para describir el comportamiento no lineal de la mampostería. Los contrapesos de las campanas litúrgicas se representaron con vigas de acero apoyadas en la mampostería mediante placas metálicas con el objetivo de reducir la concentración de tensiones en el modelo. La acción dinámica de las campanas está relacionada con su excentricidad, masa, momento de inercia y velocidad angular inicial. Una vez calculadas las fuerzas con dichos parámetros, fueron colocadas al centro de las vigas como cargas concentradas variantes en el tiempo.

La evaluación basada en frecuencias es sencilla y consiste en comparar las frecuencias fundamentales de la estructura con el contenido de frecuencias de las excitaciones para identificar posibles efectos de resonancia. Después de obtenerse el espectro de frecuencias de las componentes horizontales de las excitaciones usando la Transformada Rápida de Fourier, se puedo determinar que las frecuencias son lo suficientemente distantes para que la estructura no entre en resonancia con las acciones de las campanas.

Por otro lado, se realizaron análisis dinámicos considerando solo dos casos de carga; en el primero se introdujo solo la excitación de la campana más pesada, mientras que en el segundo se aplicaron las fuerzas de las cuatro campanas. Los resultados de ambos análisis mostraron que los desplazamientos horizontales del campanario no superan los 0.13 mm, y que el comportamiento de la estructura y la mampostería se mantiene dentro del régimen lineal, sin producir ningún daño. Los análisis estáticos no lineales también fueron realizados suponiendo dos escenarios de carga; uno aplicando horizontalmente el peso de la campana con mayor masa y otro introduciendo las cargas de las cuatro campanas también horizontalmente. Se determinó que para producir agrietamiento del material es necesario incrementar significativamente la carga (aproximadamente veinte veces), lo que provocaría tan solo daño local alrededor de los soportes de los contrapesos. Se concluye que las fuerzas dinámicas generadas por la oscilación de las cuatro campanas no representan riesgo para la seguridad estructural del campanario sur. Por lo tanto, otros factores, tales como la fatiga de la mampostería o la corrosión

de las piezas metálicas, deberían ser considerados si en el futuro se presenta daño cerca de las conexiones de los contrapesos.

Nota

Artigo completo publicado no número temático: Reabilitação Estrutural de Edifícios da série III da RPEE – *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas* (consultar em: http://rpee.lnec.pt/Ficheiros/rpee_serieIII_n13/rpee_sIII_n13.pdf?fbclid=IwAR2MgK8BhCDKZfHxFsIXZu_NcfWR_KObWxgcrD5ls5b_mSLJknwYk2MFmlw).

ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS DEVIDAS A SAIS SOLÚVEIS EM REVESTIMENTOS DE REBOCO DE UM CONJUNTO DE EDIFÍCIOS NA CIDADE DE UBERLÂNDIA/MG, E PROPOSIÇÃO DE NOVAS ARGAMASSAS COM VISTA À SUA RECUPERAÇÃO

ANALYSIS AND IDENTIFICATION OF ANOMALIES DUE TO SOLUBLE SALTS IN PLASTER COATINGS OF A SET OF BUILDINGS IN THE CITY OF UBERLANDIA/MG, AND PROPOSAL OF NEW MORTARS FOR RECOVERY




João Pedro Ribeiro Silva [(1)], Paulo Roberto Cabana Guterres [(2)]

(1) Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, joaopdrsilva@gmail.com
(2) Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, paulo.guterres@ufu.br

RESUMO

Os edifícios construídos no Brasil, de uma forma geral, possuem revestimentos argamassados (rebocos) como principal elemento exterior para acabamento e proteção contra os efeitos das intempéries. Este tipo de procedimento construtivo é utilizado na quase totalidade das construções observadas no sudeste brasileiro, principalmente no município de Uberlândia. Com isso, o presente trabalho objetivou estabelecer uma metodologia de abordagem dos problemas relacionados à deterioração de argamassas de revestimento, acometidas pelo problema de eflorescências e/ou criptoflorescências de sais solúveis, especificamente em fachadas em constante contato com o ambiente externo, através de reconstituição de traço e análise adequada das mesmas.

Foi escolhida a cidade de Uberlândia, estado de Minas Gerais, localizada no sudeste brasileiro, para a seleção dos edifícios e coleta de amostras para a realização de ensaios laboratoriais, delimitando-se uma região a qual julgou-se conter número significativo de edifícios acometidos por anomalias em fachadas, seja pela recorrência dessas anomalias ou pela idade avançada das edificações.

Através da escolha dos edifícios amostrados e comparação entre argamassas convencionais e de barro, prosseguiu-se com a retirada de testemunhos dos revestimentos, e a realização de ensaios que fornecessem o traço (para argamassa convencional), distribuição granulométrica (para argamassa de barro) e teor de sais solúveis. Com os dados obtidos, foi possível relacionar o traço e o teor de sais solúveis com as patologias observadas em cada edifício escolhido, possibilitando diagnosticar as anomalias observadas e propor medidas reparativas para as observações.

Palavras-chave: Sais Solúveis / Argamassa / Eflorescência / Criptoflorescência

1. INTRODUÇÃO

Atrelada à tendência brasileira de se utilizar os revestimentos argamassados nos elementos de fachada, têm crescido no Brasil o interesse na recuperação, conservação, manutenção e durabilidade do patrimônio edificado; e, esse crescimento é uma forte razão para o aprofundamento dos estudos ligados à deterioração das argamassas de revestimento, bem como o estudo de soluções que permitam melhorar as condições do comportamento em obras deterioradas pelas ações das intempéries e de elementos externos e/ou internos nos rebocos, dentre eles, destacando a ação dos sais solúveis.

Os processos de intervenção em edifícios, quer antigos, quer atuais, que estejam apresentando anomalias devem ser executados depois de cumprido um longo percurso investigatório; o qual começa pelo levantamento, análise e interpretação da situação existente e culmina num diagnóstico das manifestações anômalas identificadas. Só assim pode-se estabelecer os parâmetros entre os quais permite-se atuar, definindo os níveis aceitáveis de qualidade e segurança com que a construção ficará após a intervenção de recuperação.

Com isso, busca-se analisar e diagnosticar a presença de sais solúveis, foco principal deste trabalho, nos elementos de alvenaria presentes em fachadas (os quais são de eflorescência e/ou criptoflorescência e descolamentos em placas nos revestimentos de rebocos em fachadas). Através da reconstituição do traço de argamassas presentes nos mesmos e por meio de ensaios previamente determinados; e, com os resultados obtidos, poder apontar as soluções possíveis à recuperação de rebocos afetados por eflorescências e/ou criptoflorescências.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem por objetivo estabelecer uma metodologia de abordagem dos problemas relacionados à deterioração de argamassas de revestimento, atuais ou antigos, acometidas pelo problema de eflorescências e/ou criptoflorescências de sais solúveis, especificamente em fachadas em constante contato com o ambiente externo, através de reconstituição de traço e análise adequada das mesmas. Com isso, também, objetiva identificar causas e apontar soluções possíveis para a recuperação de edifícios com rebocos afetados pelo problema supracitado.

2.2. Objetivos específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- Seleção de uma região representativa da cidade de Uberlândia, com grande densidade de edificações e com idade de construção mais avançada, com o objetivo de identificar e caracterizar as manifestações patológicas observadas nas fachadas.
- Retirada de testemunhos de argamassa convencional para a realização de ensaios de reconstituição de traço e identificação de presença de sais solúveis.
- Retirada de testemunhos de argamassa convencional e argamassa de argila, para a realização de ensaios que forneçam o teor de sais solúveis.
- Correlacionar o teor de sais solúveis entre os diferentes tipos de argamassas analisadas.

3. CONCEITUAÇÃO

3.1. Degradação pela presença de sais solúveis

A presença de sais solúveis nas edificações também faz parte do rol das principais causas da degradação das alvenarias e revestimentos das mesmas, juntamente com a presença de umidade, a qual se apresenta como um meio de transporte salino no interior das alvenarias das fachadas. Além disso, a presença dos sais solúveis contribui para o desenvolvimento das eflorescências e/ou criptoflorescências.

As edificações mais antigas apresentam uma elevada quantidade de sais em suas paredes porque, com o passar do tempo, elas absorvem a umidade do solo e do lençol freático; os quais, geralmente, estão contaminados por sais. Muitos materiais, como tijolos e telhas, apresentam sais provenientes das argilas contaminadas, que foram utilizadas na sua fabricação. No desenvolvimento experimental do presente trabalho serão apresentados os teores de sais solúveis retirados de amostras de revestimentos argamassados com utilização de cal e cimento e de "argamassas" de barro, de edifícios testemunhais da cidade de Uberlândia-MG.

Os sais solúveis também podem estar presentes nos próprios materiais de construção, de outros materiais em contato com estes, oriundos do terreno, geralmente substâncias orgânicas como nitratos de sódio e potássio, da atmosfera, principalmente de ambientes marinhos, do uso de produtos inadequados para a limpeza de fachadas que provocam reações químicas gerando sais solúveis. (Bianchin, 1999).

Além disso, a água presente nos materiais de construção, no terreno ou na atmosfera nunca é pura. Ela pode apresentar, segundo Merino (1993), sais solúveis, sendo que os mais frequentes são os sulfatos, carbonatos, cloretos, nitritos e nitratos. Além disso, os sais que mais prejudicam as construções são os sulfatos e os cloretos, e em menor incidência os nitratos. A norma ABNT NBR 9917/2009 – Agregados para concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis – apresenta uma metodologia detalhada para a determinação dos componentes químicos mais prejudiciais ao concreto e revestimentos de base argamassada.

Sabe-se que o maior problema da umidade dentro da alvenaria é em relação ao transporte de sais solúveis. Estes sais, no estado solúvel, não causam danos, mas, ao se recristalizarem, quando a água é eliminada, geram pressões de expansão nos poros, podendo causar danos. Uma vez cristalizados, os sais podem ser dissolvidos novamente e, novamente recristalizados. A recristalização dos sais pode se dar na superfície dos materiais ou no seu interior. Isso vai depender da natureza dos sais, da porosidade dos materiais de construção e das condições de evaporação da água. Quando os sais cristalizam no interior dos materiais, eles provocam pressões devido ao aumento de volume. A tabela 1 apresenta as pressões exercidas por diferentes tipos de sais, e a tabela 2 relaciona a natureza química dos sais com a fonte provável de sua incorporação nas edificações.

Tabela 1 – Pressão de cristalização dos sais

SAL	C/CS	TEMPERATURA (°C)	PRESSÃO (Mpa)
CLORETO DE SÓDIO (NaCl)	2	0	55,4
	2	50	65,4
	10	0	184,5
	10	50	219
SULFATO DE SÓDIO (Na2SO4)	2	0	29,2
	2	50	34,5
	10	0	97
	10	50	115

C/CS = valor de sobressaturação da solução, onde:

C = quantidade de sal total na solução, em g;

CS = quantidade de sal até atingir o ponto de saturação, em g.

No quadro 2 estão indicados os sais que podem contaminar as construções, seu grau de solubilidade bem como as origens mais prováveis.

Tabela 2 – Natureza química das eflorescências.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA	FÓRMULA QUIMICA	SOLUBILIDADE EM ÁGUA	FONTE PROVÁVEL
Carbonato de cálcio	CaCO3	Pouco solúvel	Carbonatação da cal lixiviada da argamassa ou concreto e de argamassa de cal não carbonatada
Carbonato de magnésio	MgCO3		
Carbonato de potássio	K2CO3	Muito solúvel	Carbonatação dos hidróxidos alcalinos de cimento de elevado teor de álcalis
Carbonato de sódio	Na2CO3		
Hidróxido de cálcio	Ca(OH)2	Solúvel	Cal liberada na hidratação do cimento
Sulfato de cálcio bi-hidratado	CaSO4.2H2O	Parcialmente solúvel	Hidratação do sulfato de cálcio do tijolo
Sulfato de magnésio	MgSO4	Solúvel	Tijolo e agua de amassamento
Sulfato de cálcio	CaSO4	Parcialmente solúvel	
Sulfato de potássio	K2SO4	Muito solúvel	Reação tijolo-cimento-agregados / água de amassamento
Sulfato de sódio	Na2SO4		
Cloreto de cálcio	CaCl2		Água de amassamento
Cloreto de magnésio	MgCl2		
Nitrato de potássio	KNO3		Solo adubado e/ou contaminado
Nitrato de sódio	NaNO3		
Nitrato de amônia	NH4NO3		

4. DESENVOLVIMENTO

4.1. Edifícios escolhidos para a retirada dos testemunhos

Dentre as fachadas analisadas escolheu-se um edifício para a retirada do testemunho de uma fachada constituída por argamassa, o qual posteriormente foi utilizado tanto para a reconstituição do traço, quanto para a realização de ensaios que fornecessem o teor de sais solúveis presentes nas amostras.

A escolha de dois tipos de revestimentos distintos, um de argamassa convencional e outro executado com barro, foi proposital, e serviu para uma análise comparativa da presença de sais solúveis entre esses dois sistemas, onde foi possível comparar o sistema atual empregado nas construções em geral com àqueles das construções antigas.

Os edifícios escolhidos mostraram-se bastante representativos, apresentando diversas patologias logo identificadas em suas fachadas. Além disso a escolha dos mesmos foi condicionada ao fato de não ter havido resistência por parte dos proprietários e moradores na retirada de testemunhos para estudo.

4.1.1. Fachada com revestimento argamassado

O edifício escolhido encontra-se localizado na rua Niterói, número 830, com a fachada orientada para o norte. Trata-se de um conjunto habitacional vertical, constituído de térreo mais dois pavimentos. Além disso, segundo informações fornecidas pelos proprietários, a edificação possui 26 anos desde a sua construção, datada de 1992. Para fins de padronização, para caracterizar posteriormente as amostras retiradas, o edifício apresentado na figura 1 será denominado de edifício 01.

O tipo de revestimento adotado no edifício 01 foi de base argamassada. Além disso, essa argamassa foi revestida com tinta convencional, e com granilha, conforme apresentado na figura 2.



Figura 1 – Edifício escolhido com fachada argamassada



Figura 2 – Testemunho de argamassa convencional

4.1.2. Fachada com revestimento de argila

O edifício escolhido localiza-se na Praça Clarimundo Carneiro, número 15, bairro Fundinho, e foi construído no ano de 1920, na região central da cidade de Uberlândia. A figura 3, fotografada em agosto de 2015, e apresenta as edificações que, posteriormente, foram demolidas, cujas paredes puderam ser utilizadas para a extração de testemunhos para estudo, conforme figura 4.



Figura 3 – Edifícios demolidos

A figura 4 apresenta o perfil da parede de onde foi retirada a mostra da argamassa de argila, a qual apresentava, aproximadamente, 40 cm de espessura.



Figura 4 – Perfil da fachada

A fachada do edifício em questão era, basicamente, composta por tijolo cerâmico maciço, argamassado com barro e protegido por película de pintura. Além disso, quanto ao uso, as edificações apresentadas na figura 3 eram integradas, e utilizadas como cinema e bar. Para fins de padronização, objetivando uma melhor identificação das amostras coletadas e analisadas, o conjunto de edifícios apresentados denominar-se-ão edifício 02.

4.2. Etapa experimental – Reconstituição do Traço, presença de sais solúveis e caracterização granulométrica

Na presente etapa do trabalho, a qual foi desenvolvida após vasta análise de todas as fachadas levantadas na região de estudo e posterior escolha dos edifícios representativos para a retirada dos testemunhos, objetivou-se analisar, por meio de ensaios laboratoriais padronizado pelas normas brasileiras pertinentes, os seguintes casos:

- Verificação e quantificação dos sais solúveis presentes nas amostras, tanto de argamassa convencional, como da argamassa de barro. Tais análises foram feitas conforme a ABNT NBR 9917/2009 – Agregados para concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis.
- Reconstituição do traço da argamassa convencional, segundo o método do IPT.
- Classificação da tipologia do barro empregada através de análise granulométrica, conforme a ABNT NBR 7217/1987 – Agregados – Determinação da composição granulométrica.

4.2.1. Extração de sais solúveis

Na presente etapa foi desenvolvida a análise da presença de sais solúveis contidos na amostra de argamassa retirada do edifício 01, bem com a quantificação do teor presente em cada amostra. Os procedimentos e ensaios foram realizados conforme a ABNT NBR 9917:2009 – Agregados para concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis. Além disso, todo o procedimento experimental foi desenvolvido no Laboratório de Saneamento da FECIV, com o auxílio do corpo técnico habilitado.

Para a obtenção de um maior número de dados para comparação e análise e para uma maior minimização de erros amostrais, foram separadas três amostras de 20 g cada, e de cada uma dessas amostras foram feitas uma triplicata, dispostas em recipientes conforme a figura 5, dos quais prosseguiu-se com os métodos normativos para extração de sais solúveis.

Após esta etapa, foi seguido a referida norma quanto da extração de sais solúveis, com resultados apresentados conforme as tabelas 3 e 4.



Figura 5 – Cápsulas de porcelana para a determinação de sais solúveis

A porcentagem de sais solúveis foi calculada através da equação 1, fornecida pela NBR 9917:2009.

$$s = \frac{m_2 \times 5}{m_1} \times 100 \qquad (1)$$

Onde:

- s é a quantidade de sais solúveis, expresso em porcentagem (%);
- m_1 é a massa da amostra original, expressa em gramas (g);
- m_2 é a massa de sais solúveis, expressa em gramas (g);
- 5 é o fator de alíquota.

Tabela 3– Cálculo das porcentagens de sais solúveis para argamassa convencional – edifício 01

Amostra	Massa dos recipientes sem sais (g)	Massa dos recipientes com sais (g)	Massa de sais solúveis (g)	Massa da amostra original (g)	Fator de alíquota (NBR 9917)	Quantidade de sais solúveis (%)	Média
A11	96,0904	96,0966	0,0062	20,039	5	0,154698338	0,278207495
A12	99,3466	99,3571	0,0105			0,261989121	
A13	97,104	97,1096	0,0056			0,139727531	
A21	98,5986	98,6159	0,0173	21,2389	5	0,407271563	0,317813069
A22	91,5868	91,599	0,0122			0,287208848	
A23	100,0326	100,0436	0,011			0,258958797	
A31	90,8065	90,8128	0,0063	20,4563	5	0,153986791	0,159690006
A32	90,0427	90,0513	0,0086			0,210204191	
A33	85,5529	85,5576	0,0086			0,114879035	

Tabela 4 – Cálculo do teor de sais solúveis para argamassa de argila – edifício 02

Amostra	Massa dos recipientes sem sais (g)	Massa dos recipientes com sais (g)	Massa de sais solúveis (g)	Massa da amostra original (g)	Fator de alíquota (NBR 9917)	Quantidade de sais solúveis (%)	Média
B11	90,3652	90,4207	0,0555	534,1	5	0,051956562	0,052081383
B12	105,0749	105,1288	0,0539			0,050458716	
B13	95,5702	95,6277	0,0575			0,053828871	
B21	94,799	94,8379	0,0389	184,8	5	0,105248918	0,095598846
B22	92,761	92,7939	0,0329			0,089015152	
B23	93,7311	93,7653	0,0342			0,092532468	
B31	86,5685	86,5901	0,0216	157,8	5	0,068441065	0,076890579
B32	101,5376	101,5648	0,0272			0,086185044	
B33	95,0227	95,0467	0,024			0,076045627	

4.2.2. Reconstituição do traço

A argamassa analisada no presente trabalho, foi submetida a ensaios que fornecessem o traço original no qual foi executada. A metodologia para a reconstituição do traço foi executada conforme pesquisa realizada pelo IPT.

O método de reconstituição de traço, desenvolvido originalmente pelo IPT para concretos, tem sido utilizado para argamassas, com algumas adaptações; baseia-se no princípio de que a argamassa, ao ser atacada com ácido clorídrico, dá origem a duas frações distintas: uma insolúvel e outra solúvel. Para argamassas convencionais, como é o caso da argamassa analisada, a fração solúvel é composta essencialmente pelos aglomerantes e a fração insolúvel é constituída pelo agregado. Temos ainda uma terceira fração volátil, que permite quantificar as reações ocorridas após a aplicação da argamassa, porém tal fração não foi analisada no presente trabalho.

Após preparo das soluções para reconstituição do traço da argamassa proveniente do edifício 01, o material precipitado foi lavado com solução de Na2CO3 (5%) para a neutralização do agregado. Após isso o conjunto cadinho, filtro e agregado retido foi secado em estufa (105 ± 5) °C até a constância de massa, e aferidas as respectivas massas. Após esse processo, foi possível a obtenção das massas de agregado e aglomerante, as quais possibilitaram o conhecimento do traço em massa.

Para a argamassa de argila proveniente do edifício 02, fez-se necessário o conhecimento da distribuição granulompetrica do material mediante aplicação dos métodos descritos na norma ABNT NBR NM 248:2003. Com isso observou-se que na argamassa de barro as várias dimensões da argila permitem que o mesmo material funcione como agregado miúdo e, com a inserção da água, aglomerante; cumprindo assim a função de material de assentamento e revestimento às alvenarias.

5. CONCLUSÕES

Nesta etapa apresenta-se a discussão dos resultados apresentados, comparando-os com os dois tipos de revestimentos analisados: argamassa convencional e argamassa de argila.

Os ensaios realizados levaram à obtenção de teores de sais solúveis nas duas amostras ensaiadas, bem como a obtenção da distribuição granulométrica para a argamassa de argila, e a identificação do traço original para a argamassa convencional. Com isso, as análises dos resultados e discussões se restringirão à comparação dos teores de sais solúveis nas duas amostras, apontando possíveis causas para as diferenças apontadas, e relacionando tais índices com manifestações patológicas. A análise do traço da argamassa convencional e da distribuição granulométrica para a argamassa de argila, serão verificadas como possíveis agravantes para a

instalação e transporte de umidade dentro das fachadas que receberam esses sistemas.

Comparando-se as tabelas 3 e 4 foi possível concluir que a argamassa de argila apresenta maior teor de sais solúveis. Tal fator pode ser advindo do método de preparo de tais argamassas, às quais eram comumente incorporados materiais orgânicos para, segundo o senso comum, uma maior adesão à alvenaria. Além disso, a própria argila, por ser material advindo do solo, muitas vezes sem um prévio preparo, possui elevado teor de sais, os quais permanecem nas fachadas através de sua aplicação como argamassa de revestimento.

Teores de sais solúveis podem mostrar-se bastante prejudiciais para as fachadas, principalmente pelo fato de que sua recristalização pode levar a grandes pressões nos revestimentos, desencadendo o aparecimento das criptoflorescências. Outro fenômeno importante causado pelo elevado teor de sais solúveis nas fachadas é a perda de aderência da argamassa, quer convencional, quer de argila, com o tijolo, levando aos descolamentos em placas.

Outra análise importante a ser feita é, devido ao fato de argamassa de argila apresentar maior trabalhabilidade e resiliência do que a argamassa convencional, fachadas que se utilizam desse sistema absorvem os esforços advindos das pressões dos sais recristalizados, minimizando assim o aparecimento de fissuram e fendas, por exemplo.

Em relação à argamassa convencional, o teor de sais solúveis encontrados pode ter sido fator agravante para as patologias observadas no edifício 01, no qual foi observado manifestações de eflorescências e criptoflorescências. Além disso, no local onde foi retirada a amostra de argamassa convencional, a aderência na interface tijolo-reboco mostrava-se baixa, o que demostra sua perda advinda da recristalização dos sais solúveis presentes, bem como pressões internas exercidas pelos mesmos.

Os sais solúveis identificados na argamassa convencional podem ser advindos dos agregados empregados na época da construção, daí a importância do conhecimento das fontes onde são retiradas as areias adquiridas.

Para a limpeza superficial das manifestações salinas pode-se usar ácido clorídrico (ácido muriático) diluído na proporção 1/10 e/ou neutralizantes de sais eflorescentes, aplicados superficialmente em paredes rebocadas ou tijolos à vista, os quais transformam os sais solúveis em cristais insolúveis.

A reconstituição do traço da argamassa convencional pode ser identificada como aproximadamente um traço 1:4 (aglomerante:agregado). O traço em questão apresenta uma trabalhabilidade reduzida da argamassa, sendo ela mais rígida que uma argamassa com maior proporção de agregado. Devido à elevada rigidez, o fenômeno da criptoflorescência é agravado nesse tipo de argamassa, o qual pôde ser observado através da baixa aderência do reboco com a alvenaria.

Para argamassas de revestimento, comumente, é recomendado maior proporção de agregados no traço, e areia de granulometria média, o que leva à um menor módulo de elasticidade, ou seja, maior capacidade de absorver pequenas movimentações nas fachadas, causadas por exemplo pela pressão exercida pela recristalização dos sais solúveis. Um menor módulo de elasticidade evita o aparecimento de trincas, fissuras e até deslocamento dos revestimentos.

Portanto, a solução para a minimização dos efeitos da criptoflorescência na fachada do edifício 1 seria a adoção de um traço com maior proporção de agregado, e que a areia empregada possuísse granulometria maior do que a adotada.

REFERÊNCIAS

ARANTES, P., 2017 – **Patologias em edificações antigas na cidade de Uberlândia**. MG: Universidade Federal de Uberlândia.

BIANCHIN, A. C., 1999 – **Influência do proporcionamento dos materiais constituintes no desempenho de argamassas para reboco de recuperação de alvenarias contaminadas por umidade e sais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GUTERRES, P., 2016 – **Argamassa de reabilitação: estudo da sua utilização e do seu comportamento para o tratamento e recuperação de construções afetadas por eflorescências**. Covilhã: Universidade da Beira Interior.

IPT, 1998 – **Reconstituição do traço de argamassas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

MERINO, F. L., 1993– **Humedades y eflorescências em obras de fábrica. In: Comisión de Asuntos Tecnológicos. Curso de Conservación Y Restauración de edificos**. 2.ª ed. Madrid: Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. p.309-337.

NBR 7211:1983 – **Agregado para concreto**. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

NBR 7211:2005 – **Agregado para concreto. Especificação**. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR 7217:1987 **– Agregado – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR 9917:2009 – **Agregados para concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis**. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

SILVA, João Pedro Ribeiro, 2018 – **Análise e identificação de anomalias em revestimentos de reboco de um conjunto de edifícios na cidade de Uberlândia, e proposição de novas argamassas com vista à sua recuperação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. 79 f.

SOUZA, G. F., 1997 – **Eflorescências nas argamassas de revestimento**. In: Anais do II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das *Argamassas*. p. 344354.

EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE NANOPIGMENTOS NA DEGRADAÇÃO DA COR DE REVESTIMENTOS DE FACHADA

EFFECT OF THE INCORPORATION OF NANOPIGMENTS ON COLOUR DEGRADATION OF FAÇADE COATINGS

Andrea R. Souza [(1)], Joana Maia [(2)], Nuno M. M. Ramos [(3)], Ricardo M. S. F. Almeida [(4)]

(1) CONSTRUCT (LFC), Faculdade de Engenharia (FEUP), Portugal, andrea.souza@fe.up.pt
(2) CONSTRUCT (LFC), Faculdade de Engenharia (FEUP), Universidade do Porto, Portugal, joanamaia@fe.up.pt
(3) CONSTRUCT (LFC), Faculdade de Engenharia (FEUP), Universidade do Porto, Portugal, nmmr@fe.up.pt
(4) Departamento de Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal, ralmeida@estv.ipv.pt

RESUMO

O aumento da durabilidade de materiais e componentes de construção é fundamental, pois contribui para a sustentabilidade dos edifícios aumentando a sua vida útil. Por outro lado, o desenvolvimento de novos materiais e sistemas com características térmicas melhoradas, como ETICS com inclusão de nanopartículas, contribui para a obtenção de soluções com um melhor desempenho térmico.

O crescente interesse no uso de uma vasta gama de cores em revestimentos de edifícios, principalmente de cores escuras, pode levar à degradação precoce das fachadas, comprometendo as características estéticas e o desempenho térmico. Por outro lado, a incorporação de nanopigmentos com elevada refletância contribui para reduzir a absorção da radiação solar, principalmente na região do infravermelho próximo, e, consequentemente, a degradação da superfície. As nanopartículas contribuem para aumentar a refletância solar dos revestimentos, diminuindo a temperatura da superfície e melhorando o desempenho do revestimento.

Este trabalho analisa a degradação natural da cor de revestimentos com nanopigmentos em sistemas ETICS. Vários parâmetros de cor foram avaliados em diferentes amostras de ETICS, de cor preta e vermelha com e sem nanopigmentos incorporados, submetidas ao envelhecimento natural. A medição da cor foi realizada de acordo com a ISO 11664-4, utilizando um espectrofotómetro portátil.

Os resultados confirmaram que o uso de nanopigmentos melhorou a durabilidade das cores, promovendo a manutenção dos parâmetros medidos. A diferença total de cor obtida foi menor que a percetível ao olho humano, assim como a variação nos parâmetros de croma e matiz das cores com nanopigmentos.

Em resumo, a incorporação de nanopartículas em revestimentos de sistemas de fachadas térmicas pode contribuir para aumentar sua durabilidade e melhorar seu desempenho térmico sem comprometer a diversidade de características estéticas.

Palavras-chave: Pigmentos Frios / Degradação / Envelhecimento / Refletância / CIELab

1. INTRODUÇÃO

A importância psicológica da cor para os seres humanos tem sido objeto de estudo em vários trabalhos científicos há mais de um século. Investigadores têm comprovado que as cores podem alterar a perceção de espaço arquitetónicos (Janssens, 2001). Além disso, a cor também pode ter uma identidade ambiental construída ou um caráter cultural/social, como observado nos casos de *La Boca*, em Buenos Aires, Argentina, *Nyhavn* em Copenhaga, Sintra em Portugal, Santorini na Grécia, Burano em Itália, assim como *Bo'kaap* na Cidade do Cabo (Perry, 2016).

Em muitas áreas, como por exemplo alimentar e farmacêutica, as cores podem ser vistas como um indicador de qualidade. No entanto, na área da construção, a cor é geralmente vista como uma propriedade estética. Com as crescentes necessidades associadas à sustentabilidade na construção, a cor da fachada tornou-se um fator relevante no consumo de energia e na durabilidade. Além disso, envolventes pintadas com cores mais escuras são, geralmente, mais quentes do que as pintadas com cores mais claras. Essa diferença de temperatura pode contribuir para um aumento da taxa de degradação dos revestimentos.

A refletância é um dos principais parâmetros utilizados na classificação do desempenho térmico e energético de revestimentos, evidenciando uma forte correlação com as diferentes gamas de cores. Pode obter-se uma maior refletância solar através de revestimentos de cores claras ou membranas refletivas aplicadas em telhados, pavimentos ou paredes (Ihara *et al.*, 2016). Revel *et al.* (2014) refere que um dos maiores desafios em termos técnicos consiste em ter superfícies de cor escura e, ao mesmo tempo, mantê-las mais frias sob o efeito da exposição ao sol.

As nanopartículas são utilizadas em muitos materiais e em vários campos de aplicação. Na engenharia, estas partículas podem ser incorporadas em revestimentos de forma a melhorar o desempenho térmico. Os designados pigmentos frios são nanopartículas com refletância solar relativamente elevada e alta emissão na zona do infravermelho, reduzindo a temperatura superficial (Ihara *et al.*, 2016; Piri, Shams-Nateri e Mokhtari, 2016). A incorporação de nanopigmentos frios permite transformar qualquer cor numa "cor branca" no espectro do infravermelho próximo (IFP), permitindo que as fachadas apresentem cores mais escuras.

A refletância solar de revestimentos coloridos com incorporação de pigmentos frios altera com o tempo, devido à acumulação de detritos provenientes, nomeadamente, da poluição do ar nos materiais aplicados nas envolventes. Estudos de durabilidade de tintas com pigmentos frios expostas ao ambiente exterior são uma contribuição essencial para o estudo dos materiais, segundo o Conselho Europeu de Coberturas Frias, uma vez que as propriedades das tintas com nanopigmentos decaem nos primeiros anos de aplicação (Ihara *et al.*, 2016; Revel *et al.*, 2013; Uemoto, Sato e John, 2010).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a durabilidade de revestimentos de fachadas coloridos com incorporação de nanopigmentos, expostos ao envelhecimento natural.

2. ANÁLISE DA COR

Vários fatores influenciam a aparência das cores dos objetos, por exemplo, a geometria da iluminação, a forma dos objetos e as propriedades de refletância dos materiais, assim como a anatomia do olho do observador (Hanson, 2012). O facto de a cor ser uma resposta ótica (tricomacia) do olho pode constituir um problema na caracterização da cor por perceção ou escala.

Uma função importante da colorimetria é determinar quais estímulos serão semelhantes a um determinado observador com um determinado conjunto de funções de equalização de cores, resultando numa quantificação

física de cores (ISO 11664-3, 2012).

A medida da cor pelos valores tristímulus é um procedimento ótico para quantificar e medir as cores. Algumas das interpretações do tristímulus podem ser traduzidas nos espaços de cores denominados: RGB, CMY, HSV e CIELab. No entanto, para avaliar as cores além do tristímulus, são necessários outros atributos para perceber e descrever uma cor (Choudhury, 2014; Pathare, Opara e Al-Said, 2013). Esses atributos são o brilho, saturação e matiz, Figura 1.

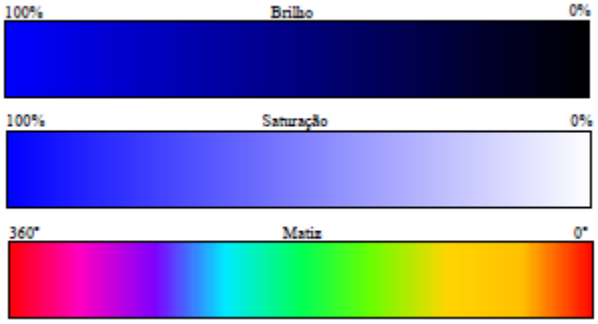


Figura 1 – Atributos da cor

O brilho, definido em termos de luminosidade, é uma perceção visual segundo a qual uma área parece emitir ou refletir mais ou menos luz. É a variável de cor que distingue o preto do branco. A saturação, também conhecida como croma, é a pureza ou o grau de afastamento do cinza e pode ser descrita como incolor ou por "quão colorida é a cor" (Choudhury, 2014).

O matiz consiste no espectro visível da luz em que diferentes comprimentos de onda correspondem a diferentes matizes: comprimentos de onda mais curtos aparentam cor violeta e mais longa cor vermelha. A combinação da reflexão do comprimento de onda resulta numa perceção visual segundo a qual um objeto parece ser semelhante a uma das cores vermelho, amarelo, verde ou azul ou a uma combinação de pares adjacentes num anel fechado (0-360°) (Choudhury, 2014).

A Comissão Internacional de Iluminação (CIE) estabeleceu normas para a colorimetria em 1931 e, desde então, é amplamente utilizada para medir cores. As coordenadas de luz do CIELab referem-se ao padrão CIE de 1976, onde os tristímulus da luz (L*, a* e b*) são calculados com base na cor e reflexão do branco, de acordo com as equações definidas na ISO 1164-4 (ISO 11664-4, 2007).

As coordenadas L*, a* e b*encontram-se ao longo de três eixos mutuamente perpendiculares, definindo um espaço de cores (Figura 2). As coordenadas dos contornos a* b* correspondem ao croma e matiz, e o L* representa a luminosidade. A coordenada da luminosidade varia entre 0 e 100, onde zero corresponde ao preto e 100 ao branco. Os contornos, matiz, variam de -a*b* a +a*b*, onde a* negativo corresponde a tons de verde e positivo a vermelho e b* negativo a azul e positivo a amarelo (Sattar, 2019).

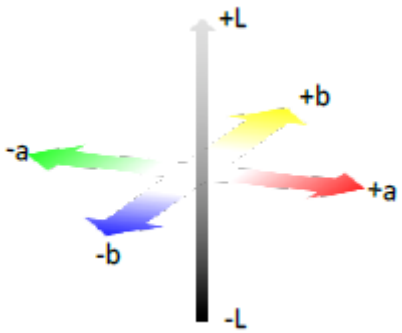


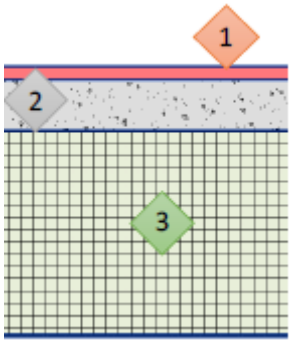
Figura 2 – Espaço de cores CIELab

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

A metodologia proposta foi aplicada a um conjunto de amostras de revestimento de fachada do tipo ETICS constituídas por três camadas distintas conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Constituição das amostras

Camada	Constituição
	
1 Acabamento final	Revestimento orgânico composto por cargas minerais, resinas em dispersão aquosa, pigmentos e aditivos específicos (antifúngicos e outros);
2 Argamassa de revestimento	Duas camadas de 1,5 mm com uma malha de fibra de vidro entre elas. Argamassa à base de uma mistura de cimento, resinas, cargas minerais, fibras sintéticas e aditivos especiais;
3 Isolamento térmico	Poliestireno expandido - EPS (20 kg/m^3) com uma espessura de 4 cm

O acabamento foi aplicado em duas cores distintas: preto e vermelho. Para avaliar a influência da dos nanopigmentos foi incorporado um nanopigmento inorgânico preto refletivo na zona do infravermelho próximo, PBr 29, em teor próximo a 3%. As amostras têm a seguinte designação: EP0 e EP1 (cor preta) e, EV0 e EV1 (cor vermelha), sem ("0") e com nanopigmento ("1"), respetivamente.

3.2. Metodologia experimental

3.2.1. Ciclos de envelhecimento

As 4 amostras anteriormente apresentadas foram submetidas a envelhecimento natural durante dois anos, numa cobertura plana de um edifício na cidade do Porto. A Figura 3 apresenta as amostras durante o período de exposição.



(a) (b)

Figura 3 – Condições de exposição das amostras sem nanopigmentos:
(a) Amostra vermelha; (b) Amostra preta

O período de exposição foi dividido em diferentes ciclos, como explicado na Figura 4. A cor laranja refere-se à exposição das amostras ao envelhecimento natural e a cor cinza das amostras não expostas.

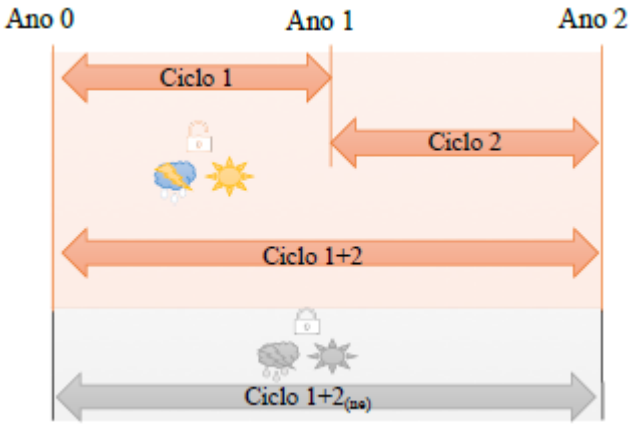


Figura 4 – Descrição dos ciclos de envelhecimento

O Ciclo 1 compreende as leituras realizadas entre o Ano 0 e Ano 1, enquanto que o Ciclo 2 compreende as leituras realizadas entre o Ano 1 e Ano 2. O Ciclo 1+2 corresponde as leituras Ano 0 e Ano 2, podendo as amostras estarem expostas ou não. Para o ciclo de avaliação não exposto foram consideradas amostras idênticas as submetidas à exposição (EP0, EP1, EV0 e EV1).

O clima típico no local de exposição das amostras conforme o TRY Energy Plus (EnergyPlus, 2020) é apresentado na Figura 5.

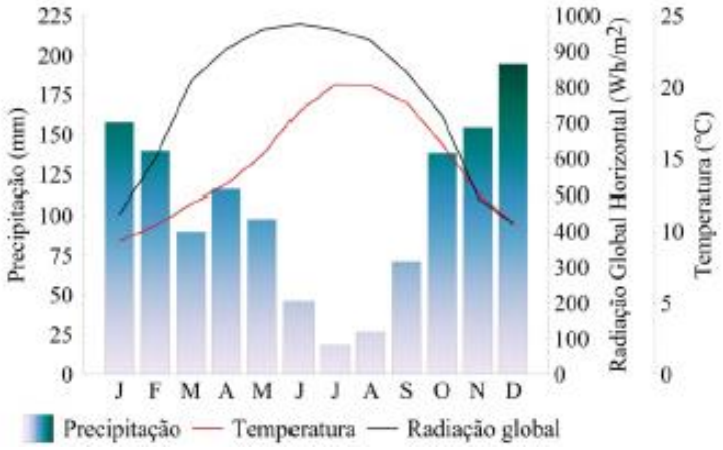


Figura 5 – Clima típico no local de exposição

3.2.2. Medição e avaliação das cores

Neste trabalho, a durabilidade das cores foi avaliada com base na determinação das coordenadas do espaço CIELab. Como tal, foi utilizado um espectrofotómetro modular (2 espectrofotómetros acoplados com diferentes comprimentos de onda: FLAME-T (UV-VIS) e FLAME-NIR (NIR), da Ocean Optics). Todas as medições foram realizadas usando as condições da lâmpada padrão D65 e inclinação de 10 graus com o observador.

As normas do conjunto CIE especificam os métodos de cálculo das coordenadas do espaço de cores CIELab, incluindo correlações de luminosidade, croma e matiz. Além disso, apresentam os métodos que permitem calcular distâncias euclidianas que representam a magnitude percecionada da diferença de cores (ISO 11664-4, 2007).

A luminosidade, ou brilho, (L*) é a propriedade segundo a qual cada cor pode ser considerada como equivalente a um membro da escala de cinza. Para o olho humanos um L* mais elevado representa uma cor clara e pode estar relacionada ao tom ou brilho.

O croma, ou saturação, (C*) é usado para determinar o grau de diferença de uma tonalidade em comparação com a cor cinza com a mesma luminosidade. O croma é calculado usando a equação 1 (ISO 11664-4, 2007).

$$\boldsymbol{C^*} = \sqrt{\boldsymbol{a^{*2}} + \boldsymbol{b^{*2}}} \quad (1)$$

Quanto maior o croma, maior a intensidade da cor das amostras percecionada pelos seres humanos. A variação do croma (ΔC) apresenta a diferença de refletir/transmitir luz saturada (Hanson, 2012).

Um ângulo de matiz, ou tonalidade, (h*) é o atributo pelo qual as cores são tradicionalmente definidas como avermelhadas e esverdeadas. O matiz é calculado conforme a equação 2 (ISO 11664-4, 2007).

$$h^* = tang^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2)$$

O matiz está relacionado com as diferenças de absortância em diferentes comprimentos de onda. Um ângulo de 0° ou 360° representa o tom vermelho, enquanto os ângulos de 90°, 180° e 270° representam tons de amarelo, verde e azul, respetivamente. As cores com a mesma tonalidade são diferenciadas por adjetivos que se referem à sua leveza ou cor, como "azul claro", "azul pastel", "azul vívido" (Pathare, Opara e Al-Said, 2013).

A diferença total de cor (ΔE) indica a magnitude da diferença de cores entre uma amostra nova e envelhecida. O ΔE é calculado conforme a equação 3 (ISO 11664-4, 2007).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (3)$$

Em que Δa*, Δb* correspondem às diferenças entre as coordenadas da referência e do ensaio, em módulo, e ΔL* à diferença entre a leveza da referência e do ensaio, em módulo.

O valor da diferença total de cor para o olho humano pode ser classificado analiticamente como apresentado na Tabela 2 (Cozza *et al.*, 2015).

Tabela 2 – Avaliação da diferença total de cor

Perceção	**Diferença total de cor**
Muito percetível	ΔE > 3
Percetível	1,5 < ΔE < 3
Quase impercetível	1,5 < ΔE

O índice de amarelecimento (YI) esta associado a uma degradação produzida pela exposição à luz e processamento químico. O YI e calculado conforme a equação 4 (Pathare, Opara e Al-Said, 2013).

$$YI = \frac{142{,}85b^*}{L^*} \quad (4)$$

A variação do índice de amarelecimento (ΔYI) é essencialmente usada para quantificar a degradação de materiais expostos, onde quanto maior o índice, maior a degradação pela exposição solar.

4. RESULTADOS

4.1. Parâmetros da cor

A avaliação das cores foi realizada através do processo de reflexão produzido pelo espectrofotómetro modular. A Tabela 3 apresenta os parâmetros de cores do CIELab em relação ao início do ciclo 1 (ano 0) e final dos restantes

ciclos 2e e 2ne (ano 1 e 2).

Tabela 3 – Parâmetros CIELab

Ano	CIELab	Amostra			
		EPO	EP1	EV0	EV1
0	L	33,40	35,20	38,90	38,70
	a*	0,50	1,20	30,70	28,40
	b*	-1,40	-2,30	19,60	17,80
1	L	34,53	35,43	37,80	38,80
	a*	0,57	0,90	29,30	26,40
	b*	0,40	-1,03	18,00	17,10

Ano	CIELab	Amostra			
		EPO	EP1	EV0	EV1
2e	L	34,73	36,07	36,60	39,80
	a*	0,10	0,07	27,50	22,80
	b*	0,73	-1,60	16,70	16,20
2ne	L	32,90	34,20	39,00	38,20
	a*	0,60	1,30	30,30	28,00
	b*	-1,00	-1,90	19,60	18,00

No ano 0, como esperado, as amostras de cor vermelha apresentaram uma coordenada a* maior do que as de cor preta. Também era esperado que as amostras pretas tivessem coordenadas a* e b* próximas de zero. No entanto, não foi encontrada nenhuma diferença significativa entre as amostras com (1) ou sem (0) nanopigmentos após o ciclo 1.

As amostras sem nanopigmentos apresentam uma luminosidade menor do que as amostras com nanopigmentos, o que também foi observado por Piri, Shams-Nateri e Mokhtari (2016), Coser *et al.* (2015), Cozza *et al.* (2015) e Revel *et al.* (2013).

A Tabela 4 apresenta os parâmetros de cor definidos e calculados para croma e matiz e para o índice de amarelecimento.

O parâmetro h* indica o espectro do comprimento de onda refletido para definir a cor atraves dos cones da retina. A intensidade da cor é definida pelo parâmetro C*. Quando o valor de croma é zero, o olho interpreta todas as cores como preto, enquanto que valores elevados de C* melhoram a interpretação da cor.

Valores mais baixos do índice de amarelecimento (YI) indicam uma influência reduzida do processo de degradação. Como tal, as amostras com nanopigmentos têm menor influência do que as amostras sem nanopigmentos. A maior refletância solar, obtida pelo efeito dos nanopigmentos, pode levar à redução da degradação química pela exposição aos raios ultravioleta. Além disso, a menor temperatura superficial reduz as tensões termo-induzidas, e, consequentemente, as tensões internas, conforme descrito por Ihara *et al.* (2016).

Tabela 4 – Parâmetros da cor

Ano	CIELab	Amostra			
		EPO	EP1	EV0	EV1
0	C*	2,5	6,5	414,9	345,2
	h*	289,7	297,6	32,6	32,1
	YI	-6,0	-9,3	72,0	65,7
1	C*	0,7	2,0	353,3	318,8
	h*	35,1	311,1	31,6	32,9
	YI*	7,6	5,2	4,0	2,7

Ano	CIELab	Amostra			
		EPO	EP1	EV0	EV1
2e	C*	0,6	2,6	306,4	285,2
	h*	82,2	272,5	31,3	35,4
	YI	3,0	-6,3	65,2	58,1
2ne	C*	1,6	4,9	414,5	352,0
	h*	301,0	304,4	32,9	32,7
	VY*	-4,3	-7,9	71,8	67,3

4.2. Degradação da cor

A diferença de cor entre as amostras é apresentada na Figura 6, sendo calculada para o Ciclo 1 (diferença entre o ano 1 e 0) e para o Ciclo 2 (diferença entre o ano 2 e 1).

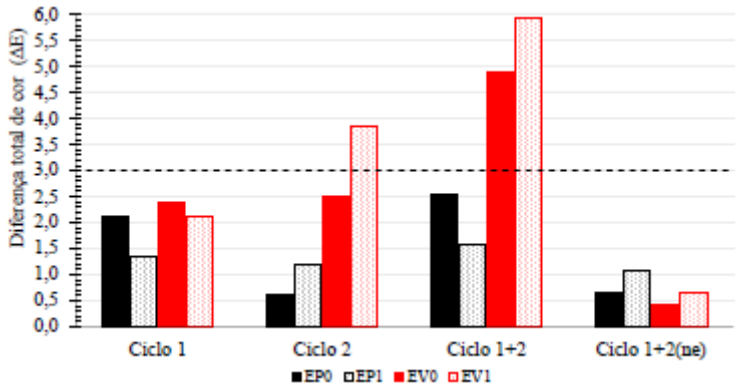


Figura 6 – Diferença total de cor

A mudança de cor é percetível ao olho humano quando AE é maior do que 3 (linha tracejada na Figura 6). Os resultados mostram que é apenas percetível ao olho humano a variação da cor vermelha. Em relação à cor preta, a incorporação de nanopigmentos resultou num AE mais baixo.

Esperava-se que os nanopigmentos sofressem uma maior degradação nos primeiros anos, conforme indicado pelo Conselho Europeu de Coberturas Frias (Gobakis *et al.,* 2016). No entanto, a diferença total de cor no primeiro ano foi maior para as amostras que não possuíam nanopigmentos.

A diferença total de cor e a diferença de luminosidade são afetadas pelo processo de envelhecimento, uma vez que a acumulação de detritos, a degradação solar (UV) e a chuva podem afetar as condições da superfície (Ihara *et al.,* 2016). Esta afirmação pode ser comprovada analisando o Ciclo 1+2 (ne) e o Ciclo 1+2, onde as amostras apresentam uma variação de cor menor quando não expostas.

A Figura 7 apresenta a variação de luminosidade como a diferença entre os valores da coordenada L*. Valores negativos indica o escurecimento da cor, enquanto que valores positivos indicam que a cor se tornou mais clara.

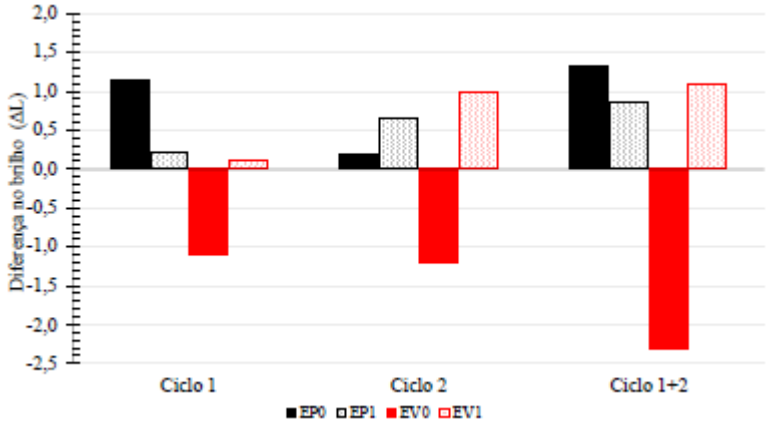


Figura 7 – Diferença no brilho das amostras

De acordo com Revel *et al.* (2014), o incremento da luminosidade é importante para o comportamento térmico das amostras, pois aumenta a refletância do revestimento.

A avaliação da luminosidade, no final do Ciclo 1, não indica uma grande variação entre as cores, variando de 33,4 a 38,7. No entanto, a tinta sem nanopigmentos apresenta uma maior diferença de luminosidade com o

envelhecimento, tornando-se mais clara. Alguns estudos, como de Revel *et al.* (2013), Ihara *et al.* (2016), Rosso *et al.* (2016), indicam que a diferença de cor está correlacionada com o desempenho térmico e a refletância dos nanopigmentos. Assim, o desempenho dos nanopigmentos pode ser avaliado pela diferença de cor.

4.3. Influência dos nanopigmentos

O comportamento das amostras com a incorporação de nanopigmentos foi analisado separadamente para cada cor, avaliando os parâmetros croma e matiz.

A Figura 8 apresenta a variação no croma das amostras. A influência dos nanopigmentos mostrou ser contraditória para as cores avaliadas. Este comportamento pode ser explicado com base na concentração de pigmento e na rugosidade da superfície (Revel *et al.,* 2013).

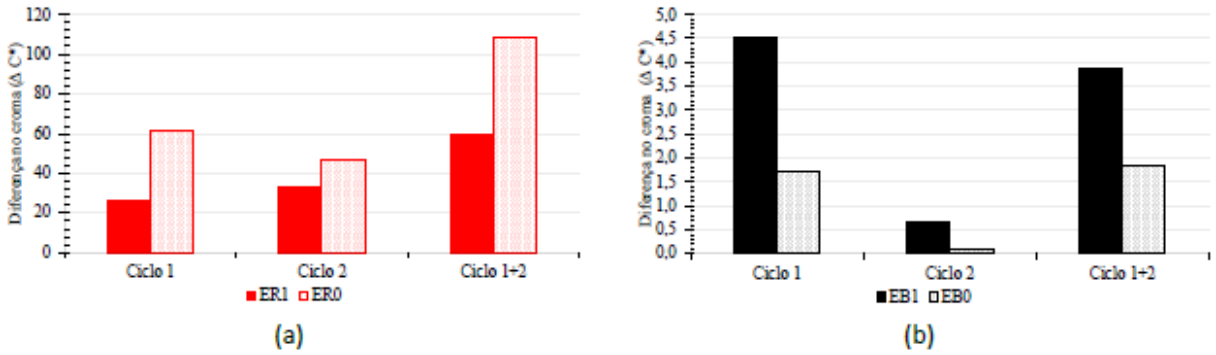


Figura 8 – Diferença no croma: (a) cor vermelha; (b) cor preta

Para as amostras pretas os valores da diferença de croma indicam que os nanopigmentos contribuem para a manutenção da cor.

A Figura 8 (a) mostra que a incorporação de nanopigmentos resultou numa influência negativa na propriedade croma da cor vermelha. Essa alteração está relacionada com a variação da refletância no espectro visível. Nesse caso, o comportamento térmico do nanopigmento frio pode ter sido afetado, uma vez que cores claras, como laranja e amarelo, podem refletir mais luz no espectro visível, conforme analisado por Sattar (2019).

A Figura 9 demonstra uma mudança significativa no matiz da amostra preta sem nanopigmentos e uma mudança menos significativa na vermelha. No entanto, as amostras com nanopigmentos apresentam um tom constante nas duas cores.

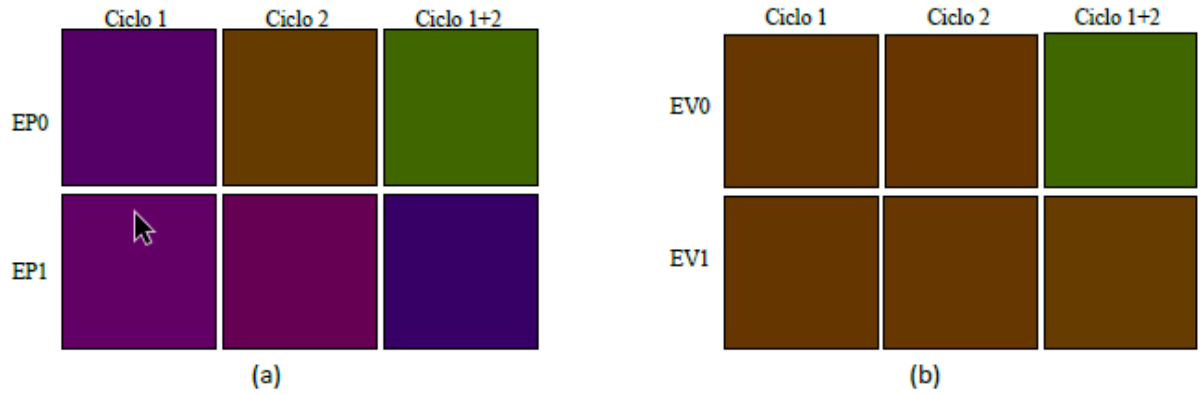


Figura 9 – Diferença no matiz das amostras (a) para o vermelho (b) para o preto

A Figura 10 mostra que os revestimentos com nanopigmentos apresentam uma correlação linear entre AYI e AE.

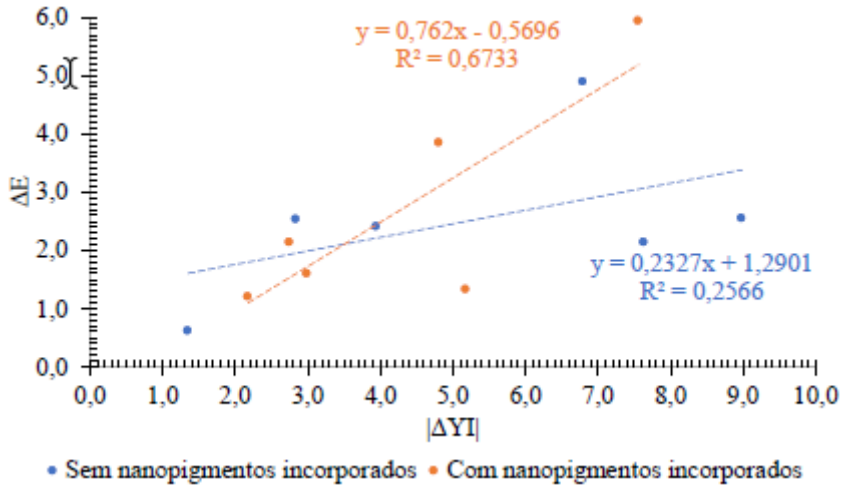


Figura 10 – Influência da incorporação dos nanopigmentos no índice de amarelecimento

Conforme estudado por Coser *et al.* (2015), a degradação da tinta acrílica ocorre com a exposição solar. Assim, o incremento de nanopigmentos pode proteger a película de tinta da degradação pela dispersão da luz absorvida. Os resultados mostram que o aumento da proteção contra a degradação resulta na correlação entre (AE) e (AYI). Portanto, para alterar a cor, é necessário aumentar a exposição à degradação.

A incorporação de nanopigmentos mostrou-se relevante para manter as propriedades das cores, o que pode ser observado na Figura 11, em relação à correlação linear entre (AE) e (AL) para os revestimentos sem nanopigmentos.

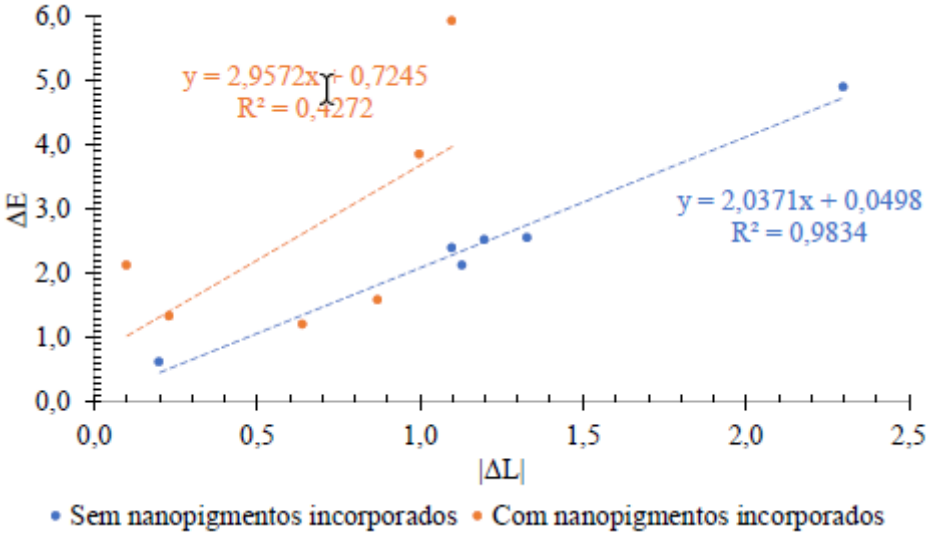


Figura 11 – Influência da incorporação dos nanopigmentos na degradação do brilho

A luminosidade é uma propriedade da cor importante para os nanopigmentos, uma vez que pode relacionar-se com o efeito frio, como a relação descrita por Revel *et al.* (2014). No caso estudado, a variação da luminosidade foi menor para as amostras com nanopigmentos. No entanto, não foi encontrada uma relação entre a diferença total de cor e a variação da luminosidade.

As relações apresentadas na Figura 10 e na Figura 11, estão de acordo com os resultados obtidos por Piselli *et al.* (2017), Revel *et al.* (2013, 2014) e Uemoto, Sato e John (2010). Observou-se que a degradação dos nanopigmentos apresenta uma relação direta com as condições ambientais, clima e poluição do ar.

5. CONCLUSÕES

A incorporação de nanopigmentos não afetou a composição da cor, facto que foi observado em ambas as amostras estudadas da mesma cor, num estágio inicial. No entanto, os resultados confirmam que a presença de nanopigmentos afeta positivamente a perceção da luminosidade e cor dos revestimentos de acabamento envelhecidos.

O vermelho apresentou maiores alterações de cor do que a cor preta, o que pode estar relacionado com o tipo de nanopigmento usado nas amostras.

A cor das amostras com nanopigmentos apresentou maior constância ao longo do tempo (efeito do envelhecimento) do que a cor das amostras sem nanopigmentos. A mudança de cor resultou na variação de croma, matiz e luminosidade. Assim, a incorporação de nanopigmentos pode proteger as películas de tinta da degradação pela dispersão da luz absorvida.

Estudos sobre o comportamento ótico e térmico de revestimentos incorporando nanopigmentos frios demonstraram a influência negativa da exposição ao clima com perda de características. Neste artigo, foi confirmado que a cor também é afetada pelas mesmas variáveis. No entanto, o uso de nanopigmentos resulta numa degradação menor do que as cores padrões, sem nanopigmentos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Projeto PTDC / ECI-CON / 28766/2017 – POCI-01-0145-FEDER-028766, financiado por fundos do FEDER, através do COMPETE2020 - Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI). Pelo financiamento Base – UIDB/04708/2020 da Unidade de Investigação CONSTRUCT – Instituto de I&D em Estruturas e Construções – financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC). Os autores também agradecem à Saint-Gobain Weber pelo fornecimento de materiais.

REFERÊNCIAS

CHOUDHURY, Asim Kumar Roy, 2014 – **Principles of colour and appearance measurement**. Sawston, Cambridge: Woodhead Publishing.ISBN 9780857099242.

COSER, Eliane *et al.*, 2015 – **Development of paints with infrared radiation reflective properties.** *Polímeros*. 3 (2015) 305-310. doi: 10.1590/0104-1428.1869. ISSN 0104-1428. 25

COZZA, E. S. *et al.*, 2015 – **NIR-reflecting properties of new paints for energy-efficient buildings**. *Solar Energy*. 116 (2015) 108-116. doi: 10.1016/j.solener.2015.04.004. ISSN 0038092X (ISSN).

ENERGYPLUSn, 2020 – **Weather data** [Em linha], atual. 2020. [Consult. 22 jan. 2020]. Disponível em WWW:<URL:https://energyplus.net/weather>.

GOBAKIS, Kostas *et al.*, 2016 – **Cool roofs in the european context**. *REHVA Journal*. 19-24.

HANSON, A. R., 2012 – **What is colour?** Em *Colour Design* [Em linha]. Second Edi ed. Elsevier. Disponível em WWW:<URL:http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-101270-3.00001-1>. ISBN 9780081018897. p. 3-21.

IHARA, Takeshi *et al., 2016* – **Accelerated aging of treated aluminum for use as a cool colored material for facades.** *Energy and Buildings*. 112 (2016) 184-197. doi: 10.1016/j.enbuild.2015.12.014. ISSN 03787788.

ISO, 2012 – **Colorumetry – Part 3: CIE tristimulus values.** Genebra: ISO. ISO 11664-3:2012.

ISSO, 2007 – **Colorimetry – Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour space**. Genebra: ISO. ISO 11664-4 2007.

JANSSENS, Jan, 2001 – **Facade coulours not just a matter of personal taste – a psychological account of preferences for exterior building colours**. *Nordic Journal of Architectural Research*. 14(2). p. 17-21. ISSN 1893-5281.

PATHARE, Pankaj B.; OPARA, Umezuruike Linus; AL-SAID, Fahad Al Julanda, 2013 – **Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review**. *Food and Bioprocess Technology*. 6:1 (2013) 36–60.doi: 10.1007/s11947-012-0867-9. ISSN 19355130

PERRY, Francesca, 2016 – **The most colourful cities in the world – in pictures** [Em linha], atual. 2016. [Consult. 12 dez. 2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.theguardian.com/cities/gallery/2016/jan/19/most-colourful-cities-neighbourhoods-world-in-pictures>.

PIRI, N.; SHAMS-NATERI, A.; MOKHTARI, J., 2016 – **The relationship between refractive index and optical properties of absorbing nanoparticle**. *Color Research & Application*. 41:5 (2016) 477-483. doi: 10.1002/col.21983. ISSN 03612317.

PISELLI, Cristina *et al.*, 2017 – **Optimization of roof solar reflectance under different climate conditions, occupancy, building configuration and energy systems**. *Energy and Buildings*. 81-97. doi: 10.1016/j.enbuild.2017.06.045. ISSN 03787788. 151

REVEL, Gian Marco *et al.*, 2013 – **Nanobased coatings with improved NIR reflecting properties for building envelope materials: Development and natural aging effect measurement**. *Cement and Concrete Composites*. 36:1 (2013) 128-135. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2012.10.002. ISSN 09589465.

REVEL, Gian Marco *et al.*, 2014 – **Cool products for building envelope – Part II: Experimental and numerical evaluation of thermal performances**. *Solar Energy*. 105 (2014) 780-791. doi: 10.1016/j.solener.2014.02.035. ISSN 0038092X.

REVEL, Gian Marco *et al.*, 2014 – **Cool products for building envelope – Part I: Development and lab scale testing.** *Solar Energy*. 105 (2014) 770-779. doi: 10.1016/j.solener.2014.03.029. ISSN 0038092X.

ROSSO, Federica *et al.*, 2016 – **Cool marble building envelopes: the effect of aging on energy performance and aesthetics**. *Sustainability*. 8:8 (2016) 753. doi: 10.3390/su8080753. ISSN 2071-1050.

SATTAR, Simeen, 2019 – **Characterizing color with reflectance.** *Journal of Chemical Education*. 1124-1128. doi: 10.1021/acs.jchemed.8b00845. ISSN 0021-9584. 96:6.

UEMOTO, Kai L.; SATO, Neide M. N.; JOHN, Vanderley M., 2010 – **Estimating thermal performance of cool colored paints**. *Energy and Buildings*. 42:1 (2010) 17-22. doi: 10.1016/j.enbuild.2009.07.026. ISSN 03787788.

POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DE SUPERPLASTIFICANTES NA FORMULAÇÃO DE ARGAMASSAS DE CAL AÉREA

POTENTIAL OF THE USE OF SUPERPLASTIFIERS IN THE FORMULATION OF AIR LIME MORTARS

Bruna Silva [(1)], Ana Paula Ferreira Pinto [(2)], Augusto Gomes [(3)], António Candeias [(4)]

(1) CEris, DECivil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, bruna.silva@ist.utl.pt
(2) CEris, DECivil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, anapinto@civil.ist.utl.pt
(3) CEris, DECivil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, augusto@civil.ist.utl.pt
(4) Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Portugal, candeias@uevora.pt

RESUMO

As argamassas à base de cal têm sido consideradas as que possuem maior compatibilidade para uso em intervenções em edifícios antigos. No entanto, é sabido que apresentam desvantagens que desencorajam a sua aplicação, como os longos tempos de presa e a reduzida resistência mecânica inicial, que dificultam e atrasam as intervenções. Neste contexto, os adjuvantes (substâncias adicionadas em menos de 5% da massa de ligante, para modificar propriedades de um material no estado fresco ou endurecido, têm potencial para melhorar algumas das propriedades das argamassas de cal.

Os redutores de água, em particular, permitem reduzir a quantidade de água de amassadura (se a consistência for mantida) ou aumentar a fluidez da argamassa (se a quantidade de água de amassadura for mantida). Este tipo de adjuvantes pode ser vantajoso quando utilizado em argamassas de cal, dado que podem diminuir os tempos de presa, aumentar a resistência mecânica e diminuir a porosidade e, deste modo, reduzir a susceptibilidade à degradação destas argamassas. Apesar do seu potencial, o estudo deste tipo de adjuvantes em argamassas de cal aérea encontra -se pouco desenvolvido, ao contrário do que ocorre em materiais de base cimentícia. Deste modo, este trabalho tem como objetivo estudar a influência de um forte redutor de água, ou superplastificante, baseado em sulfonatos polinaftalenos (PNS), nas propriedades físicas e mecânicas de argamassas de cal aérea e na sua susceptibilidade à degradação sob a acção de ciclos gelo-degelo.

O PNS foi responsável por um aumento relevante da resistência mecânica, muito embora significativamente inferior à resistência de argamassas de cimento, e por pequenas alterações na estrutura porosa das argamassas, apesar de diminuir significativamente a susceptibilidade à degradação por gelo-degelo. Os resultados sugerem assim que as argamassas de cal com PNS revelam potencial para serem aplicadas em intervenções em edifícios antigos.

Palavras-chave: Cal Aérea / Argamassa / Superplastificante / Susceptibilidade à Degradação / Gelo-Degelo

1. INTRODUÇÃO

As argamassas à base de cal têm sido consideradas as que possuem maior compatibilidade para uso em intervenções em edifícios antigos. No entanto, é sabido que apresentam desvantagens que desencorajam a sua aplicação, como os longos tempos de presa e endurecimento, a reduzida resistência mecânica inicial, que dificultam e atrasam as intervenções de conservação e reabilitação, e a elevada porosidade e permeabilidade à água que aumentam a susceptibilidade à degradação desde tipo de argamassas. Na antiguidade, algumas destas desvantagens eram muitas vezes obviadas com a adição de pequenas quantidades de materiais orgânicos, tais como óleos vegetais, sangue de animais ou fibras (Fang *et al.*, 2014; Malinowski, 1979; Rampazzi *et al.*, 2016; Sickels, 1981). Neste contexto, os adjuvantes químicos modernos (substâncias adicionadas em quantidades inferiores a 5% da massa de ligante com o objectivo de modificar as propriedades de um material no estado fresco ou endurecido), apresentam também potencial para melhorar algumas das propriedades das argamassas de cal. Alguns dos tipos principais de adjuvantes são os redutores de água, os retentores de água, os introdutores de ar e os hidrófugos.

Os redutores de água, em particular, permitem reduzir fortemente a quantidade de água de amassadura, sem afectar a consistência, ou aumentar a fluidez, não afectando a quantidade da água de amassadura. Se estas substâncias permitirem reduções de água inferiores a cerca de 12% são denominadas redutores de água normais ou plastificantes, mas se permitirem reduções de água superiores são denominados de fortes redutores de água ou superplastificantes, sendo estes últimos naturalmente mais eficientes. Neste contexto, policondensados de sulfonato de naftaleno e formaldeído, também chamados de sulfonatos polinaftalenos (PNS), são dos superplastificantes mais utilizados na construção. Estes são constituídos por anéis duplos de naftaleno (ligados por grupos metileno) e por grupos sulfonato, sendo estes últimos os responsáveis pela carga negativa no superplastificante, pois em solução o SO_3Na dissocia-se em SO_3^- e Na^+. A carga negativa dos grupos SO_3^- permite a adsorção das moléculas de superplastificante às partes das partículas de ligante que apresentam carga positiva, levando a repulsões eletrostáticas que impedem a aglomeração dessas partículas. Este efeito de dispersão das partículas de ligante permite um aumento da fluidez da mistura e a consequente redução de água na amassadura para a obtenção da mesma consistência (Aïtcin e Flatt, 2015; Newman e Choo, 2003; Pérez-Nicolás *et al.*, 2016).

Este tipo de adjuvantes pode ser vantajoso quando utilizado em argamassas de cal, dado poderem ser responsáveis por um aumento significativo da resistência mecânica, mesmo em idades jovens, e uma diminuição moderada da porosidade e da permeabilidade à água e, deste modo, reduzir a susceptibilidade à degradação destas argamassas (Ferreira Pinto *et al.*, 2017; Pérez-Nicolás *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2019;). Contudo, apesar do seu potencial, o estudo deste tipo de adjuvantes em argamassas de cal aérea encontra-se ainda pouco desenvolvido, ao contrário do que ocorre em materiais de base cimentícia. Deste modo, este trabalho tem como objetivo estudar a influência de um forte redutor de água, ou superplastificante, baseado em sulfonatos polinaftalenos (PNS), nas propriedades físicas e mecânicas de argamassas de cal aérea e na sua susceptibilidade à degradação sob a acção de ciclos gelo-degelo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Para a produção das argamassas foi utilizada uma cal aérea hidratada em pó do tipo CL80, de acordo com a EN 459-1:2010, da Calcidrata, e um agregado fino de origem siliciosa com granulometria 0/2 mm, de acordo com a EN 13139:2002, cuja curva granulométrica é apresentada na Figura 1. Como adjuvante foi utilizado um forte redutor de água (superplastificante) líquido à base de sulfonatos polinaftalenos (PNS). Foi tomada como referência uma

argamassa de cal aérea sem adjuvantes.

A quantidade de água utilizada (relação água/ligante) nas argamassas foi a necessária à obtenção de um espalhamento de 160 ± 5 mm de acordo com a EN 1015-3:1999. As relações água/ligante (a/l) utilizadas são apresentadas na Tabela 1.

As argamassas foram preparadas de acordo com a EN 196-1:2005, utilizando um traço ligante:agregado de 1:2 em volume. O adjuvante foi adicionado no início da mistura, juntamente com a água. Foram depois moldados provetes com as dimensões 40 x 40 x 160 mm, de acordo com a EN 196-1:2005, que foram desmoldados aos 7 dias.

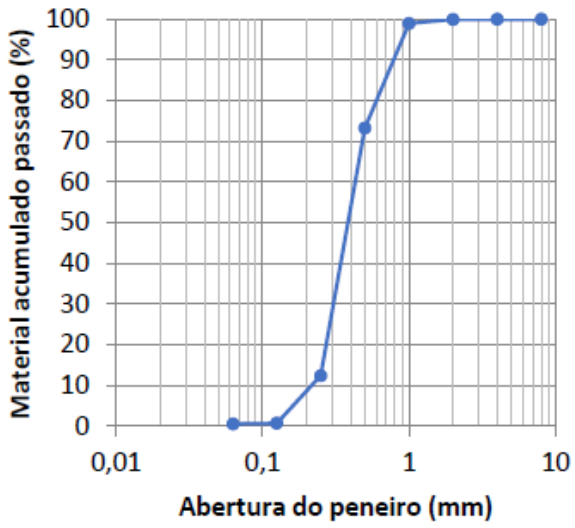


Tabela 1 – Relação água ligante (a/l) utilizada na preparação das argamassas

Dosagem de PNS* (%)	Relação a/l
0	1,13
0,8	1,10
1,0	1,08
1,9	1,00
3,0	0,93

*Relativa à massa de ligante

Figura 1 – Curva granulométrica do agregado

2.2. Métodos

As argamassas foram sujeitas a caracterização física e mecânica, após 180 dias de cura em ambiente condicionado (60 ± 10%RH e 20 ± 5 ^{0}C), que compreendeu a determinação da resistência à flexão e compressão (EN 1015-11:1999), porosidade acessível à água (RILEM I.1) e absorção de água por capilaridade (RILEM II.6). A resistência à flexão foi determinada em 3 provetes (por formulação de argamassa) e a resistência à compressão em cada uma das metades subsequentes. Com as restantes 3 metades foi efectuado o ensaio de absorção de água por capilaridade e determinada a porosidade acessível à água.

A susceptibilidade à degradação por acção de ciclos gelo-degelo foi avaliada para a argamassa sem adição de adjuvante, considerada como de referência, e para a argamassa com a máxima dosagem de superplastificante (3% PNS). Para a realização do ensaio foram utilizados 9 provetes (por formulação de argamassa) totalmente carbonatados, através da sua colocação após desmoldagem numa câmara de carbonatação (5% CO2, 60 ± 10%RH e 20 ± 5 ^{0}C) por 7 dias, de forma a obter-se argamassas com características estáveis. O ensaio de gelo-degelo consistiu em sujeitar os provetes, previamente saturados através da sua imersão em água por 48h, a ciclos de 24h que compreendiam a sua colocação numa câmara frigorífica (-20 ± 5 ^{0}C) por 7 ± 1h e a sua posterior submersão em água à temperatura ambiente (20 ± 5 ^{0}C) durante as restantes 17 ± 1h. A monitorização do ensaio de gelo-degelo foi efectuada recorrendo à observação visual dos provetes e à quantificação da sua massa após cada ciclo, o que permitiu obter o gráfico da evolução da variação de massa (Δm/m) dos provetes ao longo do ensaio. O ensaio foi dado como terminado para cada formulação quando se considerou que os respectivos provetes se encontravam já significativamente degradados mas ainda intactos, de forma a permitir a sua

caracterização posterior.

A análise da susceptibilidade à degradação por acção de ciclos gelo-degelo manifestada pelas argamassas com e sem superplastificante foi efectuada recorrendo à sua porometria, determinada por Porosimetria de Mercúrio, ao teor em água após 48h em imersão e ao coeficiente de saturação (RILEM II.1), no estado são. Foram ainda obtidas imagens por Microscopia Eletrónica de Varrimento (MEV), de pequenas secções provenientes de amostras de ambas as argamassas no estado são, embebidas previamente em resina e polidas.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1. Caracterização física e mecânica

A caracterização efectuada incluiu a determinação da resistência à flexão e à compressão aos 180 dias de idade, cujos resultados são apresentados na Figura 2. Como se pode observar, à medida que se aumentou a dosagem de PNS, verificou-se um incremento da resistência mecânica, sendo este mais acentuado para dosagens de PNS superiores a 1%. De facto a argamassa com maior dosagem de PNS apresentou um incremento de 77% na resistência à tração e de 57% na resistência à compressão face à argamassa de referência sem adjuvante. Este efeito é bastante positivo, uma vez que se confirma que a utilização de um superplastificante pode aumentar a reduzida resistência mecânica de argamassas baseadas em cal aérea. Como este aumento é moderado, e não exagerado como acontece quando se utiliza cimento, as argamassas resultantes revelam potencial de garantir compatibilidade mecânica com argamassas antigas.

As argamassas a aplicar em intervenções de conservação ou reabilitação deverão ser dúcteis de forma a acompanhar, sem fendilhar, possíveis deformações das alvenarias antigas. A ductilidade de uma argamassa pode ser aferida de forma indirecta através do rácio entre a resistência à compressão e a resistência à flexão, uma vez que ele é proporcional ao módulo de elasticidade (Moropoulou *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2014). Assim, quanto menor for o valor deste rácio, menor será o módulo de elasticidade e maior a potencial ductilidade da argamassa. Os resultados obtidos para as argamassas estudadas encontram-se apresentados na Figura 3, onde se pode verificar que, apesar do aumento expressivo de resistência mecânica, o rácio não variou de forma relevante com o aumento do teor de superplastificante, pelo que não é expectável que a ductilidade das argamassas de cal seja significativamente alterada pela utilização de superplastificantes na sua formulação.

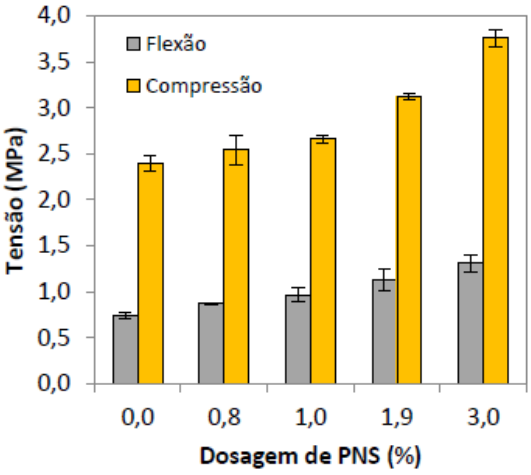


Figura 2 – Resistência à flexão e compressão das argamassas aos 180 dias de idade

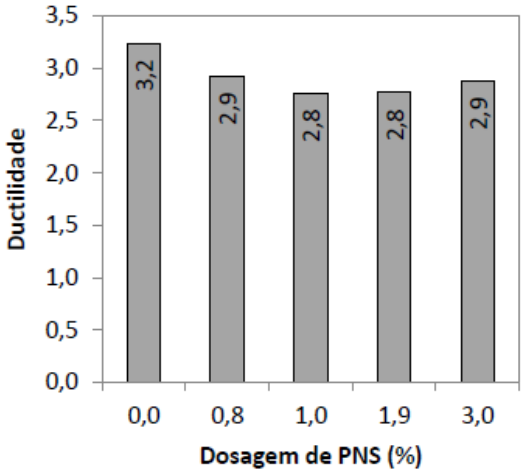


Figura 3 – Rácio entre a resistência à compressão e a resistência à flexão das argamassas

Igualmente relevantes para argamassas de substituição e/ou reparação são a sua porosidade e capacidade de absorção de água. A Figura 4 apresenta os valores de porosidade obtidos, podendo observar-se uma diminuição

progressiva da porosidade (até 9%) com o aumento da dosagem de PNS, sendo esta mais notória para dosagens superiores a 1% de PNS.

Também a capacidade de absorção de água por capilaridade foi reduzida com a introdução do superplastificante, Figura 5, verificando-se a diminuição gradual da taxa inicial de absorção de água (declive inicial da recta – coeficiente de absorção de água por capilaridade) e da quantidade total de água absorvida (valor assintótico) com o aumento da dosagem. Estes resultados decorrem do facto de a introdução de PNS originar uma redução da porosidade, essencialmente decorrente da diminuição dos poros capilares devido a uma menor relação a/l, pelo que o espaço passível de ser ocupado pela água diminui e assim o valor assintótico. Ao mesmo tempo, os poros existentes nas argamassas com PNS são tendencialmente mais pequenos originando uma diminuição do coeficiente de absorção de água por capilaridade. De notar que a redução, quer da quantidade de água absorvida, quer do coeficiente de capilaridade, é mais acentuada para percentagens de PNS superiores a 1%. Nestas últimas é ainda possível distinguir que a velocidade de absorção de água nos instantes iniciais (até 1h) é mais rápida (troço linear de maior declive) abrandando em seguida (troço linear de menor declive) até a água atingir o topo dos provetes. Esta diferença nas curvas de absorção de água das argamassas com maiores dosagens de PNS terá como origem a acção que este superplastificante exerce na estrutura porosa, nomeadamente a diminuição do tamanho dos poros.

A relação a/l utilizada nas argamassas mostrou-se determinante para as suas características, como pode ser observado na Figura 6. A uma diminuição da relação a/l com o aumento da dosagem de PNS, correspondeu uma diminuição da quantidade de poros capilares e, com isto, da porosidade e da absorção de água. Por sua vez, a um menor espaço poroso e com poros tendencialmente menores correspondeu uma maior resistência mecânica.

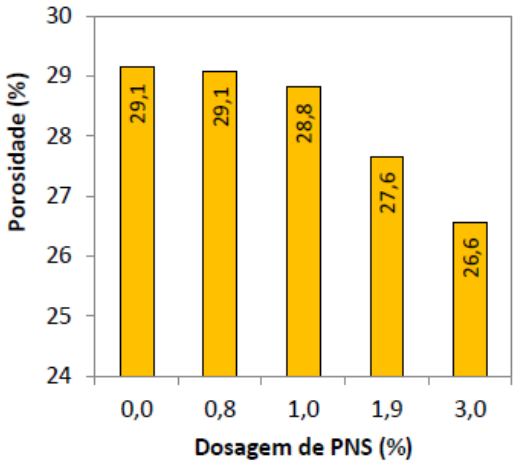


Figura 4 – Porosidade das argamassas aos 180 dias de idade

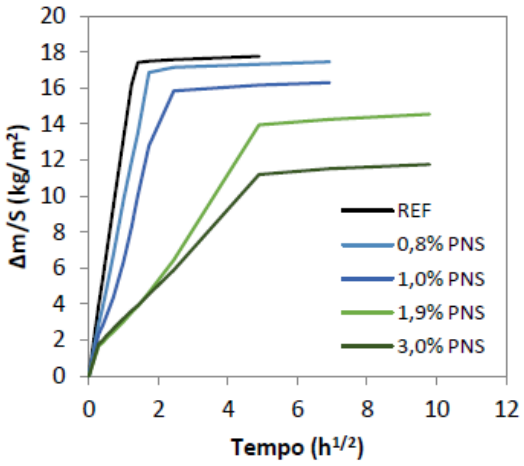


Figura 5 – Curvas de absorção de água por capilaridade das argamassas aos 180 dias de idade

A Figura 7 faz uma comparação destes resultados com os obtidos por Silva *et al.* (2019) em argamassas com igual traço, formuladas com o mesmo agregado e iguais dosagens de PNS, mas produzidas com maiores relações a/l, com o objectivo de obter um espalhamento de 260 ± 5 mm, em vez de 160 ± 5 mm. Verifica-se que maiores relações a/l originam uma menor resistência à compressão e uma maior porosidade, sendo estas diferenças atenuadas com o incremento da dosagem de PNS. De facto, para a máxima dosagem (3% PNS), o valor da resistência à compressão e da porosidade das argamassas com diferentes relações a/l revelaram ser muito semelhantes (Figura 7).

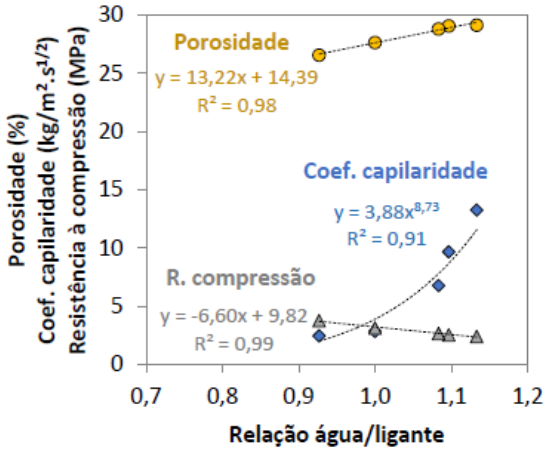


Figura 6 – Relação entre a quantidade de água de amassadura (relação a/l) e a porosidade, o coeficiente de capilaridade ou a resistência à compressão

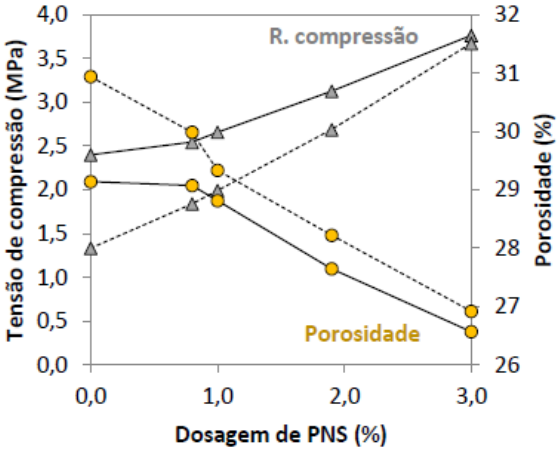


Figura 7 – Comparação entre os valores de resistência à compressão e porosidade obtidos neste trabalho (linha cheia, espalhamento de 160 ± 5 mm), com os obtidos em Silva *et al.* (2019) (linha tracejada, espalhamento de 260 ± 5 mm)

3.2. Susceptibilidade à degradação por acção de ciclos gelo-degelo

A acção de ciclos gelo-degelo e da cristalização de sais solúveis constituem dois dos fenómenos mais importantes de degradação de argamassas nas construções. Ainda que em Portugal a degradação por gelo-degelo tenha uma expressão limitada, este ensaio é bastante informativo e mais expedito do que os ensaios de degradação por acção da cristalização de sais solúveis. Muito embora os mecanismos de degradação resultantes da formação de gelo e da cristalização de sais solúveis sejam diferentes, possuem em comum o facto de o seu potencial de desenvolvimento de danos envolver em ambos os casos as tensões induzidas pelos processos de cristalização do gelo e dos sais, respectivamente. Nesse sentido, avaliou-se a susceptibilidade à degradação da argamassa de referência e da argamassa com a máxima dosagem de PNS (3%), sujeitando os provetes a ciclos gelo-degelo.

A Figura 8 apresenta a evolução da variação de massa de ambas as argamassas ao longo do ensaio de gelo-degelo, permitindo verificar que a argamassa de referência (REF) apenas suportou 4 ciclos gelo-degelo. Esta argamassa registou um aumento de massa até ao 2.º ciclo apesar de ter sido observado algum destacamento de material, que ocorreu de forma mais notória ao longo das arestas. Após 2 ciclos, começaram a surgir fissuras longitudinais, que evoluíram para destacamento de camadas superficiais de argamassa nos ciclos seguintes (Figura 9), e para a redução progressiva da massa dos provetes até ao final do ensaio (Figura 8). Note-se que, muito embora os provetes da argamassa de referência tenham registado um processo de destacamento de material contínuo a partir do 2.º ciclo, a sua massa durante todo o ensaio foi sempre superior à inicialmente avaliada, devido ao facto de o desenvolvimento de fissuração promovido pelos ciclos ter aumentado a capacidade de absorção de água destes provetes durante a fase de degelo de cada ciclo. Não obstante, na literatura encontra-se documentada a reduzida durabilidade das argamassas de cal a este mecanismo de degradação (Alvarez *et al.*, 2016; Izaguirre *et al.*, 2010; Nunes e Slížková, 2016).

A argamassa com superplastificante revelou menor susceptibilidade à degradação face à manifestada pela argamassa de referência, resistindo a 12 ciclos gelo-degelo (Figura 8). Ao longo do ensaio, e após um pequeno aumento inicial de massa que ocorreu até ao 2.º ciclo, os provetes de argamassa com superplastificante foram perdendo massa de forma progressiva devido à perda de material em resultado de pulverulência (Figura 10), e não devido ao destacamento de material após fissuração como registado na argamassa de referência (Figura 9), ou seja, a degradação foi mais gradual.

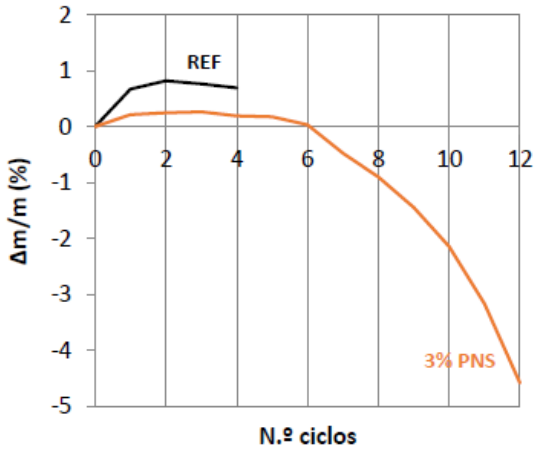


Figura 8 – Valor médio da variação da massa dos provetes de argamassa de referência (REF) e com PNS (3% PNS) ao longo do ensaio de gelo-degelo



Figura 9 – Aspecto dos provetes de argamassa de referência após 4 ciclos gelo-degelo (esquerda) e pormenor de um destes provetes (direita)

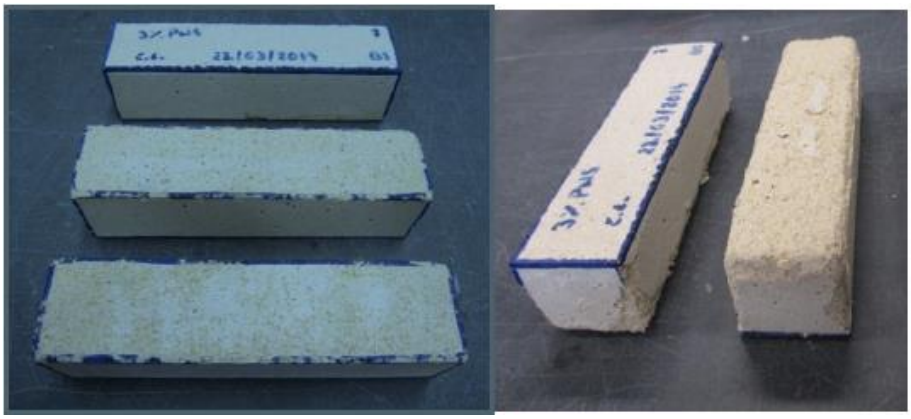


Figura 10 – Aspecto dos provetes de argamassa com 3% PNS após 4 ciclos (esquerda) e após 12 ciclos gelo-degelo (direita)

A diferente susceptibilidade à degradação das argamassas estudadas resulta das alterações promovidas pelo superplastificante nas características físicas e mecânicas da argamassa de referência. O PNS promoveu não só uma redução de porosidade, como a alteração das características do espaço poroso, Figuras 11 e 12, as quais foram acompanhadas de um incremento da resistência mecânica.

O PNS promoveu a redução da dimensão média dos poros (Figura 11) e da proporção de poros capilares (Figura 12) no espaço

poroso. Por sua vez, estas alterações reduziram a capacidade de absorção de água na fase de degelo de cada ciclo e o coeficiente de saturação (Figura 12), criando assim condições para reduzir a quantidade de água no interior das argamassas, e deste modo, a sua susceptibilidade à degradação por acção de ciclos gelo-degelo. Adicionalmente, a maior resistência mecânica da argamassa com PNS criou maior oposição ao desenvolvimento de fissuração em resultado das tensões de cristalização induzidas no interior dos poros quando a água congela, contribuindo assim para um menor nível de degradação.

A nível morfológico estas alterações não se revelaram muito evidentes na estrutura porosa das argamassas, no sentido em que não foi notória a diminuição do espaço poroso nem da dimensão dos poros nas imagens MEV obtidas de secções dos respectivos provetes (Figura 13). Isto aponta para que o PNS contribua para reduzir a susceptibilidade à degradação das argamassas de cal face a fenómenos que envolvam a absorção de água e a cristalização, através da modificação moderada das suas características (resistência e estrutura porosa), e não excessiva como no caso do cimento, potencialmente evitando problemas de compatibilidade com os materiais antigos.

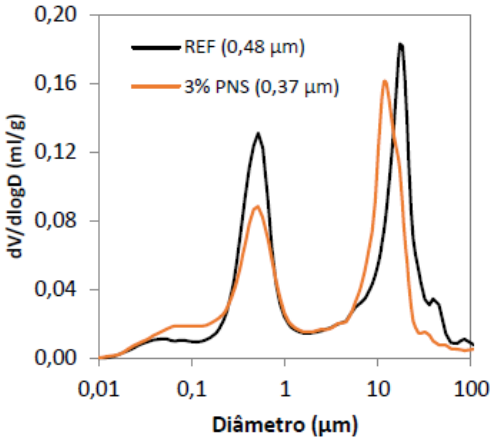


Figura 11 – Distribuição do tamanho dos poros das argamassas de referência (REF) e com 3% PNS obtida por porosimetria de mercúrio e dimensão média dos poros (entre parêntesis)

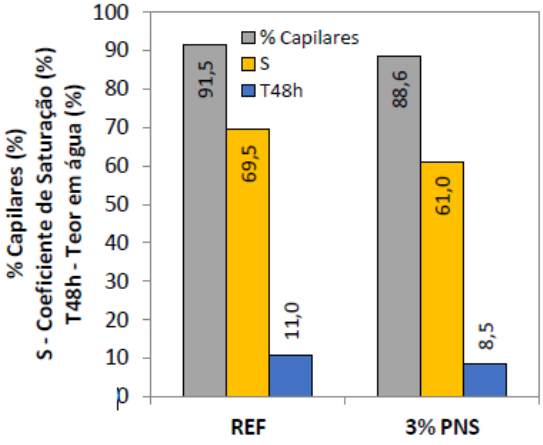
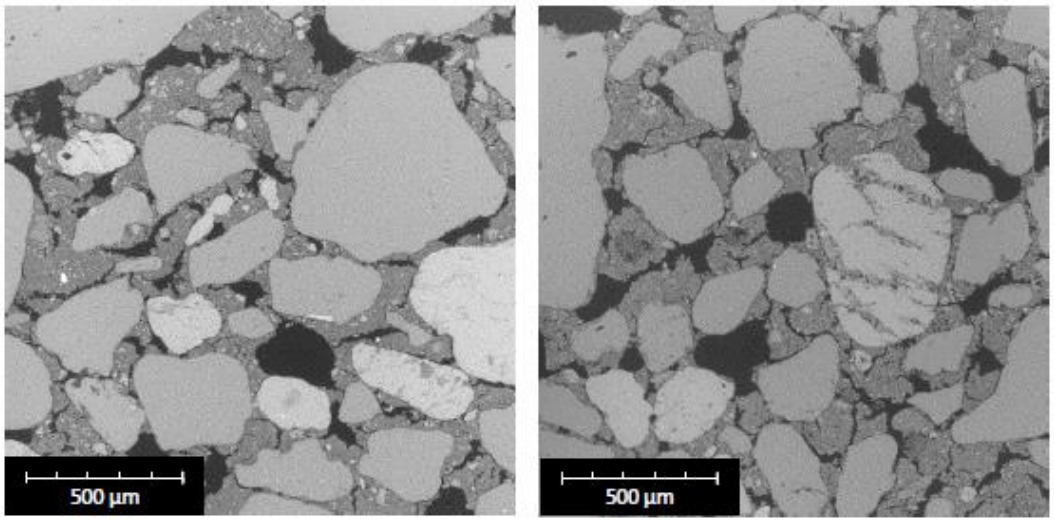


Figura 12 – Valor da percentagem de poros capilares (% Capilares), do coeficiente de saturação (S) e do teor em água após 48h em imersão (T48h) das argamassas de referência (REF) e com 3% PNS



(a) (b)

Figura 13 – Imagens MEV da estrutura porosa da (a) argamassa de referência e da (b) argamassa com maior dosagem de PNS

O comportamento melhorado das argamassas com PNS face a este mecanismo de degradação foi também reportado por Alvarez *et al.* (2016), muito embora o incremento do desempenho da argamassa com PNS não tenha sido tão significativo face ao obtido no presente estudo, devido ao facto de as argamassas com

superplastificante por eles estudadas terem sido formuladas com maior quantidade de água. Este facto originou uma menor resistência mecânica e um valor mais elevado de porosidade (poros capilares) nas argamassas estudada por Alvarez *et al.* (2016) do que as estudadas no presente trabalho.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho visou estudar a influência de um forte redutor de água, ou superplastificante, baseado em sulfonatos polinaftalenos (PNS), nas propriedades físicas e mecânicas de argamassas de cal aérea e na sua susceptibilidade à degradação por gelo-degelo por forma a avaliar o potencial desta substância para a formulação de argamassas de cal área para intervenções de conservação ou reabilitação.

Verificou-se que o PNS origina um incremento significativo da resistência à flexão e à compressão das argamassas aos 180 dias de idade, sem contudo comprometer a sua ductilidade. Com o aumento da dosagem de PNS, verificou-se uma diminuição da porosidade à custa de uma redução da quantidade de poros capilares (decorrente de uma menor relação água/ligante), bem como da capacidade de absorção de água por capilaridade. Quanto a esta última verificou-se não só uma diminuição da quantidade total de água absorvida (valor assimptótico) como da sua velocidade de absorção.

A argamassa com a máxima dosagem de PNS apresentou uma susceptibilidade à degradação muito inferior à da argamassa de referência, resistindo a 12 ciclos ao invés de 4 e mostrando ao longo do ensaio uma degradação mais gradual. A maior resistência mecânica, menor proporção de poros capilares, menor dimensão dos poros e menor capacidade de absorção de água da argamassa com PNS contribuíram para a melhoria da durabilidade a este fenómeno de degradação.

Com base nos resultados obtidos, pode concluir-se que o PNS revelou potencial de utilização na formulação de argamassas de cal, pois promoveu incremento da resistência mecânica, sem contudo atingir os valores típicos de resistência de uma argamassa de cimento (≈20 MPa), originou uma estrutura porosa semelhante à de uma argamassa de cal aérea, se bem que menos porosa e absorvente, e reduziu a susceptibilidade à degradação face ao acção de gelo-degelo simulada.

REFERÊNCIAS

AÏTCIN P., FLATT R. J., 2015 – **Science and technology of concrete admixtures**. Cambridge, Reino Unido: Woodhead Publishing. 1.ª edição.

ALVAREZ, J.I.; PÉREZ-NICOLÁS, M.; NAVARRO, I. *et al*., 2016 – **Aditivos y adiciones para la mejora de morteros de cal**. V Jornadas FICAL, Forum Ibérico da Cal, Lisboa, Portugal.

EN 1015-11:1999 – **Methods of test for mortar for masonry. Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar**. Brussels: CEN.

EN 1015-3:1999 – **Methods of test for mortar for masonry. Determination of consistency of fresh mortar by flow table**. Brussels: CEN.

EN 13139:2002 – **Aggregates for mortar**. Brussels: CEN.

EN 196-1:2005– **Methods of testing cement. Determination of strength**. Brussels: CEN.

EN 459-1:2010– **Building lime. Part 1: Definitions, specifications and conformity criteria**. Brussels: CEN.

FANG, Q.; ZHANG, H.; ZHANG, B.J.; ZHENG, Y., 2014 – **The identification of organic additives in traditional lime mortar**. *Journal of Cultural Heritage*. 15(2), pp. 144-150.

IZAGUIRRE, A.; LANAS, J.; Alvarez, J.I., 2010 – **Ageing of lime mortars with admixtures: durability and strength assessment**. *Cement and Concrete Research*. 40(7), pp. 1081-1095.

MALINOWSKI, R., 1979 – **Concretes and mortars in ancient aqueducts**. *Concrete International*. pp. 66-76.

MOROPOULOU, A; BAKOLAS, A.; MOUNDOULAS, P. *et al.,* 2005 – **Strength development and lime reaction in mortars for repairing historic masonries**. *Cement and Concrete Research*. 27, pp. 289-294.

NEWMAN, J.; CHOO B. S., 2003 – **Advanced concrete technology 1: constituent materials**. Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann. 1.ª edição.

NUNES, C.; SLÍŽKOVÁ, Z., 2016 – **Freezing and thawing resistance of aerial lime mortar with metakaolin and a traditional water-repellent admixture**. *Construction and Building Materials*. 114, pp. 896-905.

PÉREZ-NICOLÁS, M.; DURAN, A; NAVARRO-BLASCO, I. et al., 2016 – **Study on the effectiveness of PNS and LS superplasticizers in air lime-based mortars**. *Cement and Concrete Research*. 82, pp. 11-22.

RAMPAZZI, L.; COLOMBINI, M.P.; CONTI, C. et al., 2016 – **Technology of medieval mortars: An investigation into the use of organic additives**. *Archaeometry*. 58(1), pp. 115-130.

RILEM Test No. I.1, 1980 – **Porosity accessible to water. Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods**. *Matériaux et Construction*. 13 (75), pp. 177-179.

RILEM Test No. II.6, 1980 – **Water absorption coefficient (Capillarity). Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods**. *Matériaux et Construction*. 13 (75), pp. 209-210.

SICKELS, L.B., 1981 – **Organic additives in mortars**. *Edinburgh Architecture Research.* 8, pp. 7-20.

SILVA, B. A.; FERREIRA PINTO A. P; GOMES, A., 2014 – **Influence of natural hydraulic lime content on the properties of aerial lime-based mortars**. *Construction and Building Materials*. 72, pp. 208-218.

SILVA, B.; FERREIRA PINTO A. P; GOMES, A.; CANDEIAS, A., 2019 – **Fresh and hardened state behaviour of aerial lime mortars with superplasticizer**. *Construction and Building Materials*. 225, pp. 1127-1139.

INFLUÊNCIA DO TIPO DE SUPERPLASTIFICANTE NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE CAL AÉREA

INFLUENCE OF SUPERPLASTICIZER TYPE ON THE PROPERTIES OF AIR LIME MORTARS

Bruna Silva [(1)], Ana Paula Ferreira Pinto [(2)], Augusto Gomes [(3)], António Candeias [(4)]

(1) CEris, DECivil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, bruna.silva@ist.utl.pt
(2) CEris, DECivil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, anapinto@civil.ist.utl.pt
(3) CEris, DECivil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, augusto@civil.ist.utl.pt
(4) Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Portugal, candeias@uevora.pt

RESUMO

Actualmente, as argamassas pré-doseadas constituem-se como uma solução cada vez mais utilizada em obra, mesmo em intervenções de conservação, tendo surgido no mercado inúmeros produtos comerciais para esse efeito. Para além da sua preparação e aplicação serem mais fáceis, estas são formuladas com o objectivo de optimizar as propriedades finais da argamassa. Para tal, estes produtos apresentam na sua composição uma multitude de constituintes, nos quais se incluem com frequência diversas adições e adjuvantes, que permitem a obtenção de argamassas com características muito distintas entre si e nem sempre compatíveis com as especificidades dos materiais antigos.

Para auxiliar a formulação de argamassas destinadas a edifícios antigos por recurso a adjuvantes, o conhecimento sobre a contribuição destes materiais para o comportamento geral da argamassa é de crucial importância. Neste sentido, pretende-se com este trabalho estudar o efeito de dois adjuvantes redutores de água, nas propriedades aos 14 e aos 28 dias de argamassas de cal aérea. Para tal, foram selecionados dois superplastificantes: um baseado em sulfonatos polinaftalenos (PNS) e outro em policarboxilatos (PCE). Embora a acção deste tipo de adjuvantes seja já bem conhecida em materiais de base cimentícia, em materiais à base de cal é ainda incipiente.

Os resultados obtidos mostram que, apesar do seu menor efeito de redução de água, o PNS foi mais eficaz e originou um maior impacto nas características das argamassas de cal aérea do que o PCE, promovendo um aumento significativo da resistência mecânica, uma ligeira diminuição da porosidade e uma redução moderada da absorção de água por capilaridade. Estas tendências foram menos acentuadas no caso do PCE devido à sua acção de introdução de ar. Contudo, ambos os superplastificantes originaram um desenvolvimento mais lento da presa e atrasaram a carbonatação das argamassas. Não obstante, ambos os produtos apresentam potencial para utilização em argamassas para edifícios antigos.

Palavras-chave: Cal aérea / Argamassa / Adjuvante / Superplastificante / Reabilitação

1. INTRODUÇÃO

Actualmente, as argamassas pré-doseadas constituem-se como uma solução cada vez mais utilizada em obra, mesmo em intervenções de conservação, tendo surgido no mercado inúmeros produtos comerciais para esse efeito. Para além da sua preparação e aplicação serem mais fáceis, estas são formuladas com o objectivo de optimizar as propriedades finais da argamassa. Para tal, estes produtos apresentam na sua composição uma multitude de constituintes, nos quais se incluem com frequência diversas adições e adjuvantes, que permitem a obtenção de argamassas com características muito distintas entre si e nem sempre compatíveis com as especificidades dos materiais antigos (Pereira *et al*., 2016; Tedeschi *et al.,* 2010).

Para auxiliar a formulação de argamassas destinadas a edifícios antigos por recurso a adjuvantes, o conhecimento sobre a contribuição destes materiais para o comportamento geral da argamassa é de crucial importância. No entanto, e apesar de este conhecimento se encontrar já bem desenvolvido para materiais de base cimentícia, pouco se sabe sobre a influência deste tipo de substâncias em argamassas à base de cal.

De entre os adjuvantes existentes, os redutores de água são talvez os que apresentam maior potencial de aplicação em argamassas de cal. Este tipo de adjuvante permite aumentar a fluidez, caso se fixe a relação água/ligante, ou diminuir a quantidade de água de amassadura, caso se fixe a consistência da argamassa. O seu efeito redutor de água pode ser responsável por um aumento da resistência mecânica e por uma diminuição do tempo de presa, efeitos importantes no caso de argamassas de cal aérea dadas as suas reduzidas resistências mecânicas iniciais e longos tempos de presa e endurecimento. Para além disso, podem diminuir a porosidade e a absorção de água por capilaridade (de forma moderada) o que pode ser vantajoso para minorar a entrada de água nas estruturas e, com isto, fenómenos de degradação relacionados com a sua presença (gelo/degelo, sais solúveis, destacamentos) (Fernández *et al.,* 2013; Ferreira Pinto *et al.,* 2017; Pérez-Nicolás *et al*., 2016; Silva *et al.,* 2019).

Os adjuvantes redutores de água são baseados em surfactantes aniónicos que são adsorvidos na superfície das partículas de ligante conferindo-lhes carga negativa. Isto origina repulsão entre as partículas (repulsão electroestática) e o seu afastamento, possibilitando uma maior quantidade de água disponível de amassadura para fluidificar a mistura. Entre as substâncias mais usadas como redutores de água encontram-se as baseadas em linhossulfonatos (LS), sulfonatos polinaftalenos (PNS), sulfonatos polimelaminas (PMS) e policarboxilatos (PCE). Os policarboxilatos têm como vantagem serem mais eficientes, uma vez que são constituídos por moléculas com longas cadeias laterais que evitam a aproximação entre partículas de ligante (repulsão estérica), sendo esse o mecanismo de acção dominante, e não a repulsão electrostática como no caso das outras substâncias (Aïtcin e Flatt, 2015).

De acordo com o seu poder de redução de água os adjuvantes redutores de água podem ser classificados como redutores de água normais (ou plastificantes) se permitem uma redução de água até cerca de 12% ou como fortes redutores de água (ou superplastificantes) se permitem uma redução de água maior (Aïtcin e Flatt, 2015; Newman e Choo, 2003). De acordo com a literatura existente, os superplastificantes serão mais interessantes para argamassas de cal uma vez que têm um efeito mais significativo na resistência mecânica do que os plastificantes (Ferreira Pinto *et al*., 2017).

Neste sentido, pretende-se com este trabalho estudar o efeito de dois tipos de superplastificante, um baseado em sulfonatos polinaftalenos (PNS) e outro em policarboxilatos (PCE), nas propriedades aos 14 e aos 28 dias de idade de argamassas de cal aérea.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

As argamassas estudadas foram produzidas tendo por base cal aérea hidratada em pó, do tipo CL80-S (EN 459-1:2010) e um agregado fino silicioso com a dimensão máxima de 2 mm (EN 13139:2002). Como adjuvantes, foram utilizados dois fortes redutores de água (superplastificantes): um baseado em policarboxilatos (PCE) e outro baseado em sulfonatos polinaftalenos (PNS). As dosagens utilizadas foram selecionadas de acordo com a gama apresentada nas fichas técnicas dos produtos, tendo-se utilizado a dosagem mínima, máxima e intermédia. Assim, para o PCE foram utilizadas as dosagens 0,3%, 0,65% e 1% e do PNS 0,8%, 1,9% e 3% em relação ao peso do ligante. Como para este ultimo produto a ficha técnica elegia ainda uma dosagem recomendada (1%), esta foi também incluída nas dosagens de PNS utilizadas. O superplastificante foi adicionado no início, à água de amassadura, como recomendado.

Todas as argamassas foram produzidas com um traço 1:2 (ligante:agregado) em volume.

Foi produzida uma argamassa de cal aérea de referência, isto é, sem adjuvantes, com um espalhamento de 160 ± 5 mm (de acordo com o ensaio da mesa de espalhamento, EN 1015-3:1999), ao qual correspondeu uma relação água/ligante de 1,13.

Numa primeira fase avaliou-se o efeito dos superplastificantes no espalhamento da argamassa de referência, tendo para isso mantido a relação água/ligante igual à da argamassa de referência (1,08). Posteriormente, foi avaliado o poder de redução de água dos adjuvantes, tendo-se mantido o espalhamento das argamassas em 160 ± 5 mm e fazendo-se variar a relação água/ligante. Estas últimas formulações foram depois alvo de caracterização no estado fresco e endurecido.

O procedimento de mistura e de moldagem de provetes prismáticos (160 x 40 x 40 mm) foi baseado nas disposições da EN 196-1:2005. Os provetes foram depois sujeitos a cura seca (60 ± 10%RH e 20 ± 5 ^{0}C) numa sala condicionada, tendo sido desmoldados aos 7 dias.

2.2. Métodos

No estado fresco as argamassas foram sujeitas a ensaios de determinação da consistência por espalhamento (EN 1015-3:1999), massa volúmica (EN 1015-6:1999) e teor de ar (EN 1015-7:1998). Nestes ensaios foram efectuadas duas determinações por formulação de argamassa, correspondendo os resultados apresentados à média dos valores obtidos.

Foi ainda avaliada a influência do tipo de superplastificante na evolução do processo de presa através do ensaio de Vicat. Para isso, foram produzidas as pastas correspondentes às argamassas estudadas as quais foram colocadas num molde tronco-cónico com 40 mm de altura. A penetração da agulha de Vicat nessas pastas foi avaliada ao longo do tempo até a agulha não penetrar mais.

No estado endurecido, a influência do tipo de superplastificante foi avaliada através da resistência à flexão e à compressão (EN 1015-11:1999) e profundidade de carbonatação (indicador de fenolftaleína) aos 14 e aos 28 dias de idade em 3 provetes de cada formulação de argamassa. A porosidade (RILEM I.1) e absorção de água por capilaridade (RILEM II.6) foram determinadas aos 28 dias de idade em 3 meios provetes, por formulação de argamassa, resultantes do ensaio de flexão.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1. Influência do tipo de superplastificante nas características no estado fresco

Numa primeira fase, os superplastificantes (SPs) foram adicionados à argamassa de cal aérea de referência com o objectivo de avaliar o seu efeito na consistência das argamassas, mantendo-se fixa a relação água/ligante. Os resultados, apresentados na Figura 1, mostram que estes produtos tiveram um efeito fluidificante, originando um aumento quase linear dos valores de espalhamento com o aumento da dosagem. Comparando o efeito dos dois tipos de adjuvante, pode observar-se que para a mesma dosagem (1%) o produto baseado em PCE deu origem a um espalhamento significativamente maior (215 mm) do que o produto baseado em PNS (173 mm), ou seja, foi mais eficiente. Contudo, para a máxima dosagem recomendada pelo fabricante (1% PCE e 3% PNS), foi o PNS que originou o maior valor de espalhamento (233 mm ao invés de 215 mm).

Posteriormente, o efeito de redução de água dos superplastificantes foi avaliado ajustando-se a relação água/ligante da argamassa de cal aérea de forma a obter-se um espalhamento fixo de 160 ± 5 mm, e cujos resultados se encontram na Figura 2. Como se pode verificar, os superplastificantes conseguiram reduzir significativamente a quantidade de água das argamassas e de forma quase linear com a dosagem. Mais uma vez, o PCE foi mais eficiente que o PNS uma vez que para a mesma dosagem (1%) permitiu uma redução de água de 7% ao invés de 4%. Não obstante, considerando a máxima dosagem, o PNS permitiu uma redução de água de 17%, maior do que a redução de 15% obtida com o PCE.

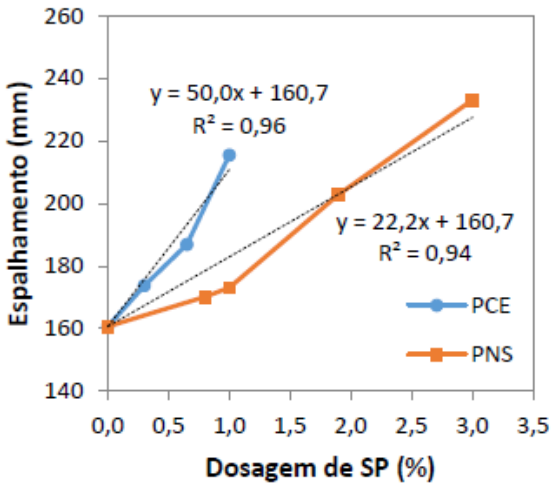


Figura 1 – Espalhamento para a mesma quantidade de água (relação a/l = 1.13)

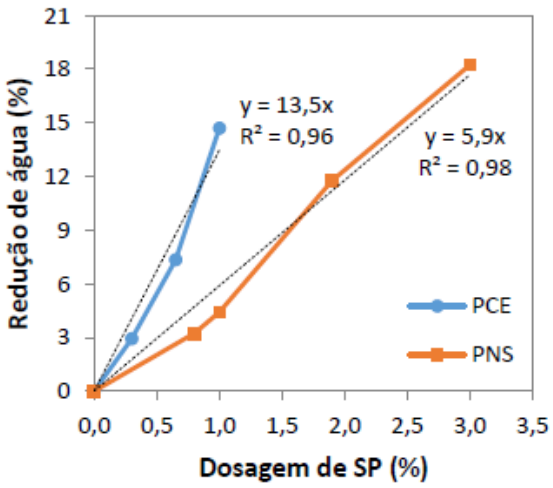


Figura 2 – Capacidade de redução de água para o mesmo espalhamento (160 ± 5 mm)

Estas últimas formulações foram as utilizadas para avaliar a influência do tipo de superplastificante nas propriedades no estado fresco e endurecido. A sua composição encontra-se resumida na Tabela 1. Assim, foi avaliada a massa volúmica e o teor de ar destas formulações no estado fresco, cujos resultados são apresentados nas Figuras 3 e 4, respectivamente. Como pode ser observado nestas figuras, a adição dos dois tipos de superplastificante teve efeitos distintos nas argamassas. Enquanto o PCE originou uma diminuição da massa volúmica com o incremento da dosagem, devido a um aumento do teor de ar, o PNS originou um aumento da massa volúmica uma vez que não introduziu ar nas misturas. Como a quantidade de água diminuiu à medida que a dosagem de superplastificante aumentou (para obter um mesmo espalhamento), a quantidade de elementos sólidos num mesmo volume foi aumentando, dando origem a um incremento de massa volúmica, mais visível no caso das argamassas com PNS por este superplastificante não apresentar um efeito de introdução de ar.

Tabela 1 – Formulações de argamassa estudadas

Argamassa	Dosagem de SP (%)*	Relação a/l
REF	0	1,13
PCE	0,3	1,10
	0,65	1,05
	1,0	0,97
PNS	0,8	1,10
	1,0	1,08
	1,9	1,00
	3,0	0,93

*relativa à massa de ligante

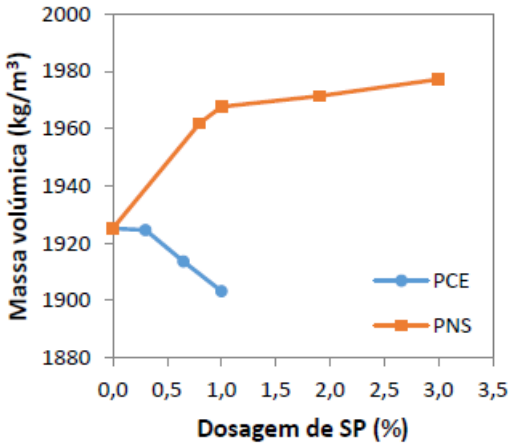


Figura 3 – Massa volúmica no estado fresco das argamassas estudadas

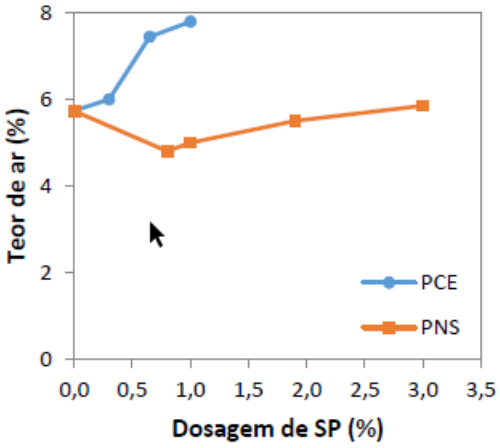


Figura 4 – Teor de ar das argamassas estudadas

A evolução do processo de presa foi avaliada através do ensaio da agulha de Vicat. A Figura 5 mostra a variação da profundidade de penetração da agulha ao longo do tempo, e permite verificar que o PNS promoveu um desenvolvimento de presa mais rápido do que o registado na argamassa de referência. Pelo contrário, o PCE acabou por atrasar o processo de presa, apesar de este se ter iniciado ligeiramente mais cedo do que o da argamassa de referência. Assim, apesar das argamassas com superplastificante conterem menor quantidade de água de amassadura do que a argamassa de referência, a presença dos superplastificantes aparenta prolongar o processo de presa, isto é, após o seu início, decorre mais tempo até deixar de haver penetração da agulha de Vicat.

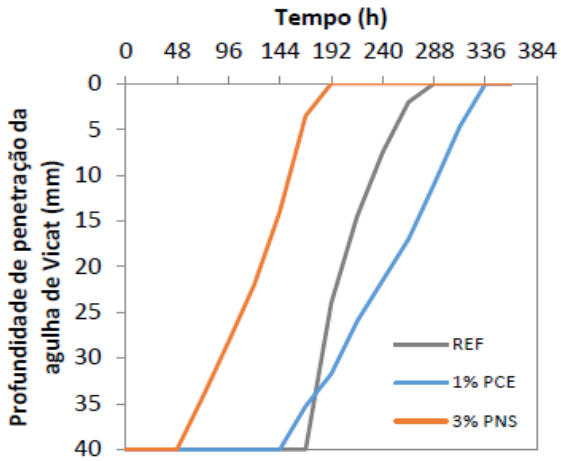


Figura 4 – Evolução do processo de presa avaliada através da profundidade de penetração da agulha de Vicat

3.2. Influência do tipo de superplastificante nas características no estado endurecido

No estado endurecido, foi avaliada a influência do tipo de superplastificante na resistência à flexão e à compressão aos 14 e aos 28 dias de idade das argamassas. Os resultados, apresentados nas Figuras 5 e 6, mostram que são alcançadas resistências mecânicas superiores à da argamassa de referência com o uso de PNS ou de dosagens superiores a 1% de PCE. De facto, para esta dosagem (1%), o PCE dá origem a valores de resistência à flexão ligeiramente superiores aos obtidos com o PNS, mas na resistência à compressão os valores obtidos são muito semelhantes. Já no caso da máxima dosagem, foi o PNS que originou um maior incremento da resistência do que o PCE, nomeadamente 77% na resistência à flexão e 106% na resistência à compressão aos 28 dias quando comparado com a argamassa de referência.

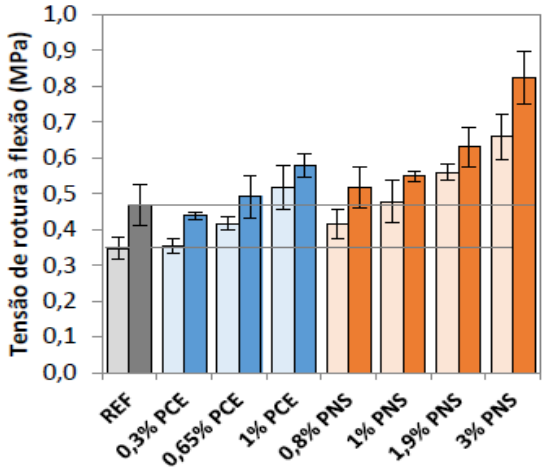


Figura 5 – Tensão de rotura à flexão aos 14 dias (coluna da esquerda) e aos 28 dias (coluna da direita) de idade das argamassas estudadas

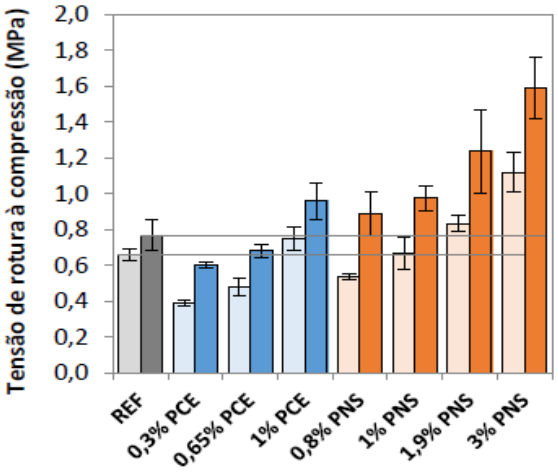


Figura 6 – Tensão de rotura à compressão aos 14 dias (coluna da esquerda) e aos 28 dias (coluna da direita) de idade das argamassas estudadas

Estes resultados são muito promissores no sentido em que a utilização de superplastificantes permite um incremento significativo da resistência mecânica, mesmo em idades jovens, nas argamassas de cal aérea, sem contudo originar valores excessivos (como no caso da adição de cimento).

O desenvolvimento mais lento da presa, promovido pela presença dos superplastificantes (Figura 4), bem como a eventual alteração na estrutura porosa das argamassas, atrasou o desenvolvimento da carbonatação, como ilustrado na Figura 7.

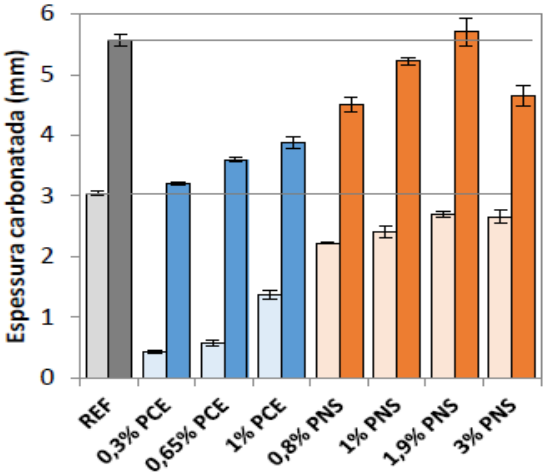


Figura 7 – Espessura carbonatada aos 14 dias (coluna da esquerda) e aos 28 dias (coluna da direita) de idade das argamassas estudadas

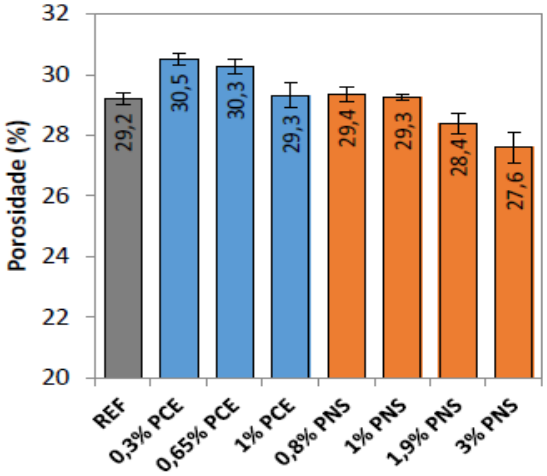


Figura 8 – Porosidade aos 28 dias de idade das argamassas estudadas

Relativamente à porosidade (Figura 8), a presença de PCE originou um pequeno aumento da porosidade nas dosagens mais baixas, o que pode ter que ver com o seu efeito de introdução de ar. Contudo, com o aumento da dosagem de PCE ou PNS a tendência foi para a porosidade diminuir, possivelmente devido à redução da relação água/ligante das argamassas e, deste modo, dos poros capilares. Com a dosagem, esta diminuição sobrepôs-se ao aumento dos poros por introdução de ar promovido pelo PCE. Como o PNS não promoveu introdução de ar, a diminuição da porosidade foi mais expressiva, registando a argamassa com 3% PNS a menor porosidade.

A resistência mecânica de uma argamassa é fortemente pela sua porosidade. Nas argamassas de cal, a porosidade pode ter dois efeitos contraditórios: uma maior porosidade permite, por um lado, um acesso mais fácil do dióxido de carbono ao interior da argamassa, facilitando a carbonatação, mas por outro reduz a resistência mecânica. A Figura 9 apresenta a relação obtida entre a porosidade e a resistência à compressão das argamassas, permitindo verificar que, de facto, as argamassas mais porosas foram as que revelaram menor resistência à compressão.

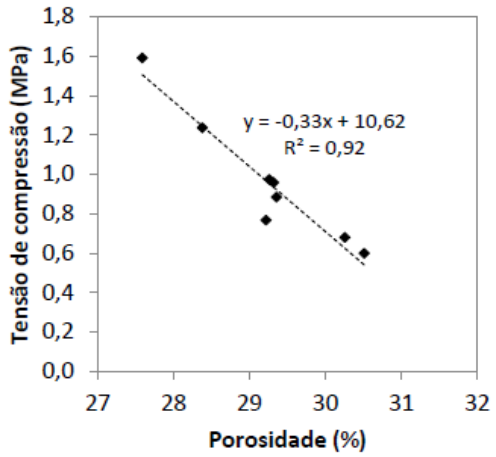


Figura 9 – Relação entre a porosidade aberta e a tensão de compressão aos 28 dias de idade

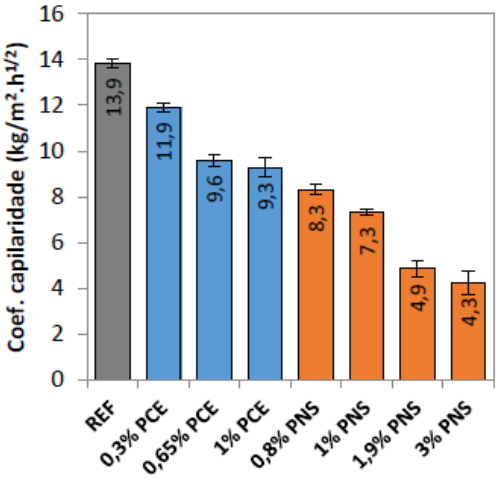


Figura 10 – Coeficiente de capilaridade aos 28 dias de idade das argamassas estudadas

Por último foi ainda avaliada a absorção de água por capilaridade aos 28 dias das argamassas com superplastificante que, como pode ser observado na Figura 10, absorveram água de forma significativamente mais lenta (menores coeficientes de absorção de água por capilaridade) do que a argamassa de referência. A redução do coeficiente de capilaridade das argamassas formuladas com superplastificante foi muito mais significativa do que as variações de porosidade por si só poderiam indiciar, possivelmente devido a alterações no espaço poroso das argamassas. Estas alterações podem estar associadas à redução do volume de poros capilares, mais relevante nas argamassas com PNS, e no aumento do volume de poros resultantes da introdução de ar, que são tendencialmente de grandes dimensões (diâmetros entre os 5 e os 100 µm) (Cultrone *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2020), e que atrasam a absorção de água, especialmente nas argamassas com PCE. Assim, para a mesma dosagem, a argamassa com PNS apresentou um coeficiente de absorção de água bastante mais baixo do que o da argamassa com a mesma dosagem de PCE. Por sua vez, a argamassa com a máxima dosagem de PNS apresentou a absorção de água mais lenta (coeficiente de capilaridade quase 70% menor do que o da argamassa de referência).

4. CONCLUSÕES

Este trabalho pretendeu estudar a influência de dois tipos de superplastificante (PCE e PNS) nas propriedades

das argamassas de cal aérea. Para tal, foram produzidas argamassas com diferentes dosagens de PCE e PNS que foram posteriormente sujeitas a caracterização no estado fresco e endurecido.

No estado fresco, ambos os superplastificantes apresentaram um efeito fluidificante significativo, quando se manteve a relação água/ligante inalterada, e um efeito de redução de água, quando se manteve a consistência da argamassa inalterada. Para a mesma dosagem (1%), o PCE foi mais eficiente, isto é, apresentou um maior efeito fluidificante e um maior efeito de redução de água do que o PNS. No entanto, para a máxima dosagem recomendada pelo fabricante para cada um dos superplastificantes (1% PCE e 3% PNS), o PNS foi mais eficaz.

As argamassas com relação água/ligante ajustada de forma a apresentarem um espalhamento constante foram alvo de caracterização mais detalhada. Assim, verificou-se que o PCE apresentou um efeito de introdução de ar nas argamassas, ao contrário do PNS. A influência destas substâncias na evolução da presa das argamassas foi também avaliada, tendo-se concluído que o PCE atrasou ligeiramente o início da presa enquanto o PNS a acelerou, muito embora ambos tenham sido responsáveis por uma taxa de desenvolvimento da presa mais lenta do que a registada na argamassa de referência.

No que diz respeito às características no estado endurecido, a resistência mecânica aumentou significativamente com o aumento da dosagem de superplastificante. Neste caso, o PNS foi mais eficiente e originou um incremento da resistência em todas as dosagens, mesmo aos 14 dias, face à argamassa de referência. Já para o PCE, o mesmo só aconteceu quando 1% foi adicionado. Não obstante, as argamassas com superplastificante apresentaram um desenvolvimento mais lento da carbonatação face à argamassa de referência. A porosidade mostrou tendência para diminuir com o aumento da dosagem de superplastificante, devido à diminuição dos poros capilares (menor relação água/ligante), sendo esta sempre superior no caso das argamassas com PCE em virtude do efeito de introdução de ar deste adjuvante. Também o coeficiente de capilaridade apresentou tendência para diminuir significativamente com o aumento da dosagem de superplastificante, especialmente no caso das argamassas com PNS.

Com base nos resultados, pode dizer-se que os superplastificantes estudados apresentam potencial de utilização em argamassas de cal aérea para reabilitação uma vez que permitem aumentar a resistência mecânica inicial das argamassas, diminuir ligeiramente a porosidade e reduzir a absorção de água por capilaridade. Como estas alterações são moderadas, as argamassas revelam potencial de apresentar reduzido risco de incompatibilidade com os materiais pré-existentes. Deste modo, julga-se importante estudar a influência deste tipo de adjuvantes noutras características das argamassas de cal aérea, tais como na porometria, cinética de secagem, permeabilidade ao vapor e susceptibilidade à degradação por gelo/degelo ou sais solúveis, para uma avaliação mais completa da sua adequabilidade para argamassas destinadas a edifícios antigos.

REFERÊNCIAS

AÏTCIN P., FLATT R. J., 2015 – **Science and technology of concrete admixtures**. Cambridge, Reino Unido: Woodhead Publishing. 1.ª edição.

CULTRONE, G.; SEBASTIAN, E.; HUERTAS, M. O., 2005 – **Forced and natural carbonation of lime-based mortars with and without additives: Mineralogical and textural changes**. *Cement and Concrete Research*. 35(12), pp. 2278-2289.

EN 1015-11:1999 – **Methods of test for mortar for masonry. Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar**. Brussels: CEN.

EN 1015-3:1999 – **Methods of test for mortar for masonry. Determination of consistency of fresh mortar by flow table**. Brussels: CEN.

EN 1015-4:1999 – **Methods of test for mortar for masonry. Determination of consistence of fresh mortar (by plunger penetration**). Brussels: CEN.

EN 1015-6:1999 – **Methods of test for mortar for masonry. Determination of bulk density of fresh mortar**. Brussels: CEN.

EN 1015-7:1998 – **Methods of test for mortar for masonry. Determination of air content of fresh mortar**. Brussels: CEN.

EN 13139:2002 – **Aggregates for mortar**. Brussels: CEN.

EN 196-1:2005– **Methods of testing cement. Determination of strength**. Brussels: CEN.

EN 459-1:2010 – **Building lime. Part 1: definitions, specifications and conformity criteria**. Brussels: CEN.

FERNÁNDEZ, J. M.; DURAN, A.; NAVARRO-BLASCO, *et al.,* 2013 – **Influence of nanosilica and a polycarboxylate ether superplasticizer on the performance of lime mortars**. *Cement and Concrete Research*. 43, pp. 12-24.

FERREIRA PINTO A. P; GOMES, A.; SILVA, B. A.; CANDEIAS, A., 2017 – **Influence of water reducers on the early age properties of aerial lime mortars**. 3rd International Conference on Protection of Historical Constructions (PROHITECH), Lisboa, Portugal.

NEWMAN, J.; CHOO B. S., 2003 – **Advanced concrete technology 1: constituent Materials**. Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann. 1.ª edição.

PEREIRA, V.; VIEIRA, N.; SILVA, L, 2016 – **A utilização da cal no desenvolvimento de soluções de argamassas industriai adaptadas ao contexto da reabilitação**. *V Jornadas FICAL – Forum Ibérico da Cal*. Lisboa, Portugal, pp. 451-460.

PÉREZ-NICOLÁS, M.; DURAN, A; NAVARRO-BLASCO, I. *et al.,* 2016 – **Study on the effectiveness of PNS and LS superplasticizers in air lime-based mortars**. *Cement and Concrete Research*. 82, pp. 11-22.

RILEM Test No. I.1, 1980 – **Porosity accessible to water. Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods**. *Matériaux et Construction*. 13(75), pp. 177-179.

RILEM Test No. II.6, 1980 – **Water absorption coefficient (Capillarity). Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods**. *Matériaux et Construction*. 13(75), pp. 209-210.

SILVA, B. A.; FERREIRA PINTO A. P; GOMES, A.; CANDEIAS, A., 2020 – **Suitability of different surfactants as air-entraining admixtures for lime mortars**. *Construction and Building Materials*. (in press).

SILVA, B.; FERREIRA PINTO A. P; GOMES, A.; CANDEIAS, A., 2019 – **Fresh and hardened state behaviour of aerial lime mortars with superplasticizer**. *Construction and Building Materials*. 225, pp. 1127-1139.

TEDESCHI, C.; BINDA, L.; GULOTTA, D.; TONIOLO, L., 2010 – **Durability to salt decay of commercial ready-mixed mortars for the conservation of cultural heritage**. *2nd Conference on Historic Mortars (HMC2010*). Praga, República Checa, pp. 1015-1022.

PROJETO E OBRA DE REABILITAÇÃO DO MOINHO HIDRÁULICO DE SÃO MARÇAL, ESMERIZ - VILA NOVA DE FAMALICÃO

PROJECT AND REHABILITATION OF THE SÃO MARÇAL WATER MILL, ESMERIZ - VILA NOVA DE FAMALICÃO




R. Bruno Matos [(1)], Aníbal Costa [(2)]

(1) Grupo PACT – Património da Arquitetura da Cidade e do Território do Centro de Estudos de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, Portugal, rmatos@arq.up.pt
(2) Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, RISCO, Portugal, agc@ua.pt

RESUMO

Neste artigo apresentamos a metodologia de intervenção, que incluiu projeto e obra, para a reabilitação do Moinho de São Marçal localizado na margem esquerda do rio Pelhe, na freguesia de Esmeriz, no município de Vila Nova de Famalicão.[1]

Começamos por realizar um *enquadramento histórico* sobre a importância dos moinhos hidráulicos na região. Abordaremos a problemática sobre a origem dos moinhos em Portugal e apresentaremos dados documentais sobre a existência de moinhos hidráulicos no Vale do Ave, nomeadamente no rio Pelhe.

Posteriormente transmitiremos as diversas fases metodológicas do projeto de intervenção onde destacamos o *levantamento arquitetónico e molinológico do existente*, o *diagnóstico das anomalias construtivas*, a *proposta de intervenção arquitetónica e estrutural*, e por último a *reconstrução da roda hidráulica vertical*.

Na *proposta de intervenção arquitetónica e estrutural* enumerámos quatro passos fundamentais para a elaboração do projeto: 1 – *A definição do programa de uso*; 2 – *A adaptação do uso ao existente*; 3 – *A estratégia de intervenção estrutural*; e, 4 – *A escolha dos materiais a utilizar*.

Por último, na sequencia da experiência adquirida com a obra de construção da roda hidráulica vertical abordaremos algumas problemáticas relacionadas com o desaparecimento do conhecimento dos processos tradicionais de construção de uma roda de azenha.

Palavras-chave: Molinologia / Património / Moinho / Azenha / Pisão

[1] O artigo intitulado «Projeto e obra de reabilitação do moinho hidráulico de São Marçal, Esmeriz - Vila Nova de Famalicão» da autoria de R. Bruno Matos e Aníbal Costa encontra-se publicado na íntegra na revista «Al-Madam Arqueologia – Património– História Local»; 2.ª Série, Centro de Arqueologia de Almada, Novembro de 2020.

RESUMO ALARGADO

A investigação sobre património molinológico, o desenvolvimento do projeto de intervenção e a experiência adquirida com a obra de reabilitação do Moinho de São Marçal constituem passos fundamentais para o avanço científico na área da molinologia.

Com este artigo foi possível reconhecer a importância histórica e patrimonial dos moinhos hidráulicos tradicionais que atualmente se encontram em vias de desaparecer.

A metodologia do projeto de intervenção apresentada demonstra que o trabalho *in situ* de levantamento métrico da estrutura existente representa um modo de leitura e compreensão aprofundado dos aspetos e especificidades inerentes a este tipo de património.

Verificamos também que as análises das anomalias construtivas sobrepostas nos desenhos de levantamento arquitetónico são fundamentais para estabelecer uma estratégia de intervenção focada na resolução dos problemas construtivos existentes, servindo também, para evitar a repetição das anomalias no futuro.

O projeto de intervenção beneficiou do conhecimento das tecnologias tradicionais adquirido no processo de investigação desenvolvido, nos últimos 12 anos no grupo PACT – Património da Arquitetura da Cidade e do Território do Centro de Estudos de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto. Este conhecimento revelou-se uma ferramenta extremamente útil para o projeto de intervenção, permitindo uma compreensão, ou, mesmo, uma interpretação do funcionamento dos engenhos mecânicos instalados na estrutura arquitetónica do moinho. Deste modo, estes dados permitiram uma chave de leitura para a intervenção, e, ao mesmo tempo, abriram um leque de opções programáticas para a reabilitação deste património.

Por último, a experiência adquirida com a execução da roda hidráulica do pisão de panos, que englobou o apoio de dois moleiros, a escolha das madeiras diretamente na serração, o acompanhamento do corte e a assistência técnica prestada ao carpinteiro na execução e montagem de todas as peças necessárias para a construção da roda vertical, revelou-se uma etapa fundamental para a preservação das técnicas de construção e do "*saber fazer*" tradicional.

Nota

Artigo completo publicado no dossier do ENCORE 2020 da *Revista Al-Madan*, n.º 23, 2020.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luís Gonzaga Cardoso de Almeida, 2016 – **São Tiago de Gavião – Páginas de história**. Vila Nova de Famalicão: Junta de Freguesia de Gavião.

AZEVEDO, Agostinho de, 1943 – **A indústria das Baetas e os pisões em Santo-Tirso**. Porto: Tipografia de Domingos Barreira.

CAPELA, José Viriato; SILVA, António Joaquim Pinto de, 2001 – **Vila Nova de Famalicão nas memórias paroquiais de 1758**. Vila Nova de Famalicão: Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão.

CÓIAS, Vítor, 2007 – **Reabilitação estrutural de edifícios antigos – Alvenaria | Madeira – Técnicas pouco intrusivas**. Lisboa: GECORPA – Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património Arquitectónico. Agumentum Edições. 978-972-8479-40-9.

GIL, Maria Olímpia da Rocha, 1965 – **Engenhos de moagem no século XVI (Técnicas e estruturas)** *in Obras de Maria Olímpia da Rocha Gil*. Açores: Secretaria Regional de Educação e Assunto Sociais – Direção Regional da Cultura. 972-647-154-0

MATOS, R. Bruno, 2018 – **Moinhos do rio Pelhe – Património dos "Nossos Rios"** *in Boletim Cultural de Vila Nova de Famalicão*. Vila Nova de Famalicão: Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão. 0871-3308.

OLIVEIRA, Ernesto Veiga de; GALHANO, Fernando; PEREIRA, Benjamim, 1982 – **Tecnologia tradicional Portuguesa – Sistemas de moagem**. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Científica - Centro de Estudos de Etnologia.

OLIVEIRA, Ernesto Veiga de; GALHANO, Fernando, 1977 – **Tecnologia tradicional – Pisões portugueses**. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Científica – Centro de Estudos de Etnologia.

DURABILIDADE E PATOLOGIAS DAS PISCINAS NA REGIÃO DO ALGARVE

DURABILITY AND PATHOLOGIES OF SWIMMING POOLS IN THE ALGARVE REGION

Miguel José Oliveira [(1)], Francisco do Carmo [(2)], Luís Silva [(3)], Pedro Sequeira [(4)]

(1) Universidade do Algarve, Portugal, mjolivei@ualg.pt
(2) Cristal Construções – Materiais e Obras de Construção Civil, Portugal, franciscocarmo@cristalpools.com
(3) Saint-Gobain Weber, Portugal, luis.silva@saint-gobain.com
(4) Saint-Gobain Weber, Portugal, pedro.sequeira@saint-gobain.com

RESUMO

O Algarve é um destino turístico popular em Portugal e na Europa. É conhecido por um clima quente e ensolarado onde os turistas apreciam as casas e hotéis com piscinas. As piscinas estão na sua maioria fisicamente desligadas dos edifícios, no entanto são geridas normalmente em conjunto. A construção, instalação e manutenção de piscinas é relativamente recente, existindo em larga escala apenas nos últimos 50 anos. Durante esse período, as tecnologias de construção evoluíram significativamente e hoje em dia existem soluções diferentes. A maioria das piscinas existentes no Algarve corresponde a pequenas piscinas, construídas em áreas residenciais e os dados disponíveis sobre o projeto e as especificações técnicas, muitas vezes, não existem. No âmbito do projeto I&DT *SPOOLs – Sustainable Pools*, analisaram-se várias piscinas e suas respetivas patologias e, com base nessa informação, sistematizaram-se os principais problemas existentes. Os resultados obtidos corroboram uma durabilidade reduzida das piscinas construídas e permitiram elaborar uma lista de recomendações para aumentar a durabilidade e a sustentabilidade dessas infraestruturas. Neste trabalho, serão apresentados dois casos específicos relacionados com revestimentos cerâmicos em piscinas, considerando a sua elevada expressão como solução para piscinas.

Palavras-chave: Piscinas / Região do Algarve / Patologia / Durabilidade / Sustentabilidade / Casos de Estudo

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção, instalação e manutenção de piscinas é relativamente recente, existindo, em grande escala, apenas nos últimos 50 anos. Durante este período, as tecnologias utilizadas evoluíram significativamente e conferem uma grande diversidade de soluções construtivas a utilizar em piscinas. A maioria das piscinas existentes em Portugal corresponde a piscinas pequenas, construídas em zonas residenciais e que ainda se caracterizam pelo pouco detalhe dos projetos, ou até à sua inexistência, o que revela a ausência de informação técnica específica, de normas e de técnicos especialistas para o apoio ao projeto, à execução e à utilização destes elementos da construção. A maioria das empresas que constituem o mercado das piscinas é de pequena e média dimensão. Os grandes projetos de piscinas são, eventualmente, os mais lucrativos, mas apresentam escassez de procura. Por conseguinte, de modo a garantir sustentabilidade deste mercado, as empresas têm seguido o segmento privado, mais estável e com procura mais garantida. Nos últimos 20 anos, a evolução da oferta (número de empresas que se disponibiliza para executar/instalar dado tipo de piscinas) e da procura tem aumentado, considerando a intenção de aumento de conforto de habitações próprias. Em particular, na região Algarvia, a execução, reabilitação e manutenção de piscinas constituem uma unidade de negócio importante a nível económico, não só pelo contributo direto sobre mais de 500 empresas que atuam diretamente no ramo, mas também pela necessidade a nível turístico – unidades hoteleiras e casas particulares. Com efeito, estima-se um valor regional económico associado superior a 25 M€ para este negócio (valor estimado a partir da experiência acumulada pelas entidades envolvidas no consórcio). (Oliveira, 2018; Oliveira, 2019)

Um projeto de piscina implica um conjunto de agentes e de processos que justifica uma coordenação fulcral. Por um lado, implica a construção de paredes em betão (a não ser que se opte por piscinas pré-fabricadas de vinil ou fibra de vidro); por outro, implica a regularização com rebocos ou argamassas especificas, a aplicação de argamassas ou sistemas específicos de impermeabilização, sistemas de revestimento, como pastilha, pinturas, *liners* ou outros. Após aplicação, decorre o seu período de vida útil, que implica a constante presença de água, agentes químicos de limpeza, acertos de pH, biocidas, entre outros, que podem condicionar o comportamento dos materiais e durabilidade de todo o sistema. Considerando o caso particular de piscinas em betão, devem considerar-se, pelo menos, os elementos seguintes e respetivas especificidades:

1. Tanque em betão

A principal função do tanque é a retenção de água, eventualmente com requisito adicional térmico. Os tanques são normalmente construídos com betão projetado *in situ*, com utilização ou não de betonilha e reboco e com acabamento típico em cerâmico. Podem ser usadas soluções adicionais de impermeabilização ou aditivos para o efeito. A estrutura deve ser testada ao nível da perda de água antes da aplicação dos acabamentos. Quaisquer falhas devem ser corrigidas previamente e, preferencialmente, do lado de contacto com a zona de água da piscina. No presente trabalho será dada prioridade a este material por ser considerado o de maior durabilidade e por ser o mais familiar ao mercado geral. Importa também garantir uma resistência superficial razoável do betão para assegurar os acabamentos, por exemplo, por abrasão mecânica de forma a expor os agregados maiores. (TTA, 2020)

2. Elemento de regularização e impermeabilização

Frequentemente, requer-se a necessidade de proceder à regularização das superfícies das paredes e pavimentos de betão. Os materiais usados para o efeito costumam apresentar opções adicionais de desempenho, acabando por se integrar na solução global de revestimento e contribuir, portanto, para

funcionalidades de impermeabilização e, por vezes, até estética.

Para a regularização de paredes, é corrente a utilização de argamassas de reboco, de uso geral, classificadas segundo a norma NP EN 998-1:2013. Para os pavimentos, utilizam-se betonilhas de regularização, tradicionais ou classificadas segundo a norma EN 13318:2000. A estes materiais, exige-se sobretudo uma resistência à compressão, aderência ao suporte e uma capacidade limitada a resistir à fissuração do suporte ou própria. Adicionalmente, outras argamassas apresentam desempenhos adicionais e garantem impermeabilização da parede, segundo critérios definidos pela EN 14891:2018. Nestes casos, além da resistência à penetração de água sob pressão, a resistência à fissuração adquire uma importância maior, pelo que estas argamassas são inclusive classificadas sob este domínio.

3. Revestimento

O revestimento por meio de azulejado ou lajeado, que é o mais corrente, costuma abranger a totalidade da piscina; porém, deve distinguir-se entre as peças que servem para cobrir as paredes e as que se destinam a pavimentar o piso ou fundo. Nas paredes, qualquer material cerâmico esmaltado ou não, elementos de grés e mosaicos vidrados, poderão utilizar-se sem restrição. No caso do revestimento do fundo este deverá, tanto quanto possível, ter propriedades antiderrapantes, por razões de segurança. Os mosaicos de peças pequenas, devido ao seu tamanho e à forma de colocação, não garantem um acabamento exatamente uniforme, liso e plano, mas alterado pela multiplicidade de juntas, converte-se num revestimento muito adequado para o pavimento de piscinas assim como para revestimento das paredes das mesmas. Nota-se ainda a variedade de cores à disposição, que realça o aspeto estético deste componente. Tradicionalmente, os elementos cerâmicos utilizados para o revestimento de piscinas são fornecidos em folhas de papel com aproximadamente 0,09 m^2, coladas na face exposta do cerâmicos e removida após colocação. A aplicação deste tipo de produtos pode gerar complicações em termos de tempo e praticabilidade na instalação. Entre estes sistemas estão também o fornecimento das peças ligadas entre si, por pontos de silicone ou outra resina, na parte posterior da peça, ou seja, na parte que estará em contacto com os restantes componentes do sistema. Outro exemplo deste tipo de sistemas refere-se, tal como no anterior, quando a ligação das peças é feita pelo lado posterior das peças, mas neste caso através de uma rede plástica. O último aspeto a referir sobre este tipo de revestimentos prende-se com a cola a utilizar na fixação das peças à estrutura da piscina. As colas devem ser inertes quanto à sua interação com o resto dos elementos que constituem uma piscina, ou seja, devem ser física e quimicamente compatíveis com os restantes produtos aplicados na piscina. Isto reflete-se, em primeiro lugar, na necessidade de a cola ter adequadas propriedades mecânicas, como a deformabilidade e a resistência, suficientes de modo a que não condicionem o funcionamento do sistema em geral, nem em termos de compatibilidade com os restantes sistemas. Por outro lado, a sua composição química não pode ser tal que exista reação com os elementos em que haja contacto direto. (Pereira, 2012; Pereira, 2010)

Face à solução de piscina apresentada, exige-se compatibilidade química, física e mecânica da argamassa-cola e da argamassa de junta com o sistema, como suporte, cerâmico e as condições de exposição. A desconsideração de muitas condições conduz inevitavelmente, a um conjunto de anomalias, algumas associadas a propriedades intrínsecas dos materiais, outras resultantes da combinação errada de materiais ou utilização inadequada dos mesmos. Algumas anomalias comuns em casos de piscinas podem ser descoloração de revestimentos, perda de água (ou, por inerência, consumo excessivo da mesma), deformação de paredes, deterioração do betão, oxidação das armaduras, entre outros. No caso particular de utilização de elementos cerâmicos como revestimento, acrescentam-se casos como destacamento dos mesmos, descolamento de argamassas de impermeabilização e descoloração, destacamento ou esfarelamento das argamassas de juntas. (Oliveira, 2020; EN 14411:2012)

Por outro lado, o atual universo de atores que contribuem para a construção, manutenção e reabilitação de piscinas seja construtores, aplicadores, fornecedores de serviços e fornecedores de produtos, estão dispersos, o que dificulta a obtenção de uma estratégia comum de realização de trabalhos a este nível. Como resultado, ocorrem muitos problemas relacionados com durabilidade, incompatibilidade entre materiais, sustentabilidade, entre outros.

O trabalho em questão, constitui parte do âmbito do projeto I&DT SPOOLs – Sustainable Pools, cujo objetivo principal é o desenvolvimento de uma solução sustentável de uma piscina, ao nível da sua construção, utilização e manutenção, apresenta resumidamente dois casos de estudo de anomalias, que se verificam com frequência, a saber, destacamento de elementos cerâmicos, sobretudo quando apresentam rede poliméricas no seu tardoz e desgaste/esfarelamento precoce das argamassas de juntas entre elementos cerâmicos. Naturalmente que uma análise cuidada das causas principais para as anomalias indicadas, pode garantir a sua prevenção e, consequentemente, a maior durabilidade dos sistemas apresentados, fator essencial na componente sustentável dos mesmos.

DISCUSSÃO (CASOS DE ESTUDO)

Caso 1. Descolamento de elementos cerâmicos

Existem um conjunto variado de argamassas-cola para a colagem de elementos cerâmicos em piscinas, sendo a maioria baseada em cimento Portland e resina redispersável como ligantes principais. Dependendo do rácio cimento/resina, a argamassa pode apresentar graus de aderência e deformação transversal que também são responsáveis pela resistência à fissuração do próprio suporte. Estas argamassas são definidas pela NP EN 12004-1:2017 e, normalmente, estão incluídas na classe C2 que implica uma aderência por tração superior a 1 MPa em todas as condições de cura adotadas. Algumas soluções apresentam ainda uma deformação transversal superior que as coloca, pelo menos, na classe S1, significando um valor de 2,5 mm de deformação.

Ao nível do revestimento, a utilização de elementos cerâmicos (os mais comuns, tradicionalmente conhecidos por mosaicos ou pastilha de vidro) é uma das soluções mais comuns pelo aspeto estético obtido, mas também pela elevada durabilidade que conferem ao sistema, ao nível da resistência ao desgaste, resistência aos UV, entre outros. Tradicionalmente, apresentam-se em secções quadráticas de 2,5 x 2,5 cm, em secções de 30 x 30 cm coladas com um papel da sua parte superior com objetivo de facilitar o seu processo de aplicação. De facto, cada secção é colada sobre o suporte e, após algumas horas, remove-se o papel da parte superior. Desde há alguns anos que se tem adotado um processo similar, mas que implica a colagem da secção pela parte do tardoz dos elementos cerâmicos, ou a partir de pontos de silicone entre os elementos ou, mais comum, por aplicação de uma rede de fibra de vidro colada com colas sintéticas, maioritariamente baseadas em álcool polivinílico, acrílico ou poliuretano. Nestes casos, a colagem destes elementos implica alterações importantes ao nível da interface de contacto:

1. nos casos de existência de pontos de silicone ou PU, existe uma diminuição significativa da área de contacto da argamassa-cola com o elemento cerâmico propriamente dito o que implica a necessidade da cola em garantir alguma afinidade também com as resinas presentes;
2. nos casos de existência de rede no tardoz (Figura 1), verifica-se frequentemente que a cola usada para sua fixação constitui também um filme contínuo, o que significa que o contacto da argamassa-cola é com a película formada. Porém, a experiência mostra que estas colas, facilmente hidrolisáveis em condições alcalinas, são dissolvidas o que pode originar destacamento precoce.



Figura 1 – Exemplo de elemento cerâmico com rede de fibra de vidro no tardoz e consequente destacamento na interface entre a cola da rede e a argamassa-cola



Figura 2 – Tipologia de rotura obtida para alguns dos ensaios de aderência realizados, especialmente quando associada à interface entre a argamassa-cola e a resina usada para fixar a rede ao tardoz do elemento cerâmico (CFR)

O maior desafio neste contexto é diversidade de opções existentes no mercado, frequentemente com informação insuficiente ao nível da compatibilidade em sistemas de fixação. Neste contexto, apresenta-se um trabalho laboratorial de avaliação de aderência por tração perpendicular nas seguintes condições:

1. Aplicação por tração perpendicular, segundo a EN 12004-2:2017, e condições de cura para aderência inicial e após imersão em água.
2. Testes com utilização de 2 argamassas-cola distintas, uma de base cimentícia (tipo C) e outra de base reativa (tipo R); a aplicação das argamassas foi realizada com recurso a duas dimensões de talocha, 4 x 4 e 6 x 6 mm.
3. Testes com diversos elementos cerâmicos existentes no mercado, todos com particularidade de apresentarem elementos no tardoz, exceto o caso 10 (que apresenta, ao invés, papel da parte superior). Não se apresentam dados técnicos específicos para cada caso, exatamente como forma de demonstração de ausência de dados técnicos disponíveis.

A tabela 1 apresenta os resultados de aderência obtidos para os vários casos em estudo. Além dos valores de

aderência, apresenta-se igualmente a tipologia de rotura observada durante o ensaio.

Tabela 1 – Valores de aderência relativos ao estudo de vários elementos cerâmicos e argamassas-cola frequentemente usados no revestimento de piscinas, para duas talochas denteadas (4 x 4 e 6 x 6 mm)

Aderência (N/mm^2)	Argamassa-cola, tipo C		Argamassa-cola, tipo R	
	4 x 4	6 x 6	4 x 4	6 x 6
Cerâmico 1				
Inicial	1.7 (CFR; CFA)	1.9 (CFR; CFA)	3.8 (CFS; CFR)	4.7 (CFS; CFR)
Após imersão	0.2 (CFR)	0.3 (CFR)	0.7 (CFR)	0.7 (CFR)
Cerâmico 2				
Inicial	1.4 (CFA; CFR)	1.5 (CFA; CFR)	2.8 (CFS; CFR)	2.9 (CFS; CFR)
Após imersão	0.3 (CFR)	0.3 (CFR)	1.3 (CFR;CFA)	1.3 (CFR;CFA)
Cerâmico 3				
Inicial	1.6 (CFA; CFR)	1.9 (CFA; CFR)	3.9 (CFS)	3.5 (CFS; CFR)
Após imersão	0.3 (CFR)	0.3 (CFR)	1.8 (CFR;CFA)	1.9 (CFR)
Cerâmico 4				
Inicial	1.4 (CFA; CFR)	1.5 (CFR; CFA)	3.4 (CFS)	3.0 (CFS)
Após imersão	0.4 (CFR)	0.6 (CFR)	1.4 (CFS; CFR)	1.9 (CFS; CFR)
Cerâmico 5				
Inicial	1.6 (CFA; CFR)	1.7 (CFA; CFR)	2.7 (CFS)	3.0 (CFS)
Após imersão	1.3 (CFR)	1.2 (CFR)	1.8 (CFS)	2.1 (CFS)
Cerâmico 6				
Inicial	1.3 (CFR; CFA)	1.5 (CFR; CFA)	2.6 (CFS)	3.0 (CFS)
Após imersão	0.9 (CFR)	0.9 (CFR)	2.2 (CFS)	2.1 (CFS)
Cerâmico 7				
Inicial	0.9 (CFR)	1.0 (CFA; CFR)	2.0 (CFS)	2.1 (CFS)
Após imersão	0.3 (CFR)	0.3 (CFR)	1.4 (CFR)	1.3 (CFR)
Cerâmico 8				
Inicial	0.9 (CFR; CFA)	0.9 (CFR; CFA)	3.1 (CFS; CFA)	2.4 (CFS)
Após imersão	0.2 (CFR)	0.2 (CFR)	1.5 (CFR)	1.7 (CFR)
Cerâmico 9				
Inicial	1.1 (CFR)	1.2 (CFR)	2.8 (CFS; CFR)	3.0 (CFT; CFS)
Após imersão	0.3 (CFR)	0.5 (CFR)	1.6 (CFR)	1.8 (CFR)
Cerâmico 10 (sem rede no tardoz)				
Inicial	0.9 (CFA)	0.9 (CFA)	2.9 (CFR; CFS)	3.1 (CFS)
Após imersão	0.6 (AFT)	0.7 (AFT, CFA)	1.1 (AFT)	1.7 (AFT)

CFA: rotura coesiva pela argamassa-cola; CFS: rotura coesiva do substrato (betão); CFR: rotura pela zona da rede, devida à dissolução da cola usada para a sua fixação ao cerâmico; AFT: rotura na interface entre a argamassa-cola e a superficie do cerâmico.

Os resultados indicam uma distinção clara para a aderência em função das condições de cura. Com efeito, a aderência após imersão em água é substancialmente menor comparada com os valores obtidos em condições-padrão de cura. Adicionalmente, os valores obtidos em condições de imersão são, frequentemente, inferiores a 0,5 MPa o que confere níveis de segurança na fixação aquém do desejável para uma solução duradoura, conforme expressado pela EN 12004-1:2017. Esta situação, porém, ocorre sobretudo para os casos que implicam a utilização de rede de fibra de vidro no tardoz dos cerâmicos, comprovando a hipótese inicial para o problema. Ao contrário, para o cerâmico 10, o nível de aderência revela-se perfeitamente enquadrado com os requisitos mínimos para uma colagem eficiente.

Os resultados mais negativos são, sobretudo, relacionados com a utilização de argamassa-cola de base cimentícia, muito provavelmente devido à hidrólise da resina da cola usada para colar a rede ao tardoz do elemento cerâmico, uma vez que tal reação é fortemente favorecida em solução com pH elevado como é o caso da promovida pela hidratação do cimento (ver Figura 2). Na verdade, verificam-se 5 casos para os quais o valor de aderência após imersão nunca atingiu o mínimo de 0,5 MPa exigido pela norma, pelo que uma decisão de colagem destes cerâmicos com argamassa do tipo C2S apresenta maior risco de descolamento. Adicionalmente, para os casos dos cerâmicos 1 e 7, os valores evidenciam mesmo uma probabilidade elevada de insucesso.

Ao contrário, os ensaios realizados com utilização de uma argamassa-cola de base epóxi (100% sólidos), revela resultados de aderência superiores a 1 MPa para a maioria dos casos, o que ajuda mais a universalizar uma solução de colagem. Porém, refira-se que esta apreciação carece igualmente de cuidado uma vez que a variabilidade de soluções e respetiva compatibilidade cerâmica (com rede no tardoz)/argamassa-cola reativa é muito grande, pelo que se recomenda, em caso de dúvidas e desconhecimento, testes de avaliação e compatibilização prévios, conforme já recomendado por guias técnicas de alguns fabricantes. (Weber, 2016)

Caso 2. Desgaste/esfarelamento precoce das argamassas de juntas entre elementos cerâmicos

Outro caso de anomalia frequentemente observado em piscinas revestidas por elementos cerâmicos é a degradação precoce das argamassas de juntas, evidenciada pelo seu esfarelamento ou desgaste, conforme Figura 3. Esta situação ocorre, sobretudo, quando a argamassa de juntas é baseada em cimento Portland como ligante principal. Na verdade, até mesmo outros ligantes minerais potencialmente mais resistentes à agressividade do ambiente de piscinas apresentam tendência a degradação precoce, que pode ser entre alguns meses e não mais que 5 anos.

Neste contexto, apresenta-se um exemplo relacionado de uma piscina em Loulé, na qual se verificou degradação de uma argamassa de junta com base em cimento Portland como ligante principal, durante o primeiro ano em serviço. Ao nível do caso apresentado, refere-se a uma piscina particular, constituída por paredes em betão, com posterior aplicação de revestimentos de regularização em paredes e pavimento, argamassa flexível de impermeabilização armada com rede de fibra de vidro e revestimento cerâmico (mosaico 2,5 x 2,5) colado com argamassa-cola de classe C2S. Finalmente, utilizou-se uma argamassa de juntas classificada segundo a EN 13888:2009, como CG2WA (com desempenho melhorado ao nível da absorção de água e de resistência à abrasão). As condições de exposição dos revestimentos são o resultado da utilização de agentes químicos tradicionais de tratamento de águas, baseado na regulação de cloro e pH do meio. A frequência do tratamento e grau de intensidade do mesmo não foi avaliado, mas admite-se representar o comportamento médio dos utilizadores deste tipo de piscinas.

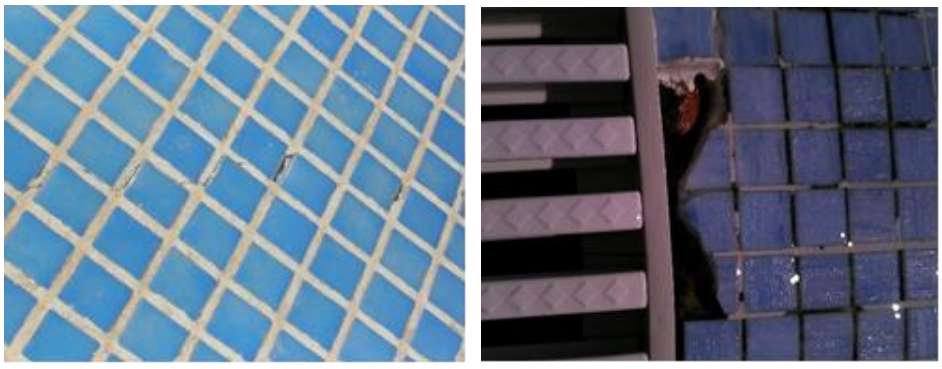


Figura 3 – Anomalia frequente relacionada com argamassas de juntas entre os elementos cerâmicos, tipificada pelo desgaste ou esfarelamento da própria argamassa (caso em estudo, relativo a uma piscina em Loulé)

O processo inerente a esta degradação é fortemente dependente das condições de exposição que se conhecem ser mais agressivas, por exemplo, devidas a fases com pH mais acídico devido aos tratamentos executados. Mas a questão da qualidade da água de uma piscina também deve ser considerada durante o planeamento da mesma. Fatores como o conteúdo de magnésio, amónia, sulfatos e ácido carbónico corrosivo podem condicionar o comportamento de argamassas constituintes da piscina como argamassas de juntas, colas e impermeabilizantes. Em função de caraterizações típicas destes agentes pode ser necessário substituir argamassas de base cimentícia (tradicionais) por epóxi, por exemplo. Contudo, no que se refere ao estudo da água e sua relação com o tipo de argamassas, não se conhece qualquer estudo prático, seja a nível nacional, seja internacional.

O único modelo que se conhece (teórico) e que será avaliado neste projeto, corresponde ao modelo de Felixberger (2008). Das propriedades apresentadas, destacam-se o valor de pH, a capacidade acídica (KS4.3) e dureza cálcica. Flexiberger desenvolveu o conceito de índice de cal (ou de Flexiberger) (LIF) que permite relacionar estes parâmetros e apontar as argamassas mais compatíveis face ao resultado obtido. Este cálculo apresenta coeficientes relacionados com as propriedades anteriores, segundo a expressão seguinte:

$$LI_F = pH + CI + AI - 10.5 \quad (1)$$

na qual:

CI: índice de cálcio

AI: índice de capacidade acídica

As relações de parâmetros são dadas segundo a tabela 2.

Tabela 2 – Relação de propriedades da água como dureza e capacidade acídica com parâmetros como índice de cálcio (CI) e índice de capacidade acídica (AI), segundo Flexiberger

Dureza (mg Ca/l)	24	32	40	48	60	80	120	160
CI	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2
Capacidade acídica KS4,3 (m.mol/L)	1,2	1,6	2	2,4	3	4	6	8
AI	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2

A tabela 3 seguinte apresenta a relação do valor obtido com a recomendação de argamassas mais compatíveis, segundo Felixberger:

Tabela 3 – Relação entre o índice LIF e a argamassa mais compatível

LI_F range	LI < -1,5	-1,5 < LI_F < -0,5	-0,5 < LI_F < 0.0	LI_F > 0.0
Impermeabilização	Epóxi	Cimento	Cimento	Cimento
Revestimento	Epóxi	Epóxi	Cimento	Cimento
Junta	Epóxi	Epóxi	Epóxi	Cimento

Face o apresentado, aplicou-se esta metodologia ao caso prático indicado acima (piscina em Loulé), com uma recolha e análise de água numa. Como o próprio artigo-base não esclarece se a análise à água foi realizada à fonte original e à versão já tratada. Os resultados são apresentados na tabela 4 e sua análise evidencia um comportamento suscetível de incompatibilidade química entre a argamassa de juntas e o ambiente de exposição, classificado pela caracterização da água presente no meio, segundo indicação pelo método Felixberger. Pela observação dos resultados, verifica-se que tanto AI com CI estão em níveis menores da escala

e nem um valor de pH relativamente elevado é suficiente para a sua compensação. Também se verifica um valor bastante de cloro muito acima de valores considerados aceitáveis (inferiores a 1,5 mg/L Cl_2).

Tabela 4 – Caracterização das águas das piscinas em avaliação

	Àgua tratada	Água da origem
Temperatura recolha (^{0}C)	17	17
Cloro residual livre (mg/L Cl2)	4,5	0,1
Cálcio (mg/L)	38,9	13
Cloro total (mg/L Cl2)	4,7	0,1
Oxidabilidade (mg/L O2)	6,8	8,7
Condutividade (mS/cm)	41	0,514
Dureza (mg/L CaCO3)	196	111
pH (escala Sorenson)	7,4	6,0
Ca (mg/L)	38,9	-
CI	1,6	
Capacidade acídica mmol/L	0,0336	-
AI	1,4	
LIF	-0,1	-
Recomendação		
Impermeabilização	Base cimenticea	
Argamassa-cola	Base cimenticea	-
Argamassa de junta	Base epóxi	

Refira-se que, no contexto do projeto SPOOL´s, uma observação generalizada aos resultados revela um conjunto de águas com propriedades muito distintas e que, seguramente, terão impactos diferentes na relação com os acabamentos e argamassas existentes. Resultados já indicados indicam uma variação significativa entre várias amostras, especialmente ao nível da dureza; pelo índice Felixberger, tem-se que (Oliveira, 2018):

- 76% das piscinas avaliadas podem ser construídas com argamassas de base de cimento (impermeabilização, colagem e rejuntamento);
- 20% dos casos exigem a utilização de soluções epóxi, especialmente no rejuntamento, mas também colagem;
- apenas 4% exigem impermeabilização, colagem e rejuntamento com materiais epóxi.

2. CONCLUSÕES

A durabilidade de um elemento piscina é condicionada por múltiplos fatores, desde a compatibilidade dos vários elementos construtivos adotados até à sua exposição constante a um ambiente mais agressivo, sobretudo a nível químico. Por outro lado, o atual universo de atores que contribuem para a construção, manutenção e reabilitação de piscinas seja construtores, aplicadores, fornecedores de serviços e fornecedores de produtos, estão dispersos, o que dificulta a obtenção de uma estratégia comum de realização de trabalhos a este nível. Apenas a garantia de um trabalho coordenado e de uma partilha de experiência e conhecimento pode garantir a minimização de erros e uma sustentabilidade maior para estes sistemas. No trabalho em causa, pretende-se dar uma contribuição pela exposição de 2 casos frequentes, associados à aplicação de revestimento cerâmico no elemento construtivo piscina.

O primeiro caso, relaciona-se com o destacamento do elemento cerâmico, sobretudo quando apresenta uma

rede de fibra de vidro no seu tardoz. Os resultados apresentados revelam uma diferença significativa na aderência em função das condições de cura, sobretudo em imersão em água, cujos valores são substancialmente inferiores. Mais relevante ainda é a considerar que, para muitos dos casos avaliados, os resultados são inferiores a 0,5 MPa e, portanto, abaixo de condições mínimas recomendadas pela EN 12004 o que pode justificar tendência a destacamento. Para muitas situações, os resultados podem melhorar para níveis satisfatórios quando se garante a utilização de uma argamassa-cola compatível, sobretudo, com as colas presentes no tardoz dos cerâmicos, usadas para fixação das redes de fibra de vidro.

O segundo caso, relaciona-se com o desgaste/esfarelamento precoce das argamassas de juntas entre elementos cerâmicos. Considerando o ambiente agressivo típico de uma piscina, resultante da utilização de agentes com pH mais ácido, verifica-se tendência para uma perda de resistência progressiva e prematura das argamassas presentes no sistema, uma vez que a maioria é constituída por cimento Portland, um material conhecido pela sua resistência menor a ácidos. Embora se admita existirem soluções minerais capazes de apresentar um comportamento aceitável nestas condições, o trabalho presente apresenta a aplicação de um conceito presente em bibliografia, que relaciona a determinação do índice de cal de uma água com a sua compatibilidade química com vários tipos de argamassas, segundo o seu ligante, mineral ou orgânico. A aplicação deste conceito a um caso prático evidencia a necessidade de compatibilizar com detalhe a argamassa de junta com a condição da água apresentada, sugerindo a necessidade clara de utilização de uma argamassa epóxi.

Os resultados e conclusões para os dois casos constituem uma exemplificação da necessidade de discussão constante sobre experiências em obra. Por outro lado, também levantam questões sobre a normalização atual e até onde conseguirá assegurar compatibilidade de materiais. No final, interessará sobretudo obter metodologias capazes de garantir esta compatibilidade, permitindo naturalmente a diversidade de opções para a execução dos elementos construtivos.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam o seu agradecimento ao financiamento deste trabalho pelo Fundo de Desenvolvimento Regional, Programa Operacional Competitividade e Internacionalização, identificado pelo projeto SPOOLs – POCI-01-0247-FEDER-01771.

REFERÊNCIAS

CEN, 2012 – **Ceramic tiles – Definitions, classification, characteristics, evaluation of conformity and marking**. Brussels: CEN. EN 14411:2012.

CEN, 2009 – **Grout for tiles – Requirements, evaluation of conformity, classification and designation**. Brussels: CEN. EN 13888:2009.

CEN, 2000 – **Screed material and floor screeds**. Brussels: CEN. EN 13318:2000.

FELIXBERGER, J. K., 2008 – **Damage when tiling swimming pools and its avoidance**. QUALICER 2008 – X World Congress on Ceramic Tile Quality. Castellón de la Plana (Spain): Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación.

NP EN 12004-1:2017 – **Colas para ladrilhos, Parte 1: Requisitos, avaliação e verificação da regularidade do desempenho, classificação e marcação**. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

NP EN 14891:2018 – **Produtos impermeáveis à água para aplicação na forma líquida sob ladrilhos cerâmicos colados**. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

NP EN 998-1:2013 – **Especificação de argamassas para alvenarias. Parte 1: Argamassas para rebocos interiores e exteriores**. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

OLIVEIRA, M. J.; BRAGA, Alfredo; INVERNO, A. *et al.*, 2018 – **SPOOLs: Main developments of the project**. *10th International Conference on Sustainable Development and Planning*. Vol 217, pp 821-832. Siena, Italy: WIT Press. ISSN 1743-3541. www.witpress.com.

Oliveira, M. J.; SILVA, Elisa M. J.; LANÇA, Rui *et al.*, 2020 – **Common typology, durability and pathologies of the swimming pools in the algarve region – Implications in the sustainability**. In Monteiro J. *et al.* (eds) – *INCREaSE 2019*. pp 893-902. Springer LinK, https://doi.org/10.1007/978-3-030-30938-1_70.

PEREIRA, G. Z., 2010 – **Avaliação do desempenho em serviço de sistemas de impermeabilização de piscinas privada**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: IST.

PEREIRA, G.; FLORES-COLEN, I.; SILVA, L., 2012 – **Avaliação em serviço de sistemas de impermeabilização de piscinas privadas**. Congresso de Construção 2012. Coimbra: FCTUC.

TTA, 2020 – **Design and construction process for swimming pools**. Beckenham, Kent: The Tile Association.

Weber Saint-Gobain, 2016 – **O Guia 2016 Weber**. Aveiro: Saint-Gobain Weber Portugal.

AS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COMO ELEMENTOS DE REABILITAÇÃO: A INFLUÊNCIA DA MICROESTRUTURA

MORTARS AS REHABILITATION ELEMENTS: THE INFLUENCE OF THE PORE STRUCTURE

Ana Rita Santos [(1)], Maria do Rosário Veiga [(2)], António Santos Silva [(3)], Jorge de Brito [(4)]

(1) LNEC, Portugal, arsantos@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, ssilva@lnec.pt
(4) CERIS, IST/UL, Portugal, jb@civil.ist.utl.pt

RESUMO

O papel de proteção dos revestimentos torna-os elementos essenciais na reabilitação de edifícios. Para garantirem essa capacidade de proteção e contribuir para a durabilidade das alvenarias, as argamassas devem possuir um conjunto de características que dependem não só das condições ambientais a que vão estar sujeitas e das funções a que se destinam, mas também do tipo de suporte e dos materiais pré-existentes. Portanto, em geral, as argamassas de revestimento devem apresentar uma boa aderência ao suporte, ter uma resistência mecânica moderada e uma deformabilidade superior à dos elementos adjacentes; e dificultar a penetração da água até ao suporte (absorção relativamente lenta) favorecendo, no entanto, a evaporação da água presente no interior da parede.

Com efeito, estas características estão fundamentalmente relacionadas com a estrutura porosa das argamassas, que influencia tanto a sua compacidade como a capacidade para transportar, reter e expulsar a água por evaporação e, consequentemente, a durabilidade de todo o conjunto.

Na presente comunicação, são apresentadas três composições de argamassa com diferentes tipos de ligante (cal aérea, cal hidráulica natural e cimento Portland), discutindo a influência das suas distintas microestruturas nas características mecânicas e hídricas, assim como na sua durabilidade, de forma a compreender o seu comportamento e, assim, melhorar o desempenho destas argamassas e a sua eficácia na reabilitação de vários tipos de edifícios.

Os resultados obtidos revelam que diferentes gamas de poros influenciam diferentes propriedades das argamassas, independentemente do tipo de ligante usado na sua composição. Geralmente, uma redução da macroporosidade conduz a maiores resistências mecânicas, nomeadamente à compressão. No entanto, a redução do diâmetro dos macroporos pode traduzir-se num aumento da porosidade capilar e da microporosidade, tendendo esta variação a comprometer a durabilidade.

Palavras-chave: Argamassa / Microestrutura / Desempenho Mecânico / Desempenho Hídrico / Durabilidade

1. INTRODUÇÃO

A seleção de soluções de revestimentos de substituição, nomeadamente as utilizadas para reabilitação de revestimentos em edifícios antigos, é um processo complexo que tem que ter em conta, não só as exigências funcionais do revestimento, mas também dos elementos construtivos onde as argamassas serão incorporadas; deve, para tal, basear-se em critérios de compatibilidade de forma a evitar a aceleração da degradação dos materiais pré-existentes, em particular das alvenarias (Santos e Veiga, 2012; Veiga e Carvalho, 1998).

O parâmetro que influencia de forma mais significativa o desempenho das argamassas é a sua estrutura porosa (RILEM, 2012), que por sua vez é condicionada por diversos aspetos, entre os quais se destacam as características dos componentes utilizados (nomeadamente os ligantes e os agregados), a sua composição e aplicação. A influência do tipo de ligante é um parâmetro relevante no desempenho das argamassas: é o principal responsável pelo endurecimento e portanto define, até um certo ponto, o aumento das resistências mecânicas, o balanço entre a deformabilidade e as tensões, e as características químicas e microestruturais das argamassas. Enquanto a porosidade e a conectividade das argamassas com cal aérea resultam da evaporação do excesso de água de amassadura e do processo de carbonatação (Arandigoyen *et al.*, 2006), nas argamassas de carácter hidráulico, além da água evaporada, o processo de hidratação tem forte influência na distribuição porosimétrica (Houst e Wittman, 1994).

Um aumento de porosidade pode afetar de forma significativa as resistências mecânicas das argamassas, levando a um decréscimo desses valores. No entanto, do ponto de vista da otimização das características de absorção e secagem das argamassas, um aumento do diâmetro dos poros pode incrementar a resistência aos ciclos gelo / degelo (Santos *et al.*, 2018a) e a resistência à cristalização de sais (Elert *et al.*, 2003) e, por consequência, torná-las menos vulneráveis à degradação. Assim, em função do tipo de desempenho a exigir às argamassas, o qual deve estar relacionado com as funções a que estas se destinam no edifício, é necessário estabelecer um equilíbrio entre as diferentes características.

Pretende-se assim, com este trabalho, avaliar o efeito do tipo de ligante na estrutura porosa de argamassas para revestimentos de paredes e relacionar esta com o comportamento hídrico e mecânico, através de indicadores de resistência à tração por flexão e compressão, módulo de elasticidade dinâmico e absorção de água por capilaridade, de forma a compreender o seu comportamento. Conhecer os efeitos da distribuição porosimétrica no desempenho das argamassas permite, de forma fundamentada, otimizar soluções para argamassas de substituição a aplicar em paredes de edifícios antigos, com caraterísticas de compatibilidade, que garantam um desempenho eficaz, mas também uma durabilidade satisfatória e sustentável.

2. TRABALHO EXPERIMENTAL

2.1. Definição e preparação das argamassas

Na formulação das argamassas, foram utilizados três tipos de ligante (cal aérea hidratada em pó - CL90, cal hidráulica natural – NHL 3,5 e cimento Portland – CEM II/B-L 32.5N) e uma areia siliciosa calibrada de acordo com a composição granulométrica da areia de referência CEN, definida na EN 196-1 (Figura 1). A areia siliciosa, lavada e com uma absorção de água de 0,35%, é muito rica em SiO_2 (92,5%) e apresenta grãos subrolados, pouco esféricos e com superfície lisa. No que se refere aos ligantes, a composição simplificada dos ligantes, obtida por análise térmica diferencial, assim com algumas características físicas, são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Caracterização mineralógica e física dos ligantes em estudo

Ligante	**Composição simplificada** (% em massa)	**Massa volúmica aparente** (kg/m³)	**Diâmetro médio de partículas** (μm)
CL90	Portlandite ($Ca(OH)_2$) = 90,9 % Calcite ($CaCO_3$) = 3,8 % Outros elementos = 5,3 %	340 ± 3,1	3,4 ± 0,1
NHL 3,5	Portlandite ($Ca(OH)_2$) = 28,0 % Calcite ($CaCO_3$) = 37,8 % Outros elementos = 34,2 %	660 ± 2,3	14,0 ± 0,3
CEM II/B-L 32.5N	Portlandite ($Ca(OH)_2$) = 1,2 % Calcite ($CaCO_3$) = 21,2 % Gesso ($CaSO_4.2H_2O$) = 1,5 % Outros elementos = 77,6 %	870 ± 3,8	12,4 ± 0,1

Na preparação das argamassas, usou-se uma relação ligante / agregado (b/a, em volume) de 1:2,5 e a relação água/ligante (w/b, em massa) foi ajustada para garantir uma trabalhabilidade adequada para argamassas de revestimento, tendo sido determinado o espalhamento de acordo com a norma EN 1015-3 (Quadro 2). Todas as argamassas foram preparadas de acordo com a norma europeia EN 1015-2, com as condições de cura definidas na EN 1015-11, à exceção da argamassa de cal aérea que esteve, desde a moldagem até à data de ensaio, a 20 ± 2 °C e 65% de humidade relativa.

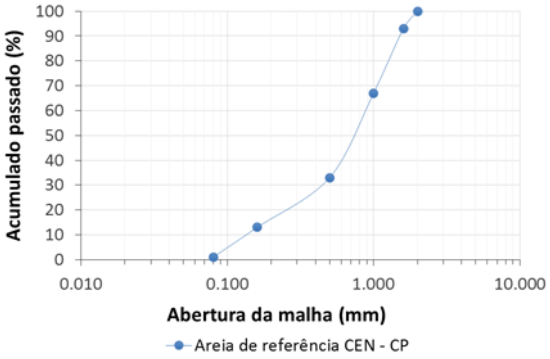


Figura 1 – Curva de distribuição granulométrica da areia de referência CEN

Quadro 2 – Composição das argamassas

Notação	**Composição**				**Espalhamento**
	Ligante	**Agregado**	**Razão b/a** (em volume)	**Razão w/b** (em massa)	
Ca Al CP	CL90	Areia siliciosa‡ (MV = 1490 kg/m³)	1:2,5	2,4	150 ± 5 mm
Ch Al CP	NHL 3,5			1,2	150 ± 5 mm
Ci Al CP	CEM II/B-L 32.5N			0,9	160 ± 5 mm

MV – massa volúmica aparente; ‡ – Granulometria da areia de referência CEN.

2.2. Metodologia adotada

Com o objetivo de estabelecer uma relação entre o desempenho físico-mecânico e durabilidade das argamassas e a sua estrutura porosa, aos 90 dias de cura, foi adotada uma metodologia que envolveu a análise da distribuição porosimétrica, avaliação do comportamento mecânico e hídrico das argamassas, assim como a avaliação do seu

desempenho físico-mecânico após ensaio de envelhecimento artificial acelerado.

Para avaliar a distribuição porosimétrica, foi utlizada a técnica de porosimetria por intrusão de mercúrio (MIP), recorrendo a um porosímetro de mercúrio *Micromeritics AutoPore IV 9500*, com uma pressão entre 0,0015 e 207 MPa, permitindo a avaliação da distribuição de tamanho de poro numa gama compreendida entre 0,007 e 600 µm. Para a tensão superficial e o ângulo de contacto do mercúrio com a amostra, foram considerados 485 x 10^{-3} N/m e 130°, respetivamente.

Para analisar o comportamento mecânico, foram realizados ensaios de resistência à tração por flexão (Rt) e à compressão (Rc), com base na norma EN 1015-11, usando uma máquina universal de forças da *PROET*, modelo *ETI-HM-S/CPC*, com células de carga de 2 kN e 200 kN, respetivamente. O módulo de elasticidade dinâmico (E) foi determinado usando o método da frequência fundamental de ressonância (EN 14146).

O ensaio de absorção capilar foi realizado com base no método da norma europeia EN 15801, que consiste em imergir em água, com uma altura aproximada de 10 mm, a base de provetes prismáticos de 40 x 40 x 160 mm^3 e realizar determinações periódicas de massa até se atingir a absorção máxima dos provetes (variação de massa inferior a 1% em 24 horas). Considera-se que o valor máximo de água absorvida por capilaridade por unidade de área é traduzido pelo valor assimptótico (Abs.) e o declive do troço inicial do gráfico define o coeficiente de capilaridade (C), que traduz a velocidade com que ocorre a absorção capilar no período inicial.

A durabilidade das argamassas testadas foi avaliada através de um ensaio de envelhecimento artificial acelerado. Neste ensaio, os provetes prismáticos de 40 x 40 x 160 mm^3 foram colocados num tabuleiro com areia e sujeitos a 52 ciclos de envelhecimento acelerado compostos por quatro fases sequenciais (Quadro 3):

- 1.ª fase: 14 ciclos de variação de temperatura e humidade relativa (TH);
- 2.ª fase: 14 ciclos TH + simulação de chuva (TH+R);
- 3.ª fase: 14 ciclos TH + resistência aos sais (cloreto de sódio) por deposição na superfície (TH+R+SD);
- 4.ª fase: 10 ciclos TH + resistência aos sais (sulfato de sódio) por absorção capilar (TH+R+SD+SS).

Na 1.ª fase do ensaio (TH), a temperatura e a humidade relativa usadas foram definidas de forma a simular as condições ambientais extremas registadas na cidade de Lisboa durante os anos de 2012-2014 (meteo|Técnico, 2015). As condições de temperatura e humidade relativa foram repetidas a cada 12 h, numa câmara climática *Aralab Fitoclima 700 EDTU*.

A 2.ª fase do ensaio (TH+R) foi definida sob as mesmas condições de temperatura e humidade da 1.ª fase adicionando a simulação de chuva, por aspersão de 2,5 ml de água destilada na superfície de cada amostra, de 2 em 2 ciclos, e colocação de 2 mm de altura de água na areia do tabuleiro (de 4 em 4 ciclos). As condições de chuva foram realizadas imediatamente antes das condições de frio (0 °C e 80% HR), simulando desta forma também as condições de gelo-degelo.

A 3.ª fase (TH+R+SD) teve como objetivo simular o ambiente marítimo e avaliar os danos causados pela deposição, na superfície dos provetes, de sal resultante da ação deste tipo de ambiente. Nesta fase, sob as mesmas condições de temperatura e humidade da 1.ª fase, o ataque com cloretos foi realizado por aspersão na superfície dos provetes (de 2 em 2 ciclos) de 2,5 ml de uma solução de 27 g/l de cloreto de sódio (Fragata *et al.*, 2016), imediatamente antes das condições de secagem (40 °C e 30% HR).

Na 4.ª fase (TH+R+S+SS), o ataque com sulfatos foi realizado através da aspersão de uma solução de 16,3 g/l de sulfato de sódio (EN 12370) com altura de 1 mm sobre a areia de 2 em 2 ciclos, imediatamente antes das condições de secagem (40 °C e 30% HR).

Cada ciclo teve a duração total de doze horas, com quatro diferentes etapas de 3 horas cada, que simulam as condições de temperatura e humidade médias extremas ocorridas na cidade de Lisboa durante um ano

(Quadro 3). Após o ensaio de envelhecimento, foram observadas possíveis alterações morfológicas e físicas (massa volúmica aparente e porosidade aberta através do método de pesagem hidrostática), assim como foi quantificado o dano causado pelo envelhecimento nas características mecânicas, através da avaliação da resistência à tração por flexão, resistência à compressão e módulo de elasticidade dinâmico, de acordo com as normas em vigor, descritas anteriormente.

Quadro 3 – Condições de exposição utilizadas nos ciclos do ensaio de envelhecimento artificial acelerado, representando 1 ciclo de 12 horas no total, com 4 etapas de 3 horas cada

Ciclo	**Etapa**	**Duração** (h)	**T** (°C)	**HR** (%)	**1.ª fase ⟹ 2.ª fase ⟹ 3.ª fase ⟹ 4.ª fase**			
1	1	3	40	30	*T+HR*	*T+HR*	*T+HR+SD*	*T+HR+SS*
	2	3	20	70	*T+HR*	*T+HR*	*T+HR*	*T+HR*
	3	3	0	80	*T+HR*	*T+HR+R*	*T+HR*	*T+HR*
	4	3	20	70	*T+HR*	*T+HR*	*T+HR*	*T+HR*
			Número de ciclos totais:		14	14	14	10

T – temperatura; **HR** – humidade relativa; **R** – aspersão de água (cada 2 ciclos) + água sobre a areia (cada 4 ciclos); **SD** – aspersão de solução de cloreto de sódio (cada 2 ciclos); **SS** – aspersão de solução de sulfato de sódio sobre a areia (cada 2 ciclos).

Adicionalmente, na procura de respostas para algumas diferenças de comportamento encontradas, foram utilizadas técnicas complementares, nomeadamente a observação ao microscópio eletrónico de varrimento de superfícies polidas e de fratura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Distribuição porosimétrica

Na Figura 2 e no Quadro 4, são apresentadas as curvas de distribuição porosimétrica das argamassas em estudo e algumas das propriedades da sua estrutura porosa, obtidas por MIP, aos 90 dias.

É possível observar que, para cada argamassa, as curvas de distribuição porosimétrica exibem um comportamento muito diferenciado, consoante o ligante utilizado, mesmo empregando o mesmo tipo de agregado e idênticas composições volumétricas (Figura 2). São, em geral, compostas por um pico principal, que corresponde aproximadamente a diâmetros de poros entre 0,5 e 1 µm, e por um pico, menos expressivo nos ligantes hidráulicos, entre 7 e 25 µm. O pico principal, identificado como diâmetro de poro crítico (*dcr*), define a maior (ou menor) capacidade de percolação do sistema poroso (Pipilikaki e Beazi-Katsioti, 2009).

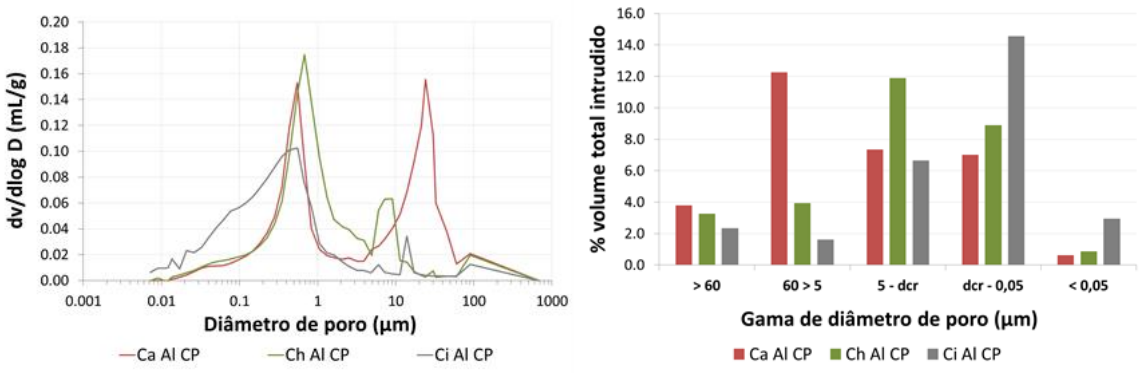


Figura 2 – Curvas e valores da distribuição porosimétrica das argamassas em estudo, aos 90 dias

Quadro 4 – Características da estrutura porosa das argamassas aos 90 dias, obtida por MIP

Argamassa	Volume total intrudido (mL/g)	Porosidade (%)	Diâmetro médio de poro (μm)	Diâmetro de poro crítico (μm)
Ca Al CP	0.17	31	7,74	0,55
Ch Al CP	0.16	29	0,98	0,68
Ci Al CP	0.14	28	0,37	0,55

Na gama da macroporosidade (poros superiores a 5 μm) o volume e o diâmetro dos poros é superior na argamassa *Ca Al CP,* que por sua vez apresenta uma razão água / ligante superior à das restantes argamassas, conduzindo a uma maior perda da água livre durante o endurecimento, e, consequentemente, a um aumento de volume nesta gama de poros, assim como da porosidade aberta total. Em oposição, a argamassa *Ch Al CP* apresenta um menor volume de poros e uma gama mais restrita de diâmetros.

A distribuição porosimétrica na gama dos poros capilares, aproximadamente entre 0,05 a 5 μm e onde engloba o *dcr*, pode ser dividida em duas faixas distintas (Santos, 2019):

- porosidade grande capilar, em que o diâmetro dos poros está compreendido entre 5 μm e o *dcr*, onde a argamassa de cal hidráulica (*Ch Al CP*) apresenta um maior volume de intrusão e poros com maior diâmetro;
- porosidade pequena capilar, em que o diâmetro dos poros se encontra abaixo do diâmetro crítico (*dcr*), onde a argamassa com cimento Portland (*Ch Al CP*) é a que apresenta um maior volume. Nesta gama, as argamassas com base em cal apresentam uma distribuição muito semelhante.

Lawrence *et al.* (2007) atribuem o incremento de volume na gama capilar à aglomeração de cristais amorfos ou semi-amorfos de carbonato de cálcio. De facto, como referido, a cal hidráulica natural é, de entre os tipos de ligantes estudados, o que apresenta maior teor de $CaCO_3$ na sua composição inicial, devido à presença de compostos que não foram calcinados durante o seu processo de fabrico (Santos, 2019), assim como uma elevada taxa de carbonatação aos 90 dias (73%, determinado por análise termogravimétrica, comparado com 79% para a argamassa de cal aérea), o que poderá levar a um maior incremento de volume, nomeadamente em torno do *dcr*. Adicionalmente, o ligeiro deslocamento do volume, nesta gama, para os poros de maior diâmetro, sugere a presença de alguma microfissuração na argamassa de cal hidráulica devido à retração por secagem (Scrivener *et al.*, 1988).

Por outro lado, o volume abaixo do *dcr* (porosidade pequena capilar) é bastante significativo para a argamassa de cimento, uma vez que esta gama de poros é atribuída às fases do clínquer (Berodier e Scrivener, 2015). À medida que a taxa de hidratação aumenta, o volume nesta gama tende a diminuir porque é preenchida pelos produtos de hidratação (Espinosa e Frank, 2016), gerando um aumento da microporosidade e da porosidade gel (< 0,05 μm).

No que se refere à porosidade aberta total, a argamassa de cal aérea apresenta, como seria de esperar, um valor ligeiramente superior (entre 2 e 3%) em relação às restantes argamassas (Quadro 4).

3.2. Comportamento mecânico

Na Figura 3, são apresentados os resultados obtidos aos 90 dias nos ensaios de resistência à tração por flexão (Rt) e à compressão (Rc), assim como do módulo de elasticidade dinâmico (E).

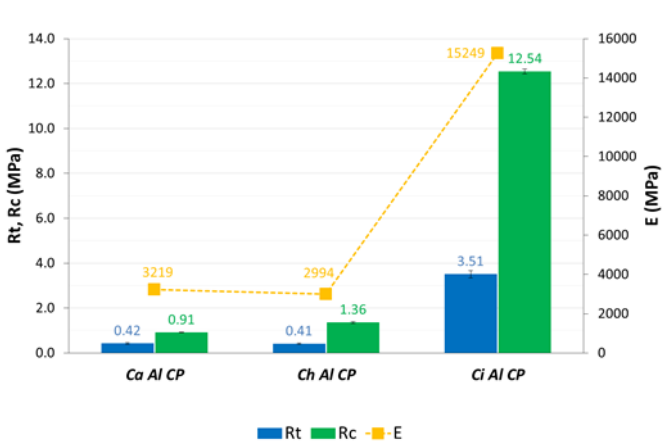
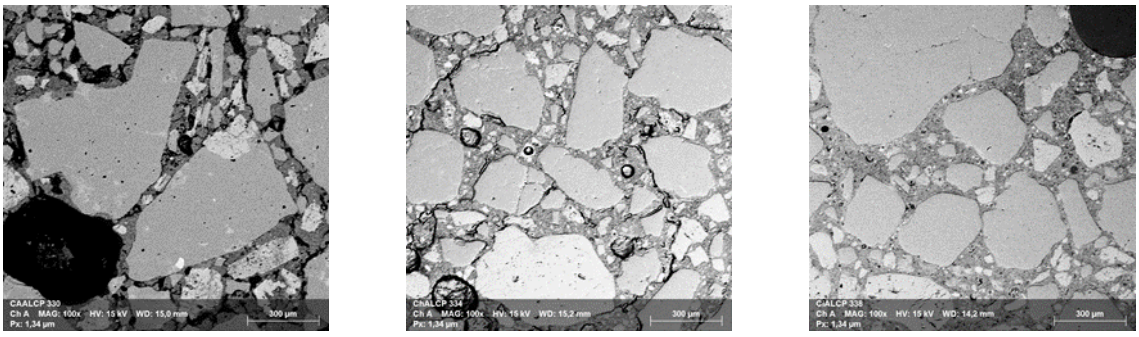


Figura 3 – Resultados médios dos ensaios de resistência à tração por flexão (Rt) e compressão (Rc) e módulo de elasticidade dinâmico (E), aos 90 dias

Seria de esperar, dada a presença de compostos hidráulicos, um aumento das resistências mecânicas, em particular da resistência à compressão, com o aumento da hidraulicidade das argamassas. Contudo, a argamassa de cal hidráulica natural inverte esta tendência em dois dos parâmetros em análise, verificando-se um ligeiro decréscimo da resistência à tração por flexão e um ligeiro acréscimo da sua deformabilidade, de cerca de 3% e 7%, respetivamente, em relação à argamassa de cal aérea.

A explicação deste decréscimo pode estar relacionada com a granulometria do próprio ligante uma vez que, tal como referido, a cal hidráulica natural é o ligante utilizado com maior tamanho médio de partículas, o que poderá implicar o não preenchimento dos pequenos vazios deixados pelo rearranjo das partículas de areia, conduzindo a uma argamassa com menor compacidade, embora esta diferença não seja detetada nas medições com MIP (Quadro 4). Por outro lado, a ocorrência de alguma microfissuração interna nesta argamassa, resultante de tensões internas provocadas pela retração também poderá ter contribuído para a diminuição da resistência à tração por flexão (Figura 4), que é mais afetada por aquele processo do que a resistência à compressão (Arandigoyen e Alvarez, 2007). O incremento da microfissuração interna da matriz da argamassa de cal hidráulica natural, provocada pela retração por secagem, relativamente à argamassa de cal aérea, que em geral apresenta uma retração de secagem mais elevada e portanto uma maior tendência para fissurar, poderá estar intrinsecamente relacionada com o decréscimo de deformabilidade da argamassa *Ch Al CP,* mas também com o aumento das tensões internas provocadas nos poros capilares, os quais existem em elevado volume nesta argamassa.



Ca Al CP *Ch Al CP* *Ci Al CP*

Figura 4 – Imagens de superfície polida das argamassas em estudo ao microscópio eletrónico de varrimento em que é visível a presença de microfissuração, nomeadamente, na amostra *Ch Al CP* (setas)

De facto, verificou-se que os resultados mecânicos são consistentes com a variação do volume e diâmetro da porosidade maior (gama relacionada com a zona de interface ligante / agregado- ITZ - e de retração por secagem).

Em geral, o aumento do volume e do diâmetro da macroporosidade (d > 5µm) conduz a uma redução significativa da resistência, nomeadamente à compressão; no entanto, um aumento do volume e do diâmetro da porosidade grande capilar (*dcr* < d < 5 µm) reduz de forma mais significativa a resistência à tração por flexão e o módulo de elasticidade, o que se atribui à microfissuração de retração.

3.3. Absorção capilar

A Figura 5 representa as curvas de absorção de água por capilaridade das argamassas aos 90 dias. É possível observar que a argamassa com cal hidráulica natural (*Ch Al CP*) apresenta maior velocidade de absorção capilar inicial (C = 1,9 kg/m^2.min$^{1/2}$), embora sempre com valores próximos da argamassa com cal aérea (C = 1,5 kg/m^2.min$^{1/2}$), enquanto a argamassa com cimento Portland (*Ci Al CP*) apresenta coeficientes muito inferiores (C = 0,5 kg/m^2.min$^{1/2}$). Este comportamento pode ser justificado pela variação de volume e diâmetro na gama dos poros capilares, representada essencialmente pelos grandes poros capilares (*dcr* < d < 5 µm), onde a argamassa *Ch Al CP* possui um volume significativo de poros com diâmetros maiores do que as restantes argamassas (Figura 2).

Os valores de absorção máxima de água, por unidade de superfície do provete, mostram a mesma tendência, sendo a argamassa *Ci Al CP* a que absorve menor volume de água (23 kg/m^2). Por outro lado, a argamassa com cal hidráulica (*Ch Al CP*) absorve um maior volume (39 kg/m^2). Esta variação está, em geral, em consonância com a variação da porosidade (*P*) (Quadro 4), que em grande parte condiciona a absorção máxima. No entanto, nas argamassas com volume significativo de macroporos (d > 10 µm), esta relação pode ser alterada pela macroporosidade com dimensões acima da gama capilar, que influencia *P* mas não interfere na absorção capilar máxima (Mindess *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2018b). Assim, por exemplo, a argamassa *Ca Al CP* apresenta uma maior porosidade mas a absorção não é a máxima, provavelmente porque uma parte do volume de macroporos, que é particularmente elevado, está acima da gama capilar.

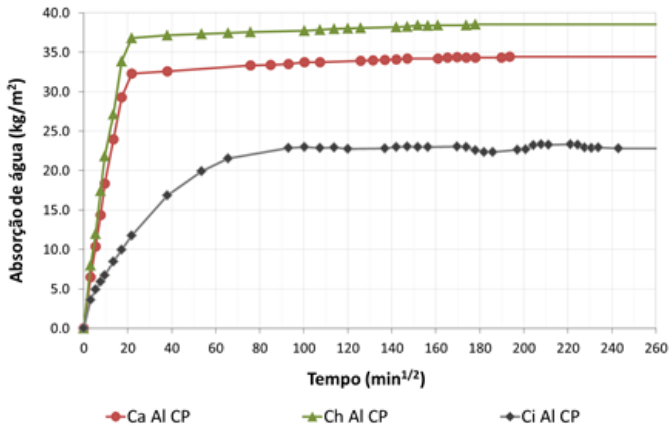


Figura 5 – Curvas de absorção de água por capilaridade, aos 90 dias

3.4. Durabilidade

Com o objetivo de avaliar o desempenho, a longo prazo, face à ação de agentes de degradação, as argamassas foram sujeitas a um ensaio de envelhecimento artificial acelerado. Após o ensaio, observou-se que todas as amostras apresentavam eflorescências na superfície, mas com diferentes padrões: enquanto as argamassas com base em cal (*Ca* e *Ch*) apresentavam uma abundante cristalização na frente de secagem (zona de molhagem / secagem), a argamassa de cimento (*Ci*) apresentava falta de coesão superficial em toda a superfície (Figura 6).



Ca Al CP *Ch Al CP* *Ch Al CP*

Figura 6 – Superfície de alguns provetes de argamassa após o ensaio de envelhecimento

As características físicas e mecânicas das argamassas após o ensaio de envelhecimento artificial acelerado, assim como a sua variação relativamente às argamassas de referência, são sintetizadas no Quadro 5. Em termos gerais, o ensaio de envelhecimento acelerado conduz a uma redução da porosidade aberta (P_0) e a um aumento significativo das resistências mecânicas nas argamassas com base em cal (*Ca* e *Ch*), sendo que o incremento mais acentuado é observado nas argamassas de cal hidráulica natural. Por outro lado, no caso da argamassa com cimento Portland (*Ci*), apesar de a porosidade aberta também reduzir, esta apresenta uma ligeira diminuição das resistências mecânicas, nomeadamente da resistência à tração por flexão (Rt), e um aumento da deformabilidade (E). Esta composição também foi a que teve um maior decréscimo de massa após o ensaio.

Este comportamento sugere que a variação de desempenhos após os ciclos de envelhecimento pode estar associada à estrutura porosa das argamassas (Berodier e Scrivener, 2015; Ginell, 1994). As argamassas com base em cal apresentam um elevado volume de grandes poros (capilares e macroporos), que permitem tanto a percolação de água no interior da sua estrutura porosa conectada (o que favorece o processo de secagem, assim como, em condições controladas, a humidade promove uma mais rápida difusão do CO_2) (Martinez-Ramirez, 1999), como acomodar as tensões produzidas pela cristalização dos sais no interior da estrutura porosa (Benavente *et al.*, 2011). Esta capacidade das argamassas com um elevado volume de grandes poros conduz tanto a um incremento das resistências mecânicas como a uma maior durabilidade, uma vez que a cristalização dos sais (que resulta em aumento do volume dos cristais) preenche os vazios existentes, melhorando a sua compacidade (Figura 7) sem quebrar a rede porosa.

Quadro 5 – Características das argamassas após os ciclos de envelhecimento artificial e sua variação

Argamassa	MV		P_0		E		Rt		Rc	
	kg/m³	Δ (%)	%	Δ (%)	MPa	Δ (%)	MPa	Δ (%)	MPa	Δ (%)
Ca Al CP	1760	+ 0.1	24	- 1	4500	+ 40	0,75	+ 79	1,11	+ 22
Ch Al CP	1800	+ 2	24	- 2	4880	+ 63	0,97	+ 137	2,31	+ 70
Ci Al CP	1890	- 1	19	- 1	14560	- 5	3,45	- 2	12,5	- 0.5

MV –massa volúmica aparente; **P_0** – porosidade aberta (método de pesagem hidrostática); **E** – módulo de elasticidade dinâmico; **Rt** – resistência à tração por flexão; **Rc** – resistência à compressão.

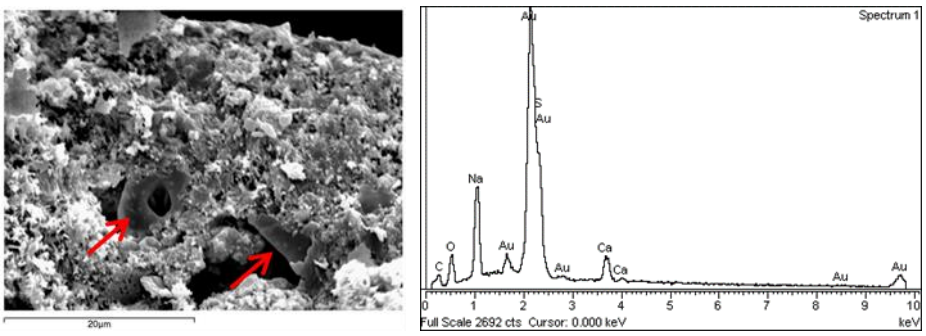


Figura 7 – Imagem ao microscópio eletrónico de varrimento e análise EDS em que é visível a cristalização dos sais de sulfato de sódio (setas) no interior da grande porosidade capilar da argamassa de cal

Contrariamente, as argamassas de cimento, com grande volume de pequenos poros capilares, podem ter uma diminuição das resistências mecânicas, devido à microfissuração gerada pelas elevadas tensões produzidas pela cristalização dos sais no interior dos pequenos poros (Theoulakis e Moropoulou, 1997). Para além disso, os pequenos poros também reduzem a velocidade de absorção da água até ao interior, levando a que a cristalização ocorra logo na camada mais externa da argamassa, originando a perda de coesão superficial observada após o ensaio. Este resultado está em conformidade com a perda de massa registada, mas também com o decréscimo mais acentuado da resistência à tração por flexão, em comparação com a resistência à compressão, o que pode afetar a durabilidade das argamassas de cimento.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho pretende avaliar o desempenho físico-mecânico de três composições de argamassa com diferentes ligantes (cal aérea, cal hidráulica natural e cimento Portland), estabelecendo uma relação direta com a distribuição porosimétrica de cada umas das composições analisadas, de forma a compreender o seu comportamento.

Os resultados obtidos revelam que uma redução do volume da macroporosidade (poros na interface agregado-pasta - ITZ), assim como o diâmetro de poro dessa mesma gama, conduz a maiores resistências mecânicas, nomeadamente à compressão. No entanto, a redução do diâmetro dos macroporos pode traduzir-se num aumento da porosidade capilar, que implica um aumento da absorção de água por capilaridade, o que pode tornar as argamassas mais vulneráveis à ação da água, nomeadamente quando existem fenómenos de expansão (como a formação de gelo ou a cristalização de sais), tendendo a comprometer a sua durabilidade.

Assim, as argamassas com base em cal apresentam uma estrutura porosa mais conectada e com maior volume de poros de grandes dimensões (grandes poros capilares e macroporos) que, em geral, conduz a um decréscimo das resistências mecânicas; no entanto, tal permite um bom desempenho e durabilidade das argamassas quando sujeitas a ações que promovem elevadas tensões no interior da sua estrutura porosa. Contrariamente, as argamassas de cimento, com elevado volume nos poros de menor diâmetro (< *dcr*), o que seria esperado devido ao maior teor de compostos hidráulicos, têm elevadas resistências mecânicas. No entanto, esta característica gera tensões elevadas nos suportes antigos, quer devido à rigidez excessiva e à porosidade reduzida própria destas argamassas, quer devido a reações de origem química e física como a cristalização de sais solúveis, que levam ao aparecimento de microfissuras, por onde circulam as águas pluviais, humidade, gerando mecanismos de degradação, que podem levar ao comprometimento da estrutura como um todo.

No Quadro 6, sintetiza-se a relevância das gamas porosimétricas, com as vantagens e desvantagens no desempenho das argamassas, nomeadamente para aplicação em edifícios antigos, com vista à otimização do desempenho de composições de argamassas para a reabilitação de vários tipos de edifícios.

Quadro 6 – Gamas porosimétricas e os seus efeitos principais no desempenho das argamassas

Gama porosimétrica		**Aspetos positivos**	**Aspetos negativos**
Diâmetro de poro	**Relevância nas argamassas de**		
d > 5 µm	• Cal aérea	• Aumento da durabilidade dos revestimentos quando sujeitos a ações expansivas (como saís e ciclos gelo / degelo); • Redução da absorção de água total	• Redução das resistências mecânicas (em especial a resistência à compressão)
5 µm < d > *dcr*	• Cal hidráulica natural	• Aumento da durabilidade dos revestimentos na presença de água na sua rede porosa (secagem rápida)	• Aumento do fluxo de água na absorção (maiores *C* e *Abs.*); • Redução das resistências mecânicas (associada à microfissuração por retração por secagem)
d < *dcr*	• Cimento Portland	• Aumento das resistências mecânicas e rigidez	• Redução da durabilidade dos revestimentos (secagem lenta e tensões elevadas no interior dos poros)

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração das empresas Agregados S.A., Lusical S.A. e Secil Argamassas, pelo fornecimento dos materiais; à Universidade de Navarra, e em especial ao Professor José Ignacio Álvarez, pela realização e colaboração nos ensaios MIP; ao LNEC, I.P. pelo financiamento através dos Projetos "PRESERVe" e "REuSE". Este trabalho é uma contribuição para o projeto PTDC/EPH-PAT/4684/2014 "DB-HERITAGE - Database of building materials with historical and heritage interest". O apoio do LNEC, IST, CERIS e da FCT é também reconhecido.

REFERÊNCIAS

ARANDIGOYEN, M.; ALVAREZ, J.I., 2007 – **Pore structure and mechanical properties of cement-lime mortars**. *Cement and Concrete Research*. vol. 37 (5), pp. 767-775.

ARANDIGOYEN, M.; BICER-SIMSIR, B.; ALVAREZ, J.I.; LANGE, D.A., 2006 – **Variation of microstructure with carbonation in lime and blended pastes**. *Applied Surface Science*. vol. 252 (20), pp. 7562-7571.

BENAVENTE, D.; SANCHEZ-MORAL, S.; FERNANDEZ-CORTES, A. *et al*., 2011 - **Salt damage and microclimate in the Postumius Tomb, Roman Necropolis of Carmona, Spain**. *Environmental Earth Sciences*. vol. 63 (7-8), pp. 1529-1543.

BERODIER, E.; SCRIVENER, K., 2015 – **Evolution of pore structure in blended systems**. *Cement and Concrete Research*. vol. 73, pp. 25-35.

EN 1015-2:1998 – **Methods of test for mortar for masonry; Part 2: Bulk sampling of mortars and preparation of test mortars.** Brussels: CEN.

EN 1015-3:1999 – ***Methods of test for mortar for masonry; Part 3: Determination of consistence of fresh mortar (by flow table*)**. Brussels: CEN.

EN 1015-11:1999 – **Methods of test for mortar for masonry; Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar**. Brussels: CEN.

EN 14146:2004 – **Natural stone test methods; Determination of the dynamic modulus of elasticity (by measuring the fundamental resonance frequency)**. Brussels: CEN.

EN 15801:2009 – **Conservation of cultural property; Test methods: Determination of water absorption by capillarity**. Brussels: CEN.

EN 196-1:2016 – **Methods of testing cement; Part 1: Determination of strength**. Brussels: CEN.

EN 12370:1999 – **Natural stone test methods; Determination of resistance to salt crystallization**. Brussels: CEN.

ELERT, K.; CULTRONE, G.; RODRIGUEZ NAVARRO, C.; SEBASTIÁN PARDO, E., 2003 – **Durability of bricks used in conservation of historic buildings: influence of composition and microstructure**. *Journal of Cultural Heritage*. vol. 4 (2), pp. 91-99.

ESPINOSA, R.M.; FRANK, L., 2006 – **Influence of the age and drying process on pore structure and sorption isotherms of hardened cement paste**. *Cement and Concrete Research*. vol. 36 (10), pp. 1969-1984.

FRAGATA, A.; VEIGA, M. R.; VELOSA, A., 2016 – **Substitution ventilated render systems for historic masonry: Salt crystallization tests evaluation**. *Construction and Building Materials*. vol. 102 (1), pp. 592-600.

GINELL, W., 1994 – **The nature of changes caused by physical factors**. In *Durability and Change: The Science, Responsibility and Cost of Sustaining Cultural Heritage,* W. Krumbein, D. Brimblecombe, D. Cosgrove and S. Staniforth (Eds.): John Wiley & Sons, pp. 81-94. ISBN: 978-0-471-95221-3.

HOUST, Y.; WITTMANN, F., 1994 – **Influence of porosity and water content on the diffusivity of CO2 and O2 through hydrated cement paste**. *Cement and Concrete Research*. vol. 24 (6), pp. 1165-1176.

LAWRENCE, M.; MAYS, T.; RIGBY, S.; WALKER, P.; D'AYALA, D., 2007 – **Effects of carbonation on the pore structure of non-hydraulic lime mortars**. *Cement and Concrete Research*. vol. 37(7), pp. 1059-1069.

MARTINEZ-RAMIREZ, S., 1999 – **Influence of SO2 deposition on cement mortar hydration**. *Cement and Concrete Research*. vol. 29 (1), pp. 107-111.

METEO|Técnico – **Serviço de previsão numérica do tempo (IST) – Registo histórico**, disponível em <http://meteo.tecnico.ulisboa.pt/obs/history > (acessível em maio de 2015).

MINDESS, S.; YOUNG, J.F.; DARWIN, D., 2002 – **Concrete**. 2nd edition, Prentice Hall. ISBN: 978-1-3064-6323.

PIPILIKAKI, P.; BEAZI-KATSIOTI, M., 2009 – **The assessment of porosity and pore size distribution of limestone Portland cement pastes.** *Construction and Building Materials*. vol. 23 (5), pp. 1966-1970.

RILEM TC 203-RHM, 2012 – **Repair mortars for historic masonry: Performance requirements for renders and plasters**. *Materials and Structures*. vol. 45, pp. 1277-1285.

SANTOS, A. R., 2019 – **The influence of natural aggregates on the performance of replacement mortars for ancient buildings: the effects of mineralogy, grading and shape**. Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

SANTOS, A. R.; VEIGA, M. R., 2012 – **Argamassas compatíveis para edifícios antigos**. In: M. Antunes et al. (Eds.), *Actas do 2.º Ciclo de jornadas LNEC: JIIL12 - Jornadas de investigação e inovação: cidades e desenvolvimento - Conservação e reabilitação do património edificado*. Lisboa: LNEC, pp. 59-60.

SANTOS, A. R.; VEIGA, M. R.; MATIAS, L.; SANTOS SILVA, A.; de BRITO, J., 2018a – **Durability and compatibility of lime-based mortars: the effect of aggregates**. *Infrastructures*. vol. 3 (3), 34.

SANTOS, A. R.; VEIGA, M. R.; SANTOS SILVA, A.; de BRITO, J., 2018b – **A avaliação do comportamento hídrico de argamassas com base em cal: O efeito dos agregados na capacidade de proteção**. In: J. I. Alvarez *et al.* (Eds.), *Tradición, versatilidad e innovación en la cal: un material de excelencia* - Libro de Actas de las VI Jornadas FICAL: Fórum Ibérico de la Cal. Pamplona: UN, pp. 106-117.

SCRIVENER, K.; BENTUR, A.; PRATT, P., 1988 – **Quantitative characterization of the transition zone in high strength concretes.** *Advanced Cement Research*. vol. 1, pp. 230-238.

THEOULAKIS, P.; MOROPOULOU, A., 1997 – **Microstructural and mechanical parameters determining the susceptibility of porous building stones to salt decay**. *Construction and Building Materials*. vol. 11 (1), pp. 65-71.

VEIGA, M. R.; CARVALHO, F., 1998 – **Some performance characteristics of lime mortars for use on rendering and repointing of ancient buildings**. Colecção Comunicações, COM 15. Lisboa: LNEC. ISBN: 972-49-1763-0.

REABILITAÇÃO DO PANO EXTERIOR DE UMA PAREDE DUPLA EM TIJOLO CERÂMICO FURADO

REHABILITATION OF THE OUTER LAYER OF A DOUBLE WALL IN HOLLOWED CERAMIC BRICK





Manuel Pinto [(1)], José Padrão [(2)], António Oliveira [(3)]

(1) School of Technology & Management (ESTGV) – CONSTRUCT (LFC), Portugal, mpinto@estgv.ipv.pt
(2) School of Technology & Management (ESTGV) – CONSTRUCT (LABEST), Portugal, jpadrao@estgv.ipv.pt
(3) School of Technology & Management (ESTGV) – CONSTRUCT (LFC), Portugal, amffo@estgv.ipv.pt

RESUMO

Apresenta-se o diagnóstico e solução de reabilitação da fissuração e colapso (parcial) de uma parede exterior dupla, em formato circular, do edifício da biblioteca de uma instituição de ensino superior projetado e construído na década de 1990. A parede é constituída por pano exterior em alvenaria de tijolo furado com 0,11 m de espessura (apoia apenas em cerca de 0,07 m) e pano interior em betão armado de 0,20 m de espessura. A ancoragem e travamento vertical do pano exterior são deficientes. Admite-se que a fissuração manifestada nas paredes exteriores tem origem, sobretudo, no comportamento do pano exterior de tijolo, face à ação da temperatura, da humidade e ao próprio processo de execução. A solução de reabilitação preconizada passa por uma das soluções:

a) Estabilização do pano exterior:
   - ancoragem do pano exterior recorrendo a grampeamento (densidade aproximada de 5 ligadores/m²). Em face da instabilidade da 1.ª fiada de alguns troços, pontualmente, a densidade de ligadores na 1.ª e 2.ª fiada deve ser reforçada;
   - tratamento das fissuras mais significativas;
   - revestimento final e integral das paredes com reboco à base de polímeros, armado;
   - preferencialmente, de textura ("grão") e cor idêntica à dos edifícios existentes.
b) Demolição do pano exterior e execução de ETICS:
   - demolição global do pano exterior em tijolo cerâmico furado;
   - execução de solução em ETICS com 18 cm de espessura de isolamento, de forma a respeitar as dimensões dos elementos existentes (ex.: saliência dos peitoris). Na face exterior das consolas curtas a espessura do isolamento será menor (4 cm).

Palavras-chave: Paredes Duplas / Fissuração de Paredes / Reabilitação de Paredes / Apoio Deficiente do Pano Exterior

1. INTRODUÇÃO

A execução de paredes duplas (envolvente exterior) em Portugal com alvenaria de tijolos/blocos teve início aproximadamente na década de 50 do século passado. Além dos critérios ao nível do projeto de estabilidade, a sua execução envolve diversos pormenores de conceção e execução, entre os quais se destacam:

- Espessura mínima dos panos atendendo a critérios higrotérmicos, de isolamento a sons aéreos e de resistência a ações climáticas;
- Adequada seleção, fixação e posicionamento do isolamento térmico;
- Caixa-de-ar com espessura limitada (espessura mínima e máxima) e sem resíduos;
- Caleira de drenagem da caixa-de-ar com impermeabilização, configuração transversal e inclinação adequadas;
- Drenagem da caleira com secção, inclinação, espaçamento e saliência (em relação ao revestimento exterior) adequados;
- Tratamento adequado das pontes térmicas, nomeadamente atendendo à estabilidade mecânica das forras térmicas.

O desrespeito destes pormenores tem acarretado a ocorrência de patologia, nomeadamente a falta de estanquidade das paredes e a fissuração/colapso do pano exterior.

2. CRITÉRIOS DE EXECUÇÃO DOS PANOS DE UMA PAREDE DUPLA

Para evitar o aparecimento das fissuras resultantes das ações de carácter higrotérmico, é conveniente travar as alvenarias com elementos horizontais e verticais de betão armado, mesmo que os panos exteriores estejam convenientemente ligados aos panos interiores. Neste caso e segundo o projeto de execução fornecido, não existe confinamento vertical das alvenarias.

Podem referir-se alguns princípios de execução que o Document Technique Unifié - DTU 20.1 (CSTB, 2008) apresenta e que se devem ter em consideração no presente caso:

- Os panos de alvenaria devem estar apoiados em pelo menos 2/3 da base de apoio;
- Em panos com apoio em pelo menos 2/3 da base e altura de 1 piso, o número de ligadores entre panos deve ser de 2/m²;
- Deve ser prevista uma armadura nos revestimentos (usualmente, em fibra de vidro) nas interfaces entre os elementos de betão armado e as alvenarias.

Segundo o Eurocódigo 8 (IPQ, 2010), na execução de panos de alvenaria de enchimento dos pórticos de betão armado e para melhorar a integridade e o comportamento das mesmas, devem adotar-se critérios de boas práticas, tais como:

- Deve usar-se armadura de junta com ligação aos pilares;
- Deve usar-se ligadores entre os panos de paredes duplas;
- Deve usar-se montantes e cintas de betão armado ao longo dos “painéis” e com a espessura total da parede;
- Se houver grandes aberturas, os seus bordos deverão, por exemplo, ser constituídos por alvenaria com armadura de junta (alvenaria armada).

Para uma adequada resistência mecânica e hígrica do pano exterior de uma parede dupla, este deve ter uma espessura mínima de 0,15 m (Freitas, Pinto, 2000).

3. CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DO EDIFÍCIO E DA PAREDE DA ENVOLVENTE EXTERIOR

O edifício em estudo (biblioteca) situa-se no Campus Politécnico de Repeses - Viseu e interliga-se com o edifício administrativo da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu (ESTGV; Figura 1). O projeto de execução foi realizado em 1992-1993 e a sua construção foi finalizada em 1998.

O edifício tem 5 pisos estando o piso 0 parcialmente enterrado na fachada oeste. As superfícies de fachada são revestidas com reboco monocamada (Figura 1).



Figura 1 – Fachadas sul e este do edifício da biblioteca

3.1. Zona corrente de parede

De acordo com o projeto de execução do edifício (Figura 2), a parede da envolvente exterior devia apresentar a seguinte constituição (Pinto, Padrão, Oliveira, 2019):

- Revestimento interior (reboco estanhado/azulejo);
- Pano interior em betão armado de 0,20 m de espessura;
- Camada de isolamento térmico constituída por placas de poliestireno expandido (EPS) com 3 cm de espessura;
- Caixa-de-ar com 4 cm de espessura;
- Pano exterior em alvenaria de tijolo furado com 0,11 m. Este pano encontra-se ligado ao pano interior por intermédio de ligadores, com uma densidade estabelecida aquando da respetiva execução (não consta do projeto). O tipo de ligadores entre panos observados aquando do colapso, além de colocados aleatoriamente e com uma densidade muito reduzida, em face da solução aplicada (chapa metálica lisa) propiciam reduzida aderência na argamassa de assentamento;
- Revestimento exterior de cor clara com juntas de esquartelamento (reboco monocamada com pedra projetada).

3.2. Apoio do pano exterior da alvenaria

O apoio do pano exterior das alvenarias (0,11 m de espessura) é realizado através da execução de consolas curtas

(L = 0,14 m) (Pinto, Padrão, Oliveira, 2019), conforme Figura 2.

Segundo o projeto de estruturas, as faces inferior e superior das alvenarias podem distar entre si entre 1,10 m a 4,40 m (Pinto, Padrão, Oliveira, 2019).

Sobrejacente aos vãos, as consolas curtas não têm forra térmica, ficando com mais de 1/3 do pano exterior totalmente em balanço (pormenor a tracejado na Figura 2), sendo a ocultação da consola realizada através da aplicação de uma chapa de alumínio termolacado com interligação à caixilharia (Pinto, Padrão, Oliveira, 2019).

Nas restantes situações, sensivelmente ao nível dos pisos (lajes), a correção das pontes térmicas terá sido resolvida com recurso a tijolo furado com 3 cm de espessura (presume-se com 1 cm de argamassa de colagem aos elementos de betão armado). Estes elementos terão sido aplicados apenas durante a execução das alvenarias e, portanto, após a execução da estrutura de betão armado. Desta forma, o pano exterior da alvenaria tem a sua face exterior alinhada com a forra de tijolo, pelo que apenas uma parte (0,07 m, segundo o projeto) se apoia sobre a consola curta.

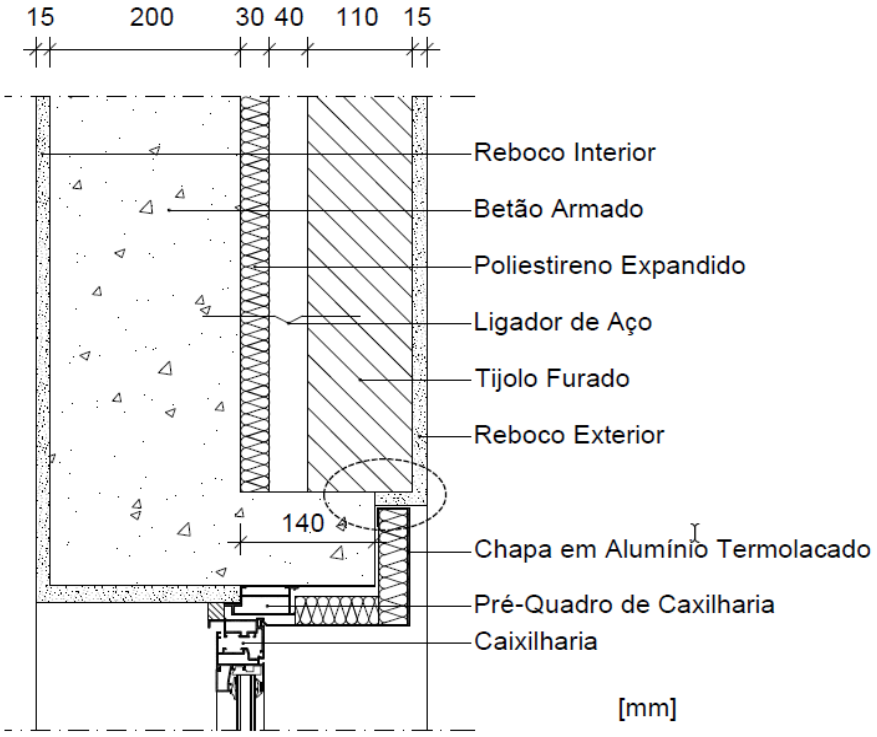


Figura 2 – Corte vertical representativo da constituição das paredes exteriores da envolvente do edifício, ao nível dos apoios dos panos exteriores de alvenaria, de acordo com o projeto de execução

4. PATOLOGIAS MAIS SIGNIFICATIVAS OBSERVADAS NA ENVOLVENTE VERTICAL EXTERIOR

O edifício em estudo apresenta uma fissuração muito significativa dos paramentos verticais da envolvente exterior, em particular nas seguintes zonas (Pinto, Padrão, Oliveira, 2019):

- Ao nível do apoio do pano exterior das paredes, tendo essa fissuração um desenvolvimento aproximadamente horizontal e localizada sensivelmente na argamassa de assentamento da 2.ª fiada de tijolo (Figura 3). Esta fissuração é acompanha por um "abaulamento" pontual na zona da 1.ª e 2.ª fiadas de tijolo (desaprumo da zona inferior da alvenaria);
- No cunhal entre o pano exterior e a parede reentrante na zona da escada de acesso exterior à cobertura na fachada sul (Figura 4).



Figura 3 – Exemplo da fissuração horizontal existente na generalidade dos panos exteriores ao nível dos apoios das paredes (fachada oeste)



Figura 4 – Fissuração no cunhal na zona da escada de acesso à cobertura (fachada sul)

4.1. Causas da fissuração da envolvente vertical exterior

A fissuração pode ocorrer apenas nos revestimentos das paredes ou ser extensiva aos suportes (alvenarias, estrutura de betão, etc.). No edifício em estudo, admite-se que, na generalidade, as fissuras detetadas afetam os revestimentos e respetivos suportes, o que se poderá confirmar através de sondagens.

No presente caso, atendendo à configuração e localização dos problemas detetados e sem excluir definitivamente nenhuma das possíveis causas, admite-se que a fissuração manifestada nas paredes exteriores tem origem, sobretudo, no comportamento do pano exterior de alvenaria de tijolo, face à ação da temperatura, da humidade e ao próprio processo de execução (nomeadamente devido ao insuficiente travamento e apoio) (Pinto, Padrão, Oliveira, 2020).

5. COLAPSO PARCIAL DO PANO EXTERIOR

Em 14 setembro de 2018, cerca de 30 m² do pano exterior da parede, pertencente à fachada sul, ao nível do piso 1, colapsou (Figura 5). Este colapso pode ter sido consequência das deficiências construtivas, mas também das anomalias climatológicas ocorridas em setembro de 2018. Esse mês foi o mais quente de Portugal Continental dos últimos 88 anos, registando Viseu uma média da temperatura máxima de 29,5 ^{0}C e uma máxima

mensal de 35 ^{0}C ocorrida no dia 1 de setembro. No período de 11 a 17 de setembro a cidade de Viseu foi submetida a uma onda de calor[1] (IPMA, 2020).

Embora na primeira quinzena de setembro de 2018 tenham ocorrido, pelo menos, dois sismos que se sentiram nas regiões norte e centro de Portugal, admite-se que estes, em face da reduzida magnitude (cerca de 3,1 e 4,6 na escala de Richter) e distância focal, não tiveram influência no colapso ocorrido (IPMA, 2020).



Figura 5 – Troço colapsado (fachada sul)

6. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA OS TRABALHOS DE REPARAÇÃO

Devido à gravidade das fissuras detetadas e à fragilidade face às solicitações de carácter higrotérmico e estrutural (peso das paredes) revelada pelos panos exteriores de parede, a reparação destes elementos terá que ser devidamente ponderada, em termos económicos e de segurança na utilização, e deverá orientar-se por uma das seguintes soluções:

a) Estabilização do pano exterior (Marques, 2014; Ribeiro, 2013; Silva, Carvalhal, 2003; Silva, Carvalhal, Vicente, 2003);

- I)Ancoragem do pano exterior recorrendo a grampeamento. Uma vez que o grampeamento é pós-construção terá que ser do tipo Dryfix (os ligadores devem ser em aço inox, devem ter uma densidade mínima de 2,5/m², colocados em quincôncio (Ancon, 2018). Em face da instabilidade da 1.ª fiada de alguns troços, pontualmente, a densidade de ligadores na 1.ª e 2.ª fiada deve ser reforçada;
- II)Tratamento prévio das fissuras mais significativas;
- III)Revestimento final e integral das paredes com reboco com polímeros, armado, preferencialmente, de textura (“grão”) e cor idêntica à dos edifícios existentes.

Uma vez que esta solução envolve o uso de um berbequim com percussão e para aquilatar da estabilidade dos panos existentes, sugere-se a aplicação prévia da solução numa zona limitada da alvenaria.

É de referir que o revestimento existente deverá apresentar uma resistência mecânica adequada (> 0,3 MPa no ensaio de arrancamento por tração), caso contrário poderá ser necessário proceder à sua demolição.

Esta solução permite uma execução pouco intrusiva, presume-se mais económica e facilmente extensível a outros panos de parede existentes com a mesma patologia nos outros edifícios da ESTGV.

[1] Considera-se que ocorre uma onda de calor quando, num intervalo de pelo menos 6 dias consecutivos, a temperatura máxima diária é superior em 5 ^{0}C ao valor médio diário no período de referência.

b) Demolição do pano exterior e execução de ETICS:

- Demolição global do pano exterior em tijolo cerâmico furado;
- Execução de solução em ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems) com 18 cm de espessura de isolamento, de forma a respeitar as dimensões dos elementos existentes (ex.: saliência dos peitoris). Na face exterior das consolas curtas a espessura do isolamento será menor (4 cm).

Refira-se que as reparações propostas foram pensadas pressupondo que a constituição dos elementos construtivos é a que se apresenta no § 2. Devem, no entanto, realizar-se sondagens que permitam confirmar essa constituição. Em face dos trabalhos preparatórios necessários para a realização das sondagens (ex.: montagem de andaimes), admite-se que estas sejam somente realizadas aquando da execução da solução de reparação, embora antecedendo a mesma.

7. PROPOSTA ADOTADA

A proposta adotada para resolução das patologias observadas no edifício da biblioteca será constituída por aplicação de sistema ETICS [ensaiado segundo a ETAG 004 (EOTA, 2013)], preferencialmente com isolante EPS, o que implica intervenções complementares nos tubos de queda, nos peitoris, nos rufos das platibandas e nas caixilharias.

7.1. Fachada

Será efetuada a demolição do pano exterior e respetivas forras térmicas da fachada, incluindo a remoção do sistema ETICS aplicado aquando da reparação pontual (troço colapsado representado na Figura 5), precedido da desmontagem das caixilharias, rufos da cobertura e tubos de queda. Não serão colocados elementos metálicos semelhantes aos existentes nas torças entre as caixilharias e a parede exterior (conforme Figura 3), prevendo-se que a ocultação da consola curta seja realizada pelo sistema ETICS – Figura 6.

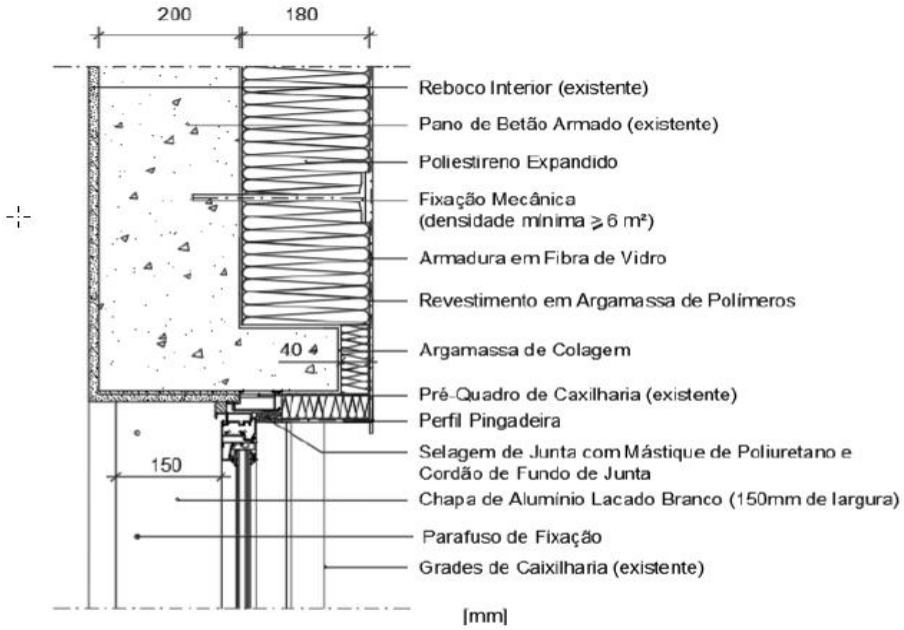


Figura 6 – Corte vertical representativo da constituição das paredes exteriores da envolvente do edifício, ao nível da consola curta, de acordo com o projeto de execução da reabilitação

7.2. Sistema ETICS

A espessura do isolamento térmico em EPS será tal que confira uma espessura da parede igual à que é retirada (cerca de 18 cm), de forma a respeitar as dimensões dos elementos existentes (ex.: saliência dos peitoris). Na

face exterior das consolas curtas prevê-se que a espessura do isolamento seja menor (4 cm).

O sistema ETICS a aplicar, em função da sua inusual espessura e superfície curva, deve ter, nomeadamente, os seguintes cuidados na sua especificação/execução:

- O EPS deve ter uma densidade de 20 kg/m³ (EPS100), deve ter um bom comportamento em relação à água (higroscopicidade, capilaridade e impermeabilidade) e boa estabilidade dimensional. A argamassa de acabamento deve ter uma boa resistência ao desenvolvimento de fungos;
- Preferencialmente, as placas do isolante devem ser coladas totalmente à superfície de suporte, de forma a minimizar os fenómenos de curvatura das placas (APFAC, 2018). Caso a curvatura não seja pré-fabricada, devem ser realizados cortes no verso das placas em forma de "V", em quantidade e ângulos que permitam ajustar as placas à curvatura do suporte;
- O reforço de fixação deve ser realizado pela instalação de buchas (cavilhas) específicas, devidamente ensaiadas segundo a ETAG 014 (EOTA, 2011). As buchas serão distribuídas no perímetro da placa e no centro da mesma (esquema em T), numa quantidade mínima de 6/m² (APFAC, 2018);
- A distância mínima das buchas às arestas (cunhais) e juntas do edifício deve ser de 10 cm (EAE, 2011);
- O aperfeiçoamento da curvatura das placas deve ser realizado através de lixagem. De igual forma, nas zonas de remate entre placas, os eventuais vincos devem ser lixados previamente à aplicação da camada de barramento.

7.3. Pormenores construtivos

A eficácia da solução preconizada depende em grande parte dos pormenores do Projeto de Execução.

Assim, são essenciais os seguintes pormenores:

- Ligação da fachada com rufo da platibanda;
- Sistema ETICS com fixação dos tubos de queda;
- Arranque do sistema ETICS junto ao solo;
- Pormenor de cunhal da fachada com reentrância das escadas exteriores.

A título exemplificativo, apresenta-se na Figura 7 a ligação da fachada com o peitoril.

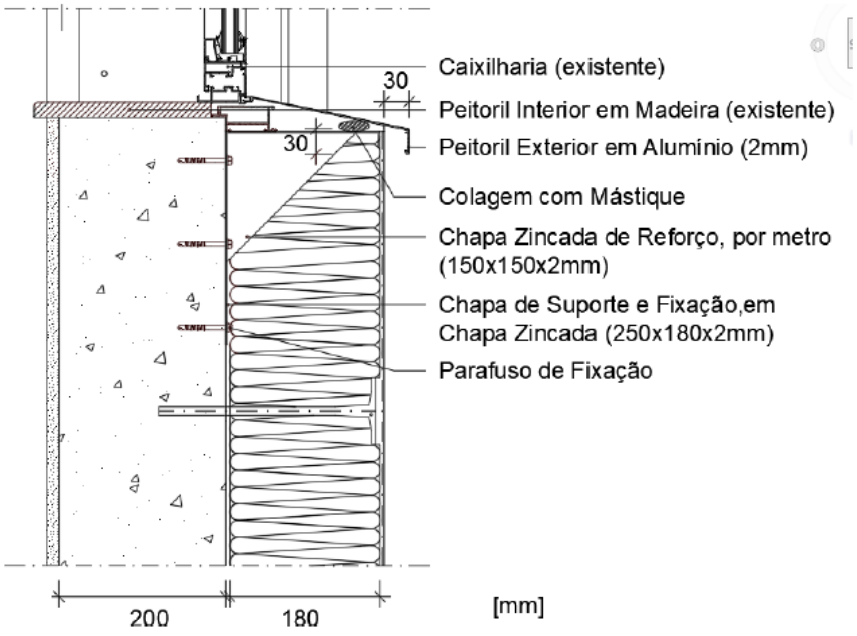


Figura 7 – Corte vertical representativo da constituição das paredes exteriores da envolvente do edifício, ao nível do peitoril, de acordo com o projeto de execução da reabilitação

8. CONCLUSÕES

As principais conclusões deste artigo são as seguintes:

- Os panos exteriores de alvenaria da envolvente do edifício são em tijolo furado com 0,11 m de espessura e apoiam apenas em cerca de 0,07 m;
- Nas consolas curtas sobre os vãos não foram executadas forras térmicas. Nos restantes casos, foram executadas forras térmicas com tijolo furado de 3 cm de espessura, aplicadas após a betonagem da estrutura resistente;
- A ancoragem do pano exterior das alvenarias ao pano interior (betão armado) é deficiente;
- O confinamento das alvenarias é deficiente, nomeadamente verifica-se a inexistência de travamento vertical nas fachadas;
- Não foram realizadas quaisquer sondagens. São essenciais as seguintes: ao nível das consolas curtas; no coroamento periférico das alvenarias ao nível da cobertura; na base dos peitoris;
- As patologias observadas no edifício e as causas prováveis que estão na sua origem são descritas, respetivamente, no § 4 e § 5;
- A resolução do problema é complexa e poderá passar pelas propostas apresentadas nos § 6 e § 7.

REFERÊNCIAS

ANCON, 2018 – **Installation guides**. Sheffield: Ancon.

APFAC, 2018 – **Manual ETICS**. Coimbra: Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS (APFAC).

CSTB, 2008 – **Travaux de bâtiment. Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs. Partie 1-1: Cahier des clauses techniques types**. Paris: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). DTU 20.1 P1-1 2008.

EAE, 2011 – **European guideline for the application of ETICS**. Baden-Baden: European Association for External Thermal Insulation Composite Systems (EAE).

EOTA, 2011 – **Guideline for european technical approval of plastic anchors for fixing of external thermal insulation composite systems with rendering**. Brussels: European Organisation for Technical Assessment (EOTA). ETAG 014.

EOTA, 2013 – **Guideline for european technical approval of external thermal insulation composite systems (ETICS) with rendering**. Brussels: European Organisation for Technical Assessment (EOTA). ETAG 004.

FREITAS, Vasco; PINTO, Manuel, 2000 – **Metodologia para a selecção exigencial de isolantes térmicos**. Nota de Informação Técnica (2.ª edição) NIT˙001. Porto: LFC/FEUP.

IPMA – **Instituto Português do Mar e Atmosfera**: https://www.ipma.pt/pt/

IPQ, 2010 – **Eurocódigo 8. Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios**. Caparica: Instituto Português da Qualidade (IPQ). NP EN 1998-1 2010.

MARQUES, Diogo, 2014 – **Soluções de reabilitação de paredes de fachada. Pós grampeamento. Aveiro: Universidade de Aveiro**. Dissertação de mestrado. Aveiro: Universidade de Aveiro.

PINTO, Manuel; PADRÃO, José; OLIVEIRA, António, 2019 – **Parecer sobre a fissuração da envolvente vertical exterior do edifício da biblioteca da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu**. LFC/DEC-006.2019. Viseu: IPViseu.

PINTO, Manuel; PADRÃO, José; OLIVEIRA, António, 2020 – **Cracking of a exterior double wall of a higher education school**. Granada: Congreso Euro-Americano REHABEND 2020, 24 a 27 de março.

RIBEIRO, Sebastião, 2013 – **Soluções de reabilitação. Grampeamento de paredes de alvenaria**. Dissertação de mestrado. Aveiro: Universidade de Aveiro.

SILVA, Mendes; CARVALHAL, Mário, 2003 – **Reabilitação geral de fachada de alvenaria de construção recente, gravemente fissurada. Caso de estudo**. 3.º ENCORE. Lisboa: LNEC.

SILVA, Mendes; CARVALHAL, Mário; VICENTE, Romeu, 2003 – **Reforço mecânico de fachadas de alvenaria de tijolo: reabilitação de cunhais e grampeamento metálico pós-construção**. 3.º ENCORE. Lisboa: LNEC.

MELHORIA DA RESILIÊNCIA E FIABILIDADE DE EDIFÍCIOS: CORRESPONDÊNCIA DOS NÍVEIS DE DESEMPENHO E RISCO ESTRUTURAL

IMPROVEMENT OF BUILDING RESILIENCE AND RELIABILITY: CORRESPONDENCE OF PERFORMANCE LEVELS AND STRUCTURAL RISK

Maria João Falcão Silva [(1)], Nuno Almeida [(2)], Filipa Salvado [(3)], Hugo Rodrigues [(4)]

(1) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(2) IST, Portugal, nunomarquesalmeida@tecnico.ulisboa.pt
(3) LNEC, Portugal, asalvado@lnec.pt
(4) IPLeiria, Portugal, hugo.f.rodrigues@ipleiria.pt

RESUMO

A segurança das pessoas e o elevado valor patrimonial dos edifícios, bem como os seus aspetos críticos no que respeita às necessidades básicas e ao bem-estar da sociedade, tem vindo a suscitar preocupação quanto à resiliência e fiabilidade do património construído. Durante a segunda metade do século XX, houve uma transição gradual e progressiva das metodologias prescritivas para um ambiente de construção e metodologias baseadas no desempenho. Atualmente existe um consenso sobre os requisitos básicos de desempenho que devem ser cumpridos por projetos de construção promovidos por entidades públicas ou por particulares. Tais requisitos são estabelecidos em regulamentos transnacionais ou em sistemas reguladores nacionais, ambos baseados no desempenho, bem como em normas internacionais não obrigatórias e/ou vinculativas.

O presente artigo apresenta uma proposta de estratégia para programar, calibrar e compatibilizar os níveis de risco e desempenho de edifícios que infundem e consolidam preocupações de resiliência e fiabilidade no setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). A componente estrutural do edifício é usada como exemplo para demonstrar o potencial alcance dessa estratégia no que se refere a edifícios existentes com necessidades de intervenção e reabilitação. Descreve-se igualmente o alcance da estratégia proposta e a sua capacidade de estabelecer uma plataforma de comunicação baseada no desempenho assente na informação sobre risco entre todas as partes interessadas (autoridades de proteção civil, entidades reguladoras, centros de investigação, entidades de controle predial, promotores imobiliários, proprietários, projetistas, empreiteiros, utilizadores finais, gestores de ativos). Para finalizar são apresentadas conclusões preliminares do estudo.

Palavras-chave: Resiliência / Fiabilidade / Reabilitação / Edifícios

1. INTRODUÇÃO

Atualmente existe um consenso sobre os requisitos básicos de desempenho em projetos de construção promovidos por entidades públicas ou privadas. Tais requisitos são estabelecidos em regulamentos transnacionais ou em sistemas reguladores nacionais baseados no desempenho, bem como em normas internacionais não obrigatórias (Roostaie, Nawari, Kibert, 2019). Os projetos de construção envolvem decisões múltiplas, tomadas por diferentes intervenientes ao longo do seu ciclo de vida (Preiser, Hardy, Schramm, 2018) (Lützkendorf, 2018). Uma das principais dimensões da proteção futura ao ambiente construído é a resiliência a eventos e circunstâncias inesperados ou incontroláveis ou a capacidade de manter e / ou retomar as operações normais durante / após um evento adverso (Masood, Mcfarlane, Parlikad *et al*., 2016).

A resiliência está frequentemente ligada à formulação de políticas e estratégias para o ambiente construído após eventos catastróficos e/ou traumáticos (Adedeji, Proverbs, Xiao *et al*., 2018). Contudo, ainda é necessário avaliar como os novos objetivos de resiliência e sustentabilidade podem interagir com os objetivos regulamentares de construção tradicionalmente existentes (Meacham, 2016) (Achour, Pantzartzis, Pascale *et al.,* 2015). Recentemente, a investigação ao nível da resiliência na gestão do ambiente construído tem atraído grande interesse (Wilkinson, Osmond, 2018) (Meacham, 2016) com vários estudos procurando compreender os custos / benefícios de projetos para a resiliência do património construído, bem como estabelecer propostas para sistemas de classificação de resiliência (Francis, Bekera, 2014).

O presente artigo pretende efetuar um levantamento teórico sobre a resiliência e fiabilidade de edifícios com o intuito de melhoria através de uma correspondência entre os níveis de desempenho e o risco estrutural.

2. DESEMPENHO TÉCNICO DE ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS

Uma das tarefas mais difíceis para os utilizadores finais é comparar as características técnicas de diferentes edifícios, principalmente após um projeto de reabilitação ou uma alteração no seu uso original. Isso torna-se particularmente importante para edifícios residenciais, devido à perda de informações ao longo de toda a cadeia de valor, gerando frequentemente frustração, insatisfação, litígio, custos de oportunidade, baixo retorno do investimento, no lado da "procura", e reivindicações não resolvidas, perdas financeiras, deficiente manutenção ou reputação afetada, do lado da “oferta”. As informações geradas ao longo do ciclo de vida de uma construção devem ser adaptadas às necessidades de cada interveniente e estar prontamente disponíveis em formatos adequados (Lützkendorf, Speer, Szigeti *et al*., 2005). Os certificados de desempenho dos edifícios surgem como um meio adequado para comunicar informações técnicas em toda a cadeia de valor dos ativos da construção (Almeida, Sousa, Alves Dias *et al*., 2015a), facilitando a avaliação do lado da “procura” e aumentando a aceitação das estratégias de marketing do lado da “oferta” (Meacham, 2016). O nível de satisfação dos utilizadores finais em relação a esses atributos técnicos pode ser medido e transmitido por meio de indicadores de desempenho "em serviço", de natureza quantitativa, qualitativa ou descritiva. O conjunto de indicadores que melhor traduz as necessidades e expectativas do utilizador final deve ser cuidadosamente escolhido e apoiado. As escalas de classificação propostas (Quadro 1) podem ser usadas para medir e comparar os níveis de desempenho em edifícios novos e existentes.

Com as solicitações crescentes dos utilizadores, surgiram discussões sobre a importância relativa dos diferentes requisitos de desempenho e quais as prioridades a estabelecer diante dos recursos limitados (Meacham, 2016). Em relação ao desempenho estrutural, as necessidades do utilizador final podem ser formuladas usando declarações genéricas, considerando aspetos relevantes valorizados por esses utilizadores ou mencionando atributos qualitativos a serem cumpridos pela estrutura do edifício. Os níveis de desempenho estrutural dos edifícios devem ser decididos

pelos projetistas e pelos proprietários, sendo garantido que nunca caiam abaixo dos níveis prescritos por um código existente. Os níveis de desempenho estrutural são definidos para cada item de avaliação de desempenho, sendo expressos como combinações de estados limites e intensidades de carga e / ou força externa. A modelação e programação dos níveis de desempenho estrutural devem permitir o uso de métricas em relação às quais o desempenho estrutural deve ser classificado de acordo com critérios de avaliação harmonizados.

Quadro 1 – Princípios de calibração propostos para escalas de classificação, adaptado de ISO 11863

	Edifícios novos		**Edifícios existentes**
Classe	Regra geral de calibração	Avaliação	Regra geral de calibração
A+	Excecionalmente exigente	9	Excecionalmente exigente ou não aplicável
A	Claramente acima da média, mas não o excecionalmente exigente	[7,9[	Claramente acima da média, mas não o excecionalmente exigente
B	Típico médio ou normal	[5,7[	Típico médio ou normal
C	Inaceitável em qualquer circunstância	[3,5[	Claramente abaixo da média, mas aceitável em circunstâncias justificadas
D	Inaceitável em qualquer circunstância	[1,3[	Excecionalmente abaixo da média, mas aceitável em circunstâncias excecionais e justificadas
N/A	Não aplicável	0	Inaceitável, não obrigatório ou não aplicável

3. RISCO TÉCNICO DE ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS

A implementação completa do conceito de edifícios baseados em desempenho informados sobre riscos já é possível para os casos de engenharia de estruturas e segurança contra incêndio. A aplicação do conceito está a ser estendida para outras áreas da engenharia. Não é possível eliminar o risco técnico de edifícios. Por esse motivo, os benefícios da mitigação desses riscos e os recursos necessários para essa mitigação devem ser estimados e comparados. Essas estimativas devem basear-se no estado atual do conhecimento científico das várias áreas de engenharia, à luz da perceção que a sociedade e os indivíduos têm sobre esse tipo de risco. Os resultados das estimativas do risco, assim como os limites de aceitação ou tolerância ao risco técnico inerente ao edifício, devem ser refletidos em normas e regulamentos técnicos e comunicadas às partes interessadas (Almeida, Sousa, Alves Dias *et al*., 2015b).

Na ausência de documentação técnica baseada no desempenho e associada ao risco, a estratégia deve ser precedida de um processo de dedução das informações de risco implícitas na regulamentação existente ou de um processo de caracterização analítico-deliberativo (Almeida, 2011). O nível de risco técnico é frequentemente comunicado através de matrizes de risco, que fornecem uma linguagem comum e uma plataforma de comunicação entre os representantes do interesse coletivo e os tomadores de decisão responsáveis pela programação e especificação das características dos edifícios, e entre estes e os participantes no projeto e execução dos edifícios.

A nova regulamentação e normas de desempenho baseado em risco permitem a relocação explícita de níveis aceitáveis ou toleráveis de risco técnico inerente (LITR) para estruturas de edifícios. Essa comunicação geralmente é realizada por meio de matrizes de risco (qualitativas ou semi-quantitativas) ou curvas de riscos (quantitativas). As matrizes de risco são particularmente convenientes e expeditas porque fornecem uma visão global do risco técnico inerente às estruturas. A matriz apresentada na Quadro 2 estabelece uma correspondência entre os diferentes níveis de risco técnico inerente (LITR 1 a 4) e os respetivos impactos máximos toleráveis (baixo, moderado, alto ou grave).

Quadro 2 – Matriz do risco técnico inerente para estruturas de edifícios

Probabilidade de eventos		**Classes de consequências esperadas de falhas estruturais**			
Magnitude	Frequência	I	II	III	IV
Muito elevada	Muito raro	LIT 4 (Severo)	LIT 4 (Severo)	LIT 3 (Alto)	LIT 2 (Moderado)
Elevada	Raro	LIT 4 (Severo)	LIT 3 (Alto)	LIT 2 (Moderado)	LIT 1 (Baixo)
Reduzida	Ocasional	LIT 3 (Alto)	LIT 2 (Moderado)	LIT 1 (Baixo)	LIT 1 (Baixo)
Muito reduzida	Frequente	LIT 2 (Moderado)	LIT 1 (Baixo)	LIT 1 (Baixo)	LIT 1 (Baixo)

4. CORRESPONDÊNCIA DOS NÍVEIS DE DESEMPENHO E RISCO ESTRUTURAL

Os princípios subjacentes à engenharia estrutural são propícios ao uso do conceito de fiabilidade estrutural como descritor do nível de risco técnico inerente às estruturas. Para a aplicação prática do conceito de fiabilidade estrutural, as estruturas ou os elementos estruturais devem ser organizados em classes - classes de fiabilidade estrutural. A programação conjunta dos níveis de desempenho e de risco para uma maior resiliência e fiabilidade de edifícios implica limites correspondentes de aceitação ou tolerância a riscos para cada classe das escalas de classificação de desempenho do edifício. No Quadro 3 essa correspondência é apresentada sob a forma de matrizes do risco.

Quadro 3 – Correspondência entre classes do desempenho estrutural e níveis do risco técnico inerente para um edifício novo

Classe do desempenho estrutural	**Classificação da casualidade dos eventos**		**Nível do risco técnico inerente**	
	Magnitude	Frequência	Impactos máximos toleráveis	Fiabilidade estrutural adequada
A+	Muito elevada	Muito rara	NRTI 3 (Alto)	RC3 (PfIII, β III, Kβ,III)
	Elevada	Rara	NRTI 2 (Moderado)	
	Reduzida	Ocasional	NRTI 1 (Baixo)	
	Muito reduzida	Frequente	NRTI 1 (Baixo)	
	Muito elevada	Muito rara	NRTI 3 (Alto)	
A	Elevada	Rara	NRTI 2 (Moderado)	RC2 (PfII, β II, Kβ,II)
	Reduzida	Ocasional	NRTI 1 (Baixo)	
	Muito reduzida	Frequente	NRTI 1 (Baixo)	
	Muito elevada	Muito rara	NRTI 4 (Severo)	
B (cumprimento obrigatório mínimo)	Elevada	Rara	NRTI 3 (Alto)	RC2 (PfII, β II, Kβ,II)
	Reduzida	Ocasional	NRTI 2 (Moderado)	
	Muito reduzida	Frequente	NRTI 1 (Baixo)	

O estabelecimento de correspondências detalhadas para segurança estrutural, manutenção e durabilidade estrutural deve basear-se na otimização dos recursos disponíveis para reduzir riscos relevantes, que idealmente devem ser determinados pela comunidade científica e pelas entidades envolvidas nos regulamentos técnicos. A consequência prática de programar níveis de desempenho estrutural do edifício com informações de risco é que é possível ao proprietário do edifício especificar um desempenho estrutural além (classes A e A +) dos requisitos legais mínimos (classe B), transmitindo à cadeia de valor um pretendeu um nível mais elevado de confiabilidade e proteção contra riscos técnicos inerentes que afetam a segurança estrutural, a facilidade de manutenção estrutural e a durabilidade estrutural dos edifícios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A programação técnica dos edifícios promove uma filosofia com base no desempenho, favorecendo a especificação das características técnicas em um formato não prescritivo dispensando o uso da linguagem técnica. Isso permite mais liberdade ou criatividade na fase de projeto, reduzindo as mudanças muitas vezes necessárias, pois as formulações prescritivas não expressam completamente os requisitos funcionais básicos (as necessidades do usuário) ou as características destinadas ao edifício.

A programação do desempenho estrutural de edifícios inclui a consideração de falhas estruturais prováveis e suas consequências, assim como um entendimento do nível de risco técnico inerente à estrutura do edifício e o mecanismo apropriado para descrever e especificar um perfil de desempenho estrutural correspondente de um edifício.

O nível de risco técnico inerente facilita a compreensão da natureza do risco técnico inerente dos edifícios, bem como dos limites que a sociedade e os indivíduos consideram aceitáveis ou toleráveis para um determinado grupo de edifícios. A especificação do perfil de desempenho técnico promove a identificação e comunicação do conjunto de indicadores que expressam as necessidades dos usuários do edifício, apresentando o nível de risco técnico inerente ao edifício (permitindo a diferenciação entre edifícios pertencentes ao mesmo grupo de importância relativa).

A aplicação a um caso prático exemplificativo que contribuirá para a melhor compreensão do tema encontra-se em desenvolvimento e será objeto de futuras publicações.

REFERÊNCIAS

ACHOUR, N.; PANTZARTZIS, E.; PASCALE, F.; PRICE, A., 2015 – **Integration of resilience and sustainability: From theory to application**. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*. 347-362, ISSN: 1759-5908.

ADEDEJI, T.; PROVERBS, D.; XIAO, H.; OLADOKUN, V., 2018 – **Towards a conceptual frame-work for property level flood resilience**. *International Journal of Safety and Security Engineering*. Volume 8, Issue 4, pp. 493-504. https://doi.org/10.2495/SAFE-V8-N4-493-504.

ALMEIDA, N., 2011 – **Technical model of building management performance and risk based: Design, development and example of application to structures**. PhD in Civil Engineering. Lisboa: IST (in portuguese).

ALMEIDA, N.; SOUSA, V.; ALVES DIAS, L.; BRANCO, F. 2015b – **Engineering risk management in performance-based building environments**. *Journal of Civil Engineering and Management*. 21(2), 218-230. https://doi.org/10.3846/13923730.2013.802740.

ALMEIDA, N.; SOUSA, V.; ALVES DIAS, L.; BRANCO, F., 2015a – **Managing the technical risk of performance-based building structures**. *Journal of Civil Engineering and Management*. 21(3), 384-394. https://doi.org/10.3846/13923730.2014.893921.

FRANCIS, R.; BEKERA, B., 2014 – **A metric and frameworks for resilience analysis of engineered and infrastructure systems**. *Reliability Engineering & System Safety*. 121, 90-103. https://doi.org/10.1016/J.RESS.2013.07.004.

LÜTZKENDORF, T., 2018 – **Assessing the environmental performance of buildings: Trends, lessons and tensions**. *Building Research & Information*. 46(5), 594-614. https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1356126.

LÜTZKENDORF, T.; SPEER, T.; SZIGETI, F. *et al*., 2005 – **A comparison of international classifications for performance requirements and building performance categories used in evaluation methods**. Helsinki: Proceedings CIB 2005 Advancing Facilities Management and Construction through Innovation.

MASOOD, T.; MCFARLANE, D.; PARLIKAD, A. *et al*., 2016 – **Towards the future-proofing of UK infrastructure**. *Infrastructure Asset Management*. 3(1), 28-41. https://doi.org/10.1680/jinam.15.00006.

MEACHAM, B., 2016 – **Sustainability and resiliency objectives in performance building regulations**. *Building Research & Information*. 44(5-6), 474-489. https://doi.org/10.1080/09613218.2016.1142330.

PREISER, W.; HARDY, A.; SCHRAMM, U. (Eds.), 2018 – **Building performance evaluation**. Springer, ISBN 978-3-319-56862-1

ROOSTAIE, S.; NAWARI, N.; KIBERT, C., 2019 – **Sustainability and resilience: A review of definitions, relationships, and their integration into a combined building assessment framework**. *Built Environment*. 154. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.02.042.

WILKINSON, S.; OSMOND, P.; 2018 – **Building resilience in urban settlements.** *International Journal of Building Pathology and Adaptation*. 36(4), 334–336. https://doi.org/10.1108/IJBPA-08-2018-066.

A INTERVENÇÃO MÍNIMA EM EDIFÍCIOS COM VALOR CULTURAL E PATRIMONIAL. O CASO DA QUINTA DA NOSSA SRA. DAS DORES EM AVEIRO

MINIMUM INTERVENTION IN BUILDINGS WITH CULTURAL AND HERITAGE VALUE. THE CASE OF QUINTA DA SRA. DAS DORES IN AVEIRO





Alice Tavares Costa [(1)], Aníbal Costa [(2)]

(1) Dep. Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Portugal, tavares.c.alice@ua.pt
(2) Dep. Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, RISCO, Portugal, agc@ua.pt

RESUMO

O presente trabalho procura evidenciar a importância de um Relatório de Inspeção e Diagnóstico (RID) quando se pretende intervir no património edificado. Um RID que de uma forma objetiva identifique de forma clara os materiais e o seu estado de conservação, clarifique os diversos sistemas construtivos existentes, os compreenda e interprete de forma correta, permite que se consiga realizar uma intervenção mínima, ambientalmente sustentável e economicamente viável. O objeto de intervenção é uma Casa grande datada sobretudo do século XIX de arquitetura eclética, embora a construção original possa corresponder a um período anterior, do século XVIII ou anterior. A casa encontrava-se devoluta há vários anos o que deu origem a diversas anomalias. Quer nas paredes exteriores, com o aparecimento de fendilhação, quer na cobertura, nomeadamente com a entrada de água em algumas áreas e a ação de agentes xilófagos, quer ainda pela existência de alguns tirantes, que ligavam as duas paredes longitudinais, que estavam relaxados e com perda de função. Com base no conhecimento transmitido através do RID foi definida uma estratégia de intervenção mínima que procurou essencialmente eliminar as causas das anomalias. Dada a necessidade de priorização das intervenções mais urgentes e de forma faseada, optou-se por concentrar a ação da intervenção sobretudo ao nível da cobertura. Tendo como premissa a baixa intrusividade, que para além de resolver os problemas estruturais do conjunto cobertura/paredes, resolvesse o problema da entrada de água, de forma eficiente e permitisse uma melhoria do conforto térmico do edifício. Para avaliar até que ponto a intervenção tinha sido adequada foi realizada uma monitorização higrotérmica que permitiu conhecer o comportamento do edifício a esse nível ao longo do ano, antes e após a intervenção na cobertura. A intervenção teve como princípio a implementação de medidas eficazes com baixa intrusividade, o respeito pelos materiais existentes e correspondente preservação e a sustentabilidade económica e ambiental.

Palavras-chave: Inspeção e Diagnóstico / Património / Reabilitação / Conforto /Adobe

1. INTRODUÇÃO

O conceito de intervenção mínima tem sido aplicado no Património de forma muito restrita apesar de se configurar como uma forma eficaz para a preservação da autenticidade do Património, para a diminuição de produção de resíduos e ser economicamente vantajosa (Fernandes *et al*., 2016). Uma das razões subjacentes para este facto é a falta de um uso sistemático de um procedimento prévio ao projeto - o Relatório de Inspeção e Diagnóstico (RID) (Costa *et al.*, 2014; Tavares Costa *et al*., 2018) - com detalhe que dê orientações precisas para a intervenção de arquitetura e das especialidades, nomeadamente sobre a componente estrutural e de conforto térmico. Este artigo pretende apresentar um caso de estudo – a intervenção na Casa grande da Quinta da Nossa Senhora das Dores em Aveiro, – Figuras 1 e 2, que teve como base a realização de um RID para uma intervenção de custos controlados procurando-se otimizar a verba disponível e selecionar a área do edifício que pudesse assegurar o maior benefício no contexto da melhoria do estado de conservação. A realização de um RID com um complemento de monitorização de um ano de temperatura e humidade permitiu verificar quais os componentes construtivos do edifício mais degradados, as causas de dano, o seu comportamento higrotérmico e também a ponderação sobre o valor cultural e patrimonial. Com base neste documento de análise exaustiva a opção de intervenção recaiu sobre a cobertura e parte superior das paredes, considerando a estrutura de madeira de cobertura e de pavimento do desvão do sótão, bem como a sua ligação às paredes. O projeto detalhado das soluções de reabilitação e um caderno de encargos detalhado obedeceu a um critério de intervenção mínima para o que foi fundamental o diagnóstico exato de quais os elementos a serem reforçados, quais a substituir, quais a conservar, ficando a obra por 1/3 do valor previsto inicialmente sem a execução de um RID. Neste artigo apresenta-se a metodologia, a síntese de resultados do RID, as soluções adotadas e o benefício nas condições de segurança e conforto do edifício.



Figura 1 – Planta de localização da Casa da Quinta Nossa Senhora das Dores, Aveiro (créditos: Google maps)



Figura 2 – Fachada Principal (créditos: Google maps)

2. A CASA DA QUINTA N. SRA. DAS DORES – BREVE ENQUADRAMENTO

A Casa da Quinta Nossa Senhora das Dores integra-se num conjunto edificado que remonta pelo menos ao século XVIII, integrando ainda uma Capela ligada por tradição remota a festividades e devoções. A Quinta localiza-se na freguesia do Bonsucesso em Aveiro, numa zona urbana, onde os muros da propriedade confrontam com dois arruamentos, sendo um desses, o principal do Bonsucesso e que adotou o nome do antigo proprietário desta Quinta, Rua do Capitão Lebre. Esta Quinta com mais de 2 hectares é conhecida não apenas pelas tradições religiosas que levam a que fique aberta ao público em alguns momentos do ano, mas também pelo espólio que

tem associado ao escritor Português Eça de Queirós. Atualmente pertence à família Lebre. A Casa encontrava-se desocupada há mais de 10 anos no momento da intervenção e apesar do seu interesse e do conjunto edificado não se encontra classificada.

A Casa é um edifício de dois pisos (rés-do-chão e primeiro andar) mais um desvão do sótão parcialmente habitável. Apresenta uma organização interna que revela algumas alterações ao longo do tempo e ampliações de construção mais antiga conforme ficou comprovado no RID, (Costa *et al.*, 2014), pelo que não tem a escadaria central de acesso ao primeiro andar sendo esse acesso feito por escadaria exterior para um terraço que dá entrada direta na sala de topo. O edifício tem sensivelmente 29,5 metros de comprimento por 9,5 metros de largura (excluindo a varanda/terraço), sendo a entrada principal feita pelo lado de menor dimensão. Assim, em termos de distribuição dos espaços apresenta um primeiro andar simétrico com salas em ambos os topos, um corredor central que dá acesso a todos os compartimentos, sendo constituído por quartos, uma cozinha da qual se tem acesso por escada de serviço a ambos os pisos (rés-do-chão e sótão) e uma instalação sanitária.

No que diz respeito ao sistema construtivo, a realização da inspeção permitiu verificar que se trata de uma construção de adobe, com adobe de vários tipos (adobe de cal e adobe de terra) usados nas paredes exteriores e interiores do rés-do-chão, enquanto elementos portantes. Ao nível do primeiro andar as divisórias são de tabique e as paredes exteriores de adobe, Figura 3.

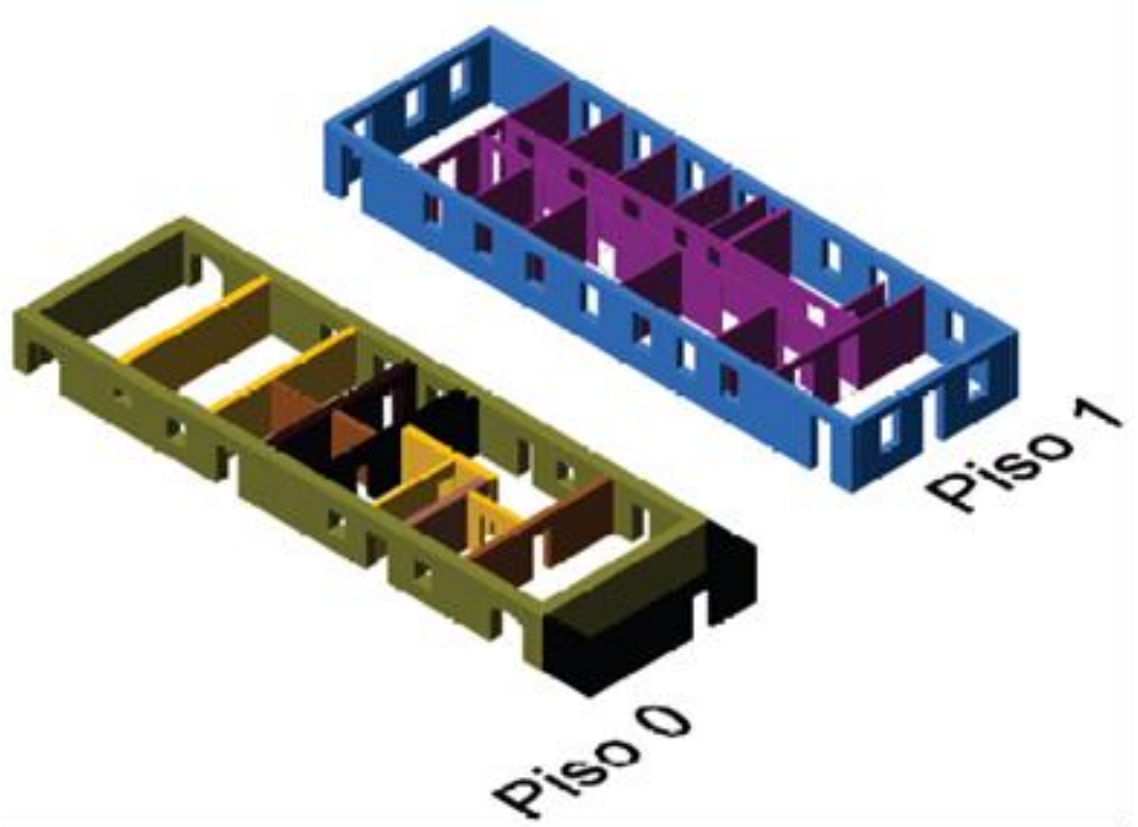


Figura 3 – Tipos de parede de adobe e paredes de tabique (a roxo) (Costa *et al.*, 2014)

A estrutura resistente dos pisos e da cobertura era de madeira, sendo o revestimento em telha marselha, que assenta em ripas, que por sua vez apoiam em varas, que apoiam em madres apoiando estas em asnas, típicas na região de Aveiro, Figura 4.

Uma vez que ao nível do rés-do-chão se localizariam os espaços de serviço, adega e armazenagem o pé-direito é mais baixo e os revestimentos mais nobres com escaiolas e soalho foi apenas aplicado ao nível do primeiro andar. Os quartos, salas e corredor a este nível apresentam decoração específica nas paredes, Figura 5.



Figura 4 – Estrutura de cobertura



Figura 5 – Escaiola nas paredes do 1.º andar

3. ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA CASA DA QUINTA: ANOMALIAS E CAUSAS

A avaliação do estado de conservação da Casa foi realizada através de visitas técnicas de inspeção e diagnóstico registadas no RID e que envolveu todo o edifício com um especial enfoque na avaliação estrutural. O objetivo era não só diagnosticar as anomalias, mas também selecionar as áreas prioritárias de intervenção já que não havia verba suficiente para reabilitar todo o edifício. Assim, no âmbito do RID foi feita uma análise em arquivo para registar a história do edifício, a sua relevância, mas também identificar as diferentes fases de construção. No entanto, devido à escassez de registos, a identificação das fases de construção só foi possível aferir através da realização de janelas de sondagem nas paredes. No âmbito do RID foi feita uma caracterização dos materiais presentes na Casa (estruturais e não estruturais), para o que foram feitas janelas de sondagem, retiradas carotes que foram ensaiadas em laboratório para detalhar a capacidade de carga das paredes. Foi feita uma análise com Resistograph para as madeiras, tendo-se recolhido as classes das madeiras presentes no edifício e o seu estado de conservação. Esta operação permitiu assinalar com rigor as vigas do piso do sótão e as estruturais da cobertura que precisavam de intervenção. Seguiu-se o registo das anomalias em planta, alçados e por compartimentos, Figura 6, o que cruzando com os dados laboratoriais permitiu diagnosticar as causas prováveis de anomalias, a sua localização, os elementos afetados e a sua abrangência. Por último, o RID apresenta ainda as linhas gerais para colmatar as anomalias sugerindo uma estratégia de reparação. Neste sentido, foi possível concluir sobre o estado de conservação o seguinte: as paredes de fachada de maior comprimento estavam-se a deformar para fora do plano e as eventuais ligações com as paredes divisórias já não funcionavam ou não existiam, sobretudo ao nível do primeiro andar e sótão. Os cunhais apresentavam fissuração vertical, tendo uma das situações já uma espessura de sensivelmente 1,0 cm. As paredes apresentavam eflorescências na base das paredes do rés-do-chão mas também na área adjacente ao terraço. A estrutura de madeira do sótão apresentava alguns danos decorrentes de infiltrações e ação de agentes xilófagos (podridão e insetos) que atingiam sobretudo algumas vigas de piso e linhas das asnas, pontualmente a perna de uma asna e o frechal. Havendo também pontualmente outros elementos estruturais das asnas afetados. Num dos topos do edifício as vigas de pavimento e linha de asna de remate apresentavam um rebaixamento, que se veio a verificar ser decorrente de perda de suporte ao nível dos elementos de apoio do primeiro andar. Os elementos não estruturais de varas e ripas encontravam-se muito afetados. A chaminé apresentava riscos de colapso e permitia a entrada de água. As telhas apresentavam-se em mau estado de conservação com desagregação material, várias partidas ou deslocadas, com beirais curtos para a altura do edifício. No RID foram identificadas todos os elementos estruturais de madeira afetados e o tipo de dano, bem como a causa.

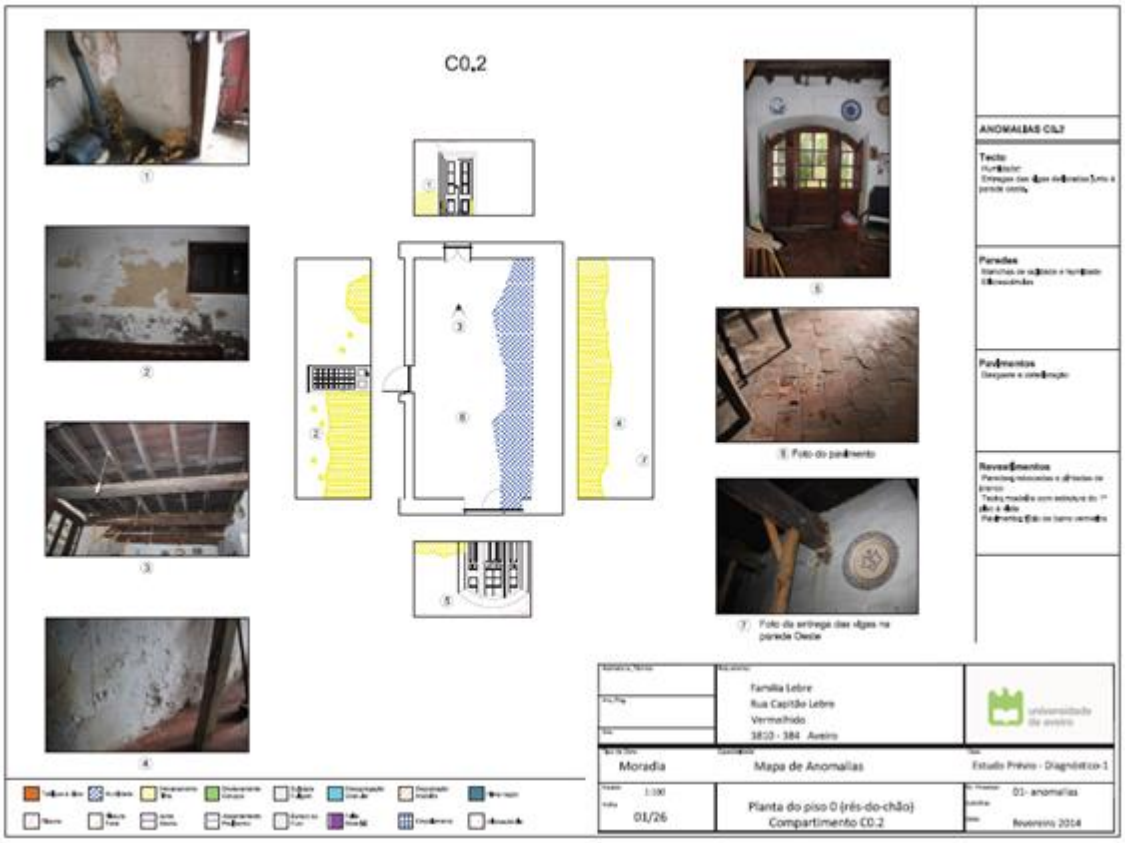


Figura 6 – Mapa de anomalias por compartimento (Costa *et al.*, 2014)

4. A MONITORIZAÇÃO HIGROTÉRMICA

Considerando que as condições de temperatura e humidade são importantes para o estado de conservação dos edifícios, mesmo quando estes estão devolutos, optou-se por fazer uma monitorização higrotérmica com dataloggers da TESTO durante o período anterior à entrada em obra que coincidiu com o período de Inverno. Realizou-se nova monitorização durante um ano após a intervenção. O objetivo era compreender as condições do edifício antes da intervenção e comparar os resultados após a intervenção. Por contingências da necessidade de intervenção rápida decorrente das infiltrações pela cobertura, não foi possível monitorizar antes durante o ciclo completo de um ano, pelo que neste artigo se apresentam os dados referentes ao período de Inverno, que na realidade é o mais crítico para edifícios de adobe desocupados. Refira-se que a monitorização antes e após decorreu com o edifício desocupado, sem qualquer sistema de aquecimento e dentro das mesmas condições, normalmente com as portadas fechadas na maior parte do tempo por questões de segurança e portanto com reduzida ventilação. Fica assim registada a situação para um edifício de adobe de grandes dimensões, desocupado.

5. PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Devido à necessidade de controlo de custos e avaliando o estado de conservação diagnosticado no RID, chegou-se à conclusão de que a área prioritária de intervenção era a cobertura pelos seguintes motivos: as infiltrações daí decorrentes estavam a afetar todos os pisos; a perda de função do frechal e a imposição de movimentos para fora do plano por algumas asnas associado à degradação de alguns dos seus elementos (linha e perna) que afetavam as paredes e eram uma das causas de deformação destas; as amplitudes térmicas dado que a cobertura não tinha isolamento térmico afetavam o uso do edifício.

Assim, considerou-se que o melhor rácio custo / benefício seria alcançado com a intervenção na cobertura, em detrimento das fachadas ou dos interiores.

Sumariamente a proposta de intervenção consistia nas seguintes ações:

- reforço de vigas de madeira, com a colocação de uma viga ao lado da danificada e aparafusada a esta, Figura 7, substituição do frechal, Figura 8, substituição extensa de varas e total de ripado. Todas as madeiras novas foram tratadas em autoclave antes de entrarem em obra e as madeiras existentes foram tratadas com Xylophene com duas demãos;



Figura 7 – Reforço de vigas de pavimento com a colocação de uma viga paralela e aparafusada à existente



Figura 8 – Substituição do frechal

- reforço das ligações perna/linha das asnas, através de elementos metálicos que abraçavam a junção e foram aparafusados;
- dada a razoável altura das asnas e tendo as pernas razoável inclinação optou-se por colocar tirantes ao longo das linhas com amarração quer à união perna/linha como também à parede de fachada, sendo amarrado no exterior, através de elementos metálicos à vista. Pretendeu-se com esta ação minimizar eventuais impulsos para fora do plano da estrutura de madeira para as paredes e restringir a deformação das mesmas. Por outro lado, teve como objetivo melhorar a ligação entre paredes e estrutura de cobertura, Figura 9;

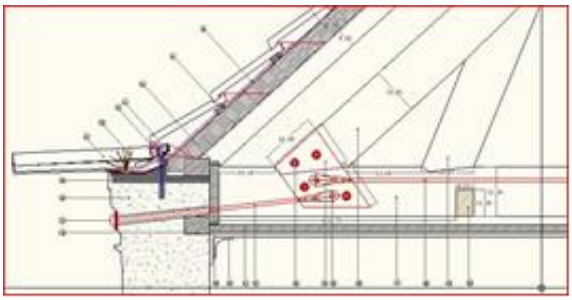




Figura 9 – Colocação de tirantes ao longo das linhas com amarração quer à união perna/linha quer à parede de fachada

- nos cunhais os frechais de ambas as paredes foram ligados com um elemento metálico e simultaneamente foi introduzido um elemento de madeira aparafusado, em diagonal, para tornar mais forte a ligação nessa zona, impedindo que a estrutura de madeira fosse a causa de fissuração verificada, Figura 10;

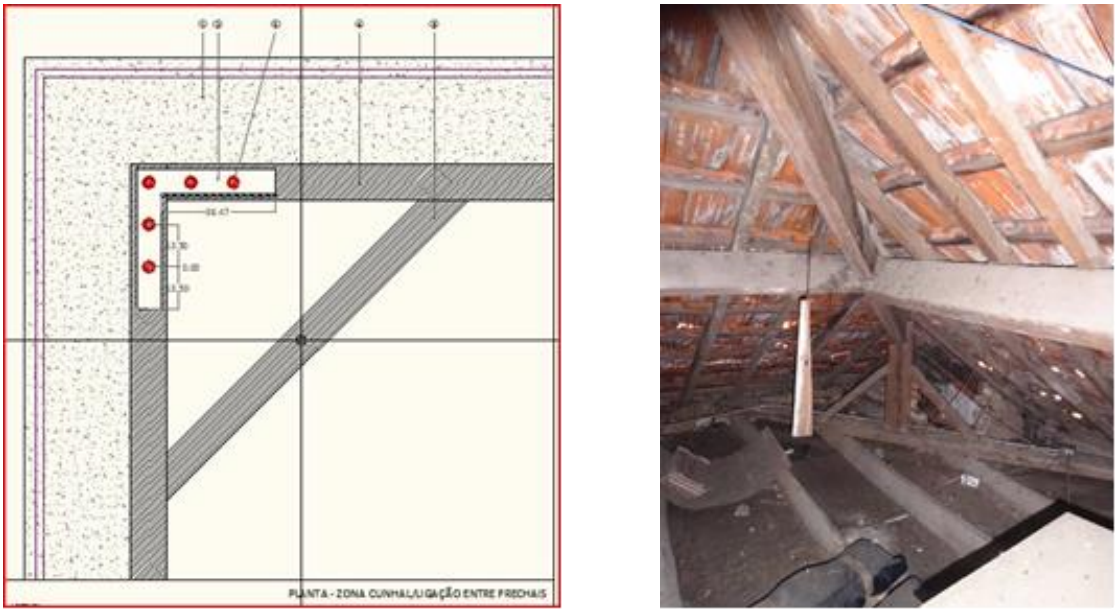


Figura 10 – Nos cunhais os frechais de ambas as paredes foram ligados com um elemento metálico e simultaneamente foi introduzido um elemento de madeira, na diagonal, para dar apoio ao rincão

- foram realizados empalmes em várias vigas que apresentavam as entregas degradadas, Figura 11;
- a cumeeira apresentava uma seção insuficiente tendo sido necessário criar apoios ao longo do seu desenvolvimento, que foi conseguido através de escoras ligadas à asna, Figura 12;



Figura 11 – Empalmes em vigas de madeira



Figura 12 – Reforço da cumeeira

- os tirantes que existiam ao nível do teto do piso 0, Figura 13, foram reapertados e colocados em serviço;
- foi aplicado isolamento térmico (poliestireno extrudido com 8 cm de espessura) sobre as varas, bem como tela pára-vapor e telas específicas para a cumeeira e para o beiral, Figura 14;



Figura 13 – Tirantes ao nível do teto do piso 0



Figura 14 – Tela para-vapor na cobertura

- foi demolido um reservatório de água que se encontrava por cima do cunhal mais afetado, já que o peso e as infiltrações decorrentes deste elemento foram a causa de uma fendilhação mais expressiva e maiores danos quer em paredes quer na estrutura de madeira;
- foi reforçado o apoio que era dado pelas paredes de tabique do primeiro andar no topo do corredor, para restringir a deformação das vigas do piso do sótão e da linha da asna;
- a chaminé foi parcialmente reconstruída, em tijolo, melhorando-se a estanquidade e capacidade de extração de ar;
- foram substituídas as telhas na totalidade e colocados telhões de canudo com 90cm de extensão para melhorar a proteção das paredes;
- foram colocados elementos ao nível do beiral para permitir a entrada de ar a ventilar este espaço com madeiras e sem uso, garantindo-se que a cumeeira era igualmente ventilada. A ventilação natural permanente e contínua neste espaço tem como objetivo melhorar as condições higrotérmicas do sótão para manter as madeiras secas e diminuir as condições de eventual reinfestação dos agentes xilófagos;
- foi colocado um passadiço central de madeira para facilitar a inspeção periódica da cobertura, bem como colocado um pára-raios para melhorar a segurança, tendo-se colocado igualmente a linha de vida.

A intervenção teve um custo aproximado de 57.000,0 euros em contraponto aos 152.000,0 euros apresentados pelo empreiteiro antes da realização do RID.

O Quadro 1 que se apresenta é uma síntese da monitorização e contém os dados de temperatura e humidade (valor mínimo, valor máximo e a média), com os dados do exterior, do sótão (a área intervencionada) e as salas dos topos do edifício (Sudoeste – S e Nordeste – N) de ambos os pisos (rés-do-chão –R e piso 1). Dado que o período de inverno monitorizado antes e o inverno do ano seguinte não são passíveis de comparar diretamente, optou-se por apresentar no Quadro 1 os dados reais do exterior e nos compartimentos a diferença de temperatura e de humidade em relação ao exterior. Assim, usou-se o "+" para variações positivas e o "-" para variações negativas.

Quadro 1 – Síntese de diferenciais higrotérmicos (Exterior/Interior e sótão) antes e após a intervenção (valor mínimo / valor máximo / média)

Período	Exterior	Sótão	Sala R/C S	Sala R/C N	Sala piso 1 S	Sala piso 1 N
Inverno antes	5,9/18,5	-2,2/+0.6/	+4.3/-0.4	+4.2/+1.5	+2.9/-0.4	+2.4/-2.5
Temperatura	10,7	+0.7	+1.0	+1.3	+1.0	+0.6
Inverno antes	66,4/99,9	-18.9/0	+5.0/-1.4	+1.4/-10.7	+0.2/-1.5	+2.9/-1.9
Humidade %	94,6	-4.1	-7.7	-10.7	-7.4	-8.4
Inverno após	2,8/17,6	+2.2/+0.2	+5.4/+0.1	+5.1/-1.0	+5.4/+0.1	+3.9/0.9
Temperatura	10,2	+1.3	+1.4	+1.3	+1.4	+1.1
Inverno após	27,0/99,9	+33.1/-4.8	+40.3/-2.2	+42.8/-13.0	+34.9/-4.9	+39.9/-3.7
Humidade %	78,25	-0.4	+5.2	+2.2	+5.2	-1.7

Da análise dos dados de monitorização higrotérmica (Quadro 1) verifica-se que a colocação do isolamento térmico (8 cm de espessura), mesmo considerando o efeito da ventilação permanente da cobertura/sótão no espaço melhorou as condições ambientais, diminuindo as amplitudes térmicas e atenua os valores extremos da humidade relativa, diminuindo o diferencial entre eles.

6. CONCLUSÕES

A intervenção na cobertura da Casa da Quinta de Nossa Senhora das Dores comprova que uma avaliação exaustiva do edifício através de uma inspeção e diagnóstico devidamente fundamentado num Relatório de Inspeção e Diagnóstico pode ser um auxiliar crucial para a definição de soluções de reabilitação e de uma mais eficaz aplicação do orçamento disponível. O Relatório de Inspeção e Diagnóstico com meios laboratoriais, de sondagens e com equipamentos próprios para avaliar os elementos estruturais do edifício permitiu reduzir consideravelmente o custo, para além de estabelecer orientações para o projeto de intervenção que mais facilmente definiu os critérios de intervenção com substituição apenas dos elementos necessários e reforços cirúrgicos para a melhoria do comportamento estrutural. Os dados de monitorização antes e após a intervenção comprovam que a priorização da intervenção na área do sótão/cobertura foi a mais adequada e a que mais benefícios trouxe, considerando que se estabeleceram medidas para uma melhor conservação do edifício, diminuindo amplitudes térmicas e os extremos de variação de humidade relativa. Ou seja, contribuiu grandemente para a preservação da autenticidade e integridade dos valores patrimoniais e culturais do edifício, mas também das condições de uso e preservação dos materiais.

REFERÊNCIAS

COSTA, A.; TAVARES COSTA, A.; FONSECA, J.; LOBO, B., 2014 – **Relatório de inspeção e diagnóstico da Casa Lebre em Aveiro**. 10 de fevereiro de 2014.

FERNANDES, M.; TAVARES COSTA, A., 2016 – **O adobe**. Lisboa: Editora Argumentum. ISBN 978-972-8479-95-4.

TAVARES COSTA, A.; COSTA, A., 2018 – **A importância dos estudos prévios de diagnóstico nos modelos multicritério de gestão da decisão de intervenção**. REHABEND 2018 – Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management, Cáceres, Espanha, 15-18 Maio de 2018.

CONTRIBUTO DO LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS E MODELAÇÃO ESTRUTURAL PARA A TOMADA DE DECISÃO EM SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO

CONTRIBUTION OF PATHOLOGIES SURVEY AND STRUCTURAL MODELING FOR DECISION MAKING IN REHABILITATION SOLUTIONS





Paula Lamego [(1)], Rui Araújo [(2)], Rui Oliveira [(3)]

(1) ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal, paula.lamego@dec.isel.pt
(2) BFE – Brazão Farinha Engenharia, Lda, Portugal, rmparaujo.rui@gmail.com
(3) BFE – Brazão Farinha Engenharia, Lda, Portugal, rui.oliveira.cs@gmail.com

RESUMO

Num mercado cada vez mais focado na conservação e reabilitação, a principal preocupação é, naturalmente, a valorização dos centros históricos, bem como a alteração de uso de parte do edificado. No entanto, mesmo os edifícios construídos nas últimas décadas apresentam patologias que indiciam conceções erradas ou ainda que a sua construção não foi executada de acordo com o projeto.

Neste artigo é apresentado um caso de estudo de um conjunto de edifícios relativamente recente, com estrutura porticada em betão armado, cujas fachadas apresentavam fissuração extensiva com desenvolvimento vertical e horizontal e destacamento do revestimento de proteção mecânica, bem como desaprumo. Alguns dos alojamentos apresentavam também patologias no seu interior, nomeadamente fissuração horizontal entre o fundo da laje e a alvenaria vertical exterior. A realização de ensaios *in situ* foi fundamental para a caraterização dos materiais e processos construtivos. Finalmente, o levantamento da estrutura existente e a posterior modelação numérica permitiu identificar as causas das patologias e mitigar os problemas existentes. A verificação *in situ* de que algumas das lajes estariam a funcionar como simplesmente apoiadas, quando no projeto estava previsto o seu funcionamento em consola, levou ao estudo de dois cenários possíveis para a intervenção.

Este caso de estudo demonstra a importância da coordenação interdisciplinar entre os vários intervenientes duma obra e também que a realização de ensaios, acompanhada de estudos de comportamento numérico, é fundamental para obter as melhores soluções de intervenção no edificado.

Palavras-chave: Tomada de Decisão / Reabilitação de Edifícios / Ensaios *in situ* / Simulação Numérica / Levantamento e Diagnóstico

1. INTRODUÇÃO

Vivemos uma época em que, por motivos económicos e ecológicos, se torna mais rentável reabilitar do que substituir por construção nova. Ao mesmo tempo, existe enquadramento legislativo para que a reabilitação melhore também as condições de segurança dos edifícios. É um facto que o edificado tem tendência a apresentar várias patologias com a idade, quer sejam causadas por deficiente conceção ou construção, por má utilização ou por falta de manutenção adequada. Assim, é nas intervenções de reabilitação que, mais do que reparar os efeitos, surge a oportunidade de corrigir as causas dessas patologias.

Com a apresentação deste caso de estudo de um conjunto de edifícios, pretende-se demonstrar que a realização de ensaios e a modelação numérica permite encaminhar para soluções de intervenção assertivas, minimizando problemas futuros. O trabalho aqui apresentado tem como objeto principal um conjunto de edifícios construído na década de 1990 e que apresenta diversas anomalias, sendo algumas delas algo preocupantes por se suspeitar que poderão ter origem estrutural e colocar em risco os seus ocupantes. O conjunto de edifícios é abaixo caracterizado, seguindo-se a identificação de anomalias. Estas anomalias são alvo de estudo, quer por realização de ensaios, quer por modelação numérica e simulação, permitindo identificar as suas causas e propôr soluções de intervenção consentâneas com os problemas identificados.

2. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFICADO

A construção do conjunto de edifícios terminou em finais da década de 1990, apoiada em projeto de 1993, e estes apresentam uma estrutura resistente do tipo mista pórtico-parede, constituída por lajes fungiformes que se apoiam num conjunto de pilares e paredes de betão armado, assentes em fundações indiretas. Os edifícios apresentam entre 6 e 8 pisos, podendo ser observado na Figura 1 uma imagem de conjunto dos mesmos e na Figura 2 uma vista das fachadas.



Figura 1 – Vista aérea do conjunto



Figura 2 – Vista das fachadas de 5 dos 11 edifícios

3. IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS/PATOLOGIAS

Nos edifícios que foram objeto da empreitada de reabilitação, observava-se, ao tempo dos trabalhos, extensa fendilhação nos paramentos exteriores das lajes em consola, pelo que, a pedido do Dono de Obra, procedeu-se a um estudo que se focou na realização de uma campanha de ensaios laboratoriais e *in situ*, na análise do projeto

de estabilidade dos edifícios em apreço e na modelação das partes em consola dos edifícios, conducente à determinação das causas da fendilhação, com o objetivo de determinar as causas e determinar as soluções corretivas. A fendilhação não tinha sido identificada na fase de projeto, logo as suas causas não tinham sido estudadas anteriormente.

As patologias então detetadas por observação visual foram: a) Fissuração dos muretes das lajes em consola das cozinhas dos edifícios, presente em sete dos edifícios (Figuras 3 e 4); b) Destacamento do reboco e esmagamento de alvenarias na empena de um edifício, com fissura sobre o reboco que se estende à alvenaria e à laje (Figura 5); c) Extensa fissuração na caixa de escadas com planta semi-circular em dois edifícios, (Figura 6); d) Fissuração da fachada orientada a sudoeste, de um dos edifícios (Figura 7).



Figura 3 – Exemplo de fissura nas consolas



Figura 4 – Sondagem de fissura numa consola



Figura 5 – Remoção de destacamentos na empena



Figura 6 – Fissuras nas caixas de escadas de um dos edifícios



Figura 7 – Fissuras na fachada orientada a sudoeste

4. ENSAIOS *IN SITU* E MODELAÇÃO NUMÉRICA

Para suporte à modelação numérica e análise de possíveis causas para as anomalias registadas, foi realizada uma campanha de ensaios. Essa campanha incluiu ensaios e cálculos estruturais, nomeadamente análise do projeto de estabilidade dos edifícios, respetivas peças escritas e desenhadas, bem como outros elementos disponibilizados pelo Dono de Obra; extração de dez carotes, por meio de uma caroteadora de coroa diamantada trabalhando à rotação com sistema de refrigeração a água, para caracterização do betão estrutural, e confirmação da conformidade com o projeto original, extraídos em zonas distintas e convenientemente distribuídas pelas lajes dos edifícios em estudo, em função do levantamento patológico efetuado; ensaios de

localização e determinação do diâmetro de armaduras e respetivo recobrimento de betão nas lajes em consola (ensaios realizados em diversos pontos, nas duas faces das lajes); modelação das partes dos edifícios em consola, anteriores, com vista a uma correta avaliação estrutural das mesmas. Foram também realizados ensaios sobre alvenarias de tijolo das fachadas, incluindo realização de sondagens nas paredes de tijolo das fachadas para determinação da sua constituição e das suas condições de apoio e análise termográfica, utilizando uma câmara termográfica FLIR Thermo Vice, para a determinação de eventuais pontos notáveis e singularidades de material. Finalmente, foi verificada a espessura de rebocos por meio amostragem e de sondagens pontuais.

A modelação estrutural dos edifícios contempla as quatro situações patológicas de maior relevância, tendo sido avaliadas as deformações das consolas das cozinhas, a laje em consola da empena num dos edifícios e a caixa de escadas semicircular e a laje da consola do primeiro piso que abrange uma cozinha e um quarto. No entanto, para que o modelo numérico fosse fiável, havia a necessidade de confirmar a composição das lajes. No projeto era referido que os edifícios possuíam uma estrutura de lajes fungiformes aligeiradas com "caixotões" perdidos, executada com betão C20/25, aço em varão A400NR e malhasol A500. Os ensaios de localização e determinação do diâmetro de armaduras e respetivo recobrimento de betão nas lajes permitiram verificar que, de uma forma geral e no que foi possível analisar, tudo indica que a construção respeitou o previsto em projeto.

Para a modelação da laje em consola na zona das cozinhas, observada nas Figuras 3 e 4 e com localização em planta apresentada na Figura 8, foi utilizado o software SAP2000 que possibilitou a análise de tensões instaladas nos materiais e, deste modo, aferir se a fendilhação horizontal existente teria origem estrutural ou não. Como na zona de início da consola, a laje apresentava uma armadura de reforço entre dois pilares, possibilitou a consideração de um modelo com a consola encastrada, não abrangendo, deste modo, a totalidade da laje. Foram então modeladas as paredes e a laje em consola, verificando-se que mesmo na situação mais desfavorável, em que se considerou a ação dinâmica de um frigorífico com 50 kg de conteúdo colocado sobre a consola, quer os deslocamentos verticais na extremidade da mesma, quer as tensões de tração e de corte (Figura 9) e o momento torsor não apresentavam valores que indiciassem origem estrutural. No entanto, a abertura de fissuração (2 mm) bem como a sua forma, indiciavam uma patologia estrutural, eventualmente confirmada com uma análise não linear.

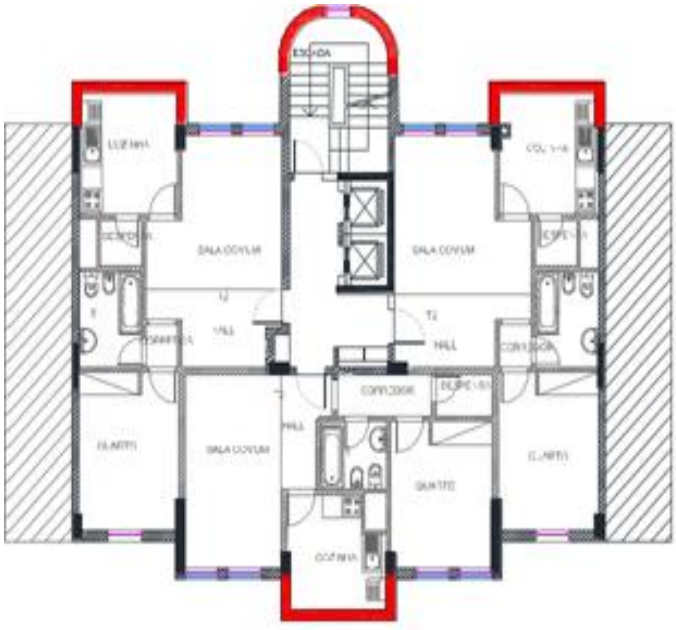


Figura 8 – Planta com destaque das zonas intervencionad

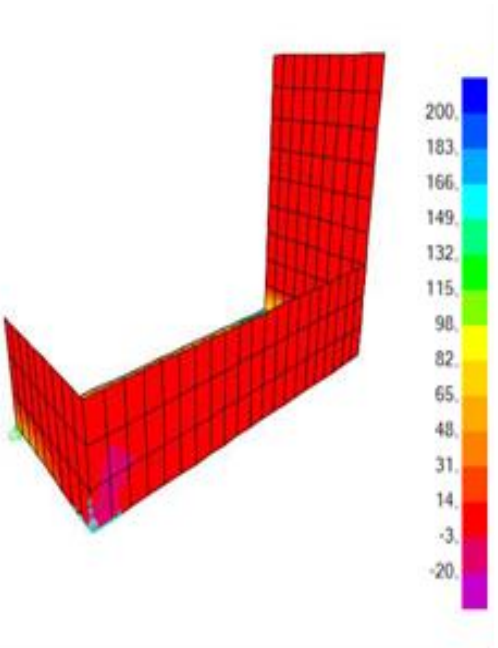


Figura 9 – Tensões de corte instaladas nos materiais (kN/m²)

De modo idêntico, foi feito o modelo numérico da laje em consola localizada na zona dos quartos, com sinais visíveis de eventual esmagamento nos cantos dos topos das consolas, observado na Figura 5. A sua localização em planta encontra-se na Figura 10, no lado esquerdo da mesma. O modelo considerou o piso térreo e o primeiro piso, com encastramento nos nós das extremidades da laje na zona dos pilares (com viga fictícia para distribuição de esforços provenientes da consola) e sem apoios na base das paredes do piso térreo. Dado o elevado valor de tensões de tração observado na laje (Figura 11), cerca de 7000 kN/m^2, e de tensões de corte (Figura 12), cerca de 1000 kN/m^2, alerta para a possível existência de problemas estruturais. Assim, para confirmar esta conjetura, e dado que os ensaios de localização e determinação do diâmetro de armaduras tinham alertado para o facto de as mesmas estarem a funcionar como simplesmente apoiadas em vez de encastradas com armadura em consola, à semelhança do que acontece também nas consolas das cozinhas (Figuras 13 e 14), foi executada uma análise estática não linear no software 3Muri, que confirmou a presença de danos, eventualmente provocados por concentração de tensões, nas zonas onde se observou o esmagamento das alvenarias, nomeadamente no topo dos cantos das consolas, o que fundamenta a fissuração detetada.



Figura10 – Planta com destaque das zonas intervencionadas

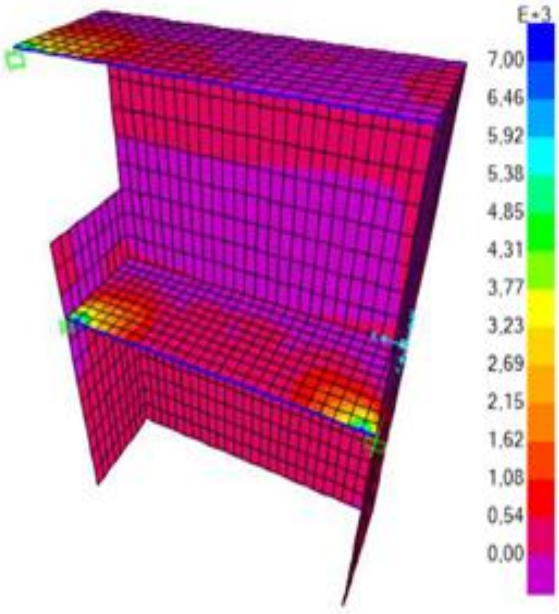


Figura 11 – Tensões de tração instaladas nos materiais (kN/m^2)

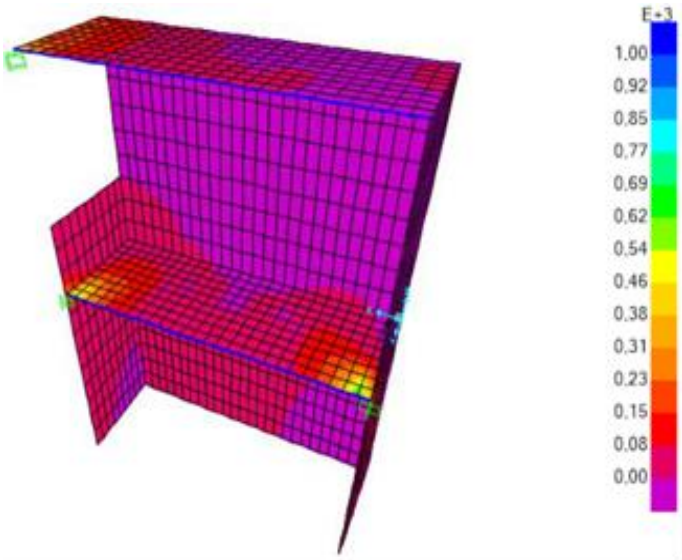


Figura 12 – Tensões de corte instaladas nos materiais (kN/m^2)

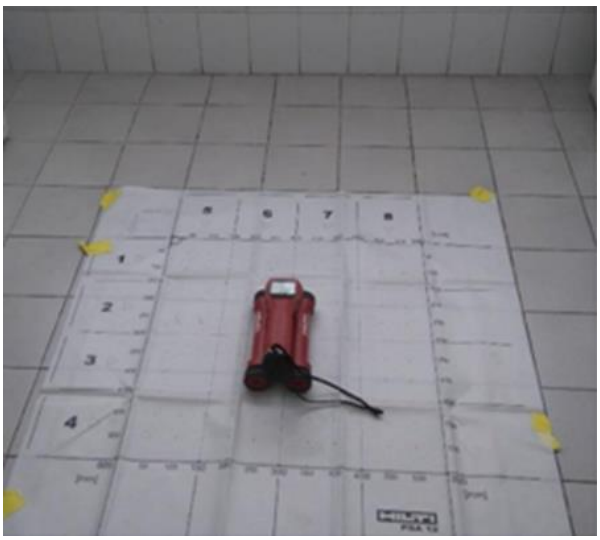


Figura 13 – Deteção de armadura superior na laje da cozinha

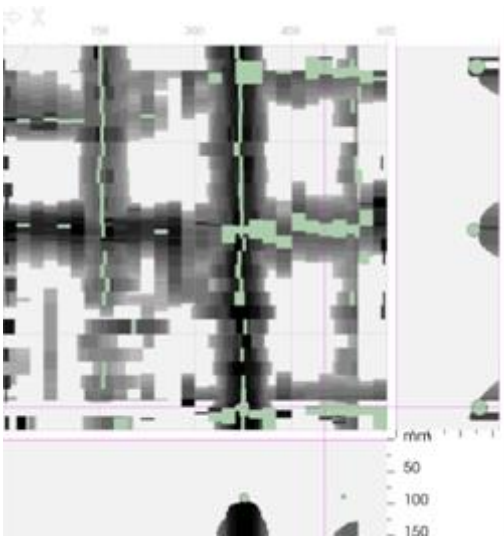


Figura 14 – Análise *Profis Ferroscan*

A caixa de escadas, observada na planta da Figura 8, que apresenta fendilhação vertical com padrão duvidoso acerca da sua origem, foi também modelada considerando que a zona semicircular é constituída por paredes de alvenaria, apoiadas numa viga curva em consola, que apoia nas paredes em betão e que, por sua vez, suporta as lajes de escadas. Os resultados encontrados para as tensões axiais horizontais na laje, no início da consola, assim como as tensões de corte nos cantos no início da consola (Figura 15) indicam que é pouco provável que a fendilhação observada tenha origem estrutural e que possivelmente se esteja perante uma patologia provocada por comportamento diferencial dos elementos construtivos

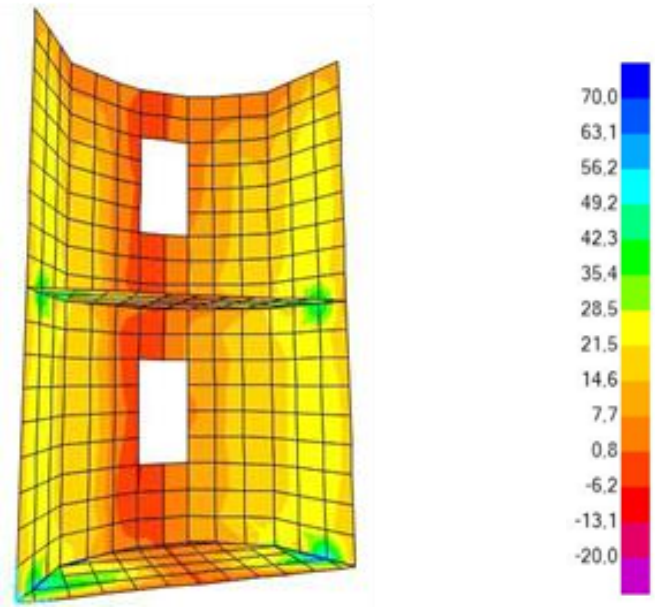


Figura 15 – Tensões de corte instaladas nos materiais (kN/m^2)

Finalmente, para a avaliação da fissuração generalizada observada na Figura 7 e com localização em planta na Figura 16, foi realizado o modelo da laje em consola do primeiro piso e que abrange uma cozinha e um quarto. Os valores de tensões observadas nos materiais, assim como de deslocamentos na extremidade da consola e de momento torsor no encastramento da consola são demasiado reduzidos para sugerir causa estrutural, levando a depreender que as paredes se encontram perante um caso típico de fendilhação térmica.



Figura 16 – Planta com destaque das zonas intervencionadas, incluindo fachada orientada a sudoeste

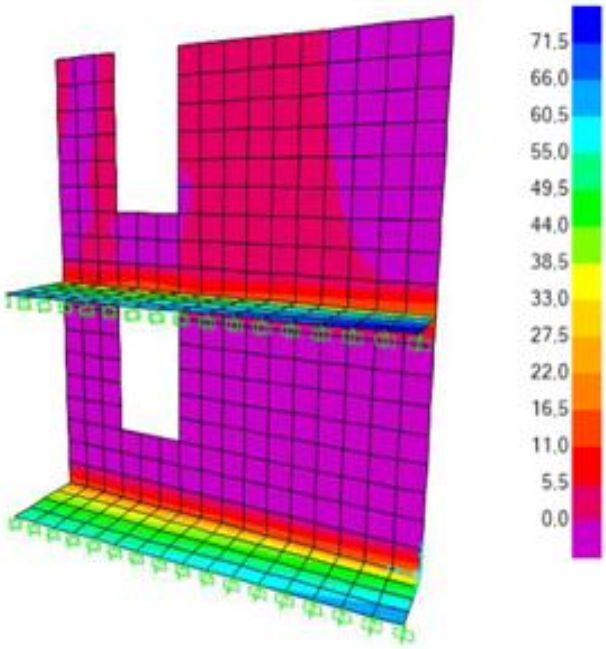


Figura 17 – Tensões de corte instaladas nos materiais (kN/m²)

Face aos resultados obtidos dos ensaios e dos modelos numéricos, são apresentadas as soluções de intervenção executadas para cada uma das situações descritas anteriormente. Para o caso da consola na zona das cozinhas, embora o modelo numérico não indiciasse problemas estruturais, optou-se por adotar uma solução baseada na opinião e experiência dos autores, por ser notória uma patologia estrutural. Assim, foi introduzida uma junta dinâmica seguindo o alinhamento das fissuras existentes, como forma de reparação das patologias, prevenção de novas ocorrências e reposição dos graus de liberdade permitindo que as lajes voltassem a funcionar como consolas (Figura 18). Já para o caso da consola na zona dos quartos, tendo-se verificado também que as paredes fissuradas se encontravam mal apoiadas, foi refeito o pano exterior de alvenaria e revestido com reboco térmico, tendo sido criada uma junta horizontal de modo a permitir eventuais deformações futuras. De salientar que a recomendação ou solução ideal seria colocar dois pilares na extremidade e transformar a consola em pórtico, pois é a situação de pórtico que realmente está a ocorrer. No entanto, como esta solução é de difícil e onerosa execução, sendo também complicado garantir as condições de apoio ideais para as fundações, o que agravaria o problema, como alternativa mitigadora do problema, foi proposta a redução do comprimento das consolas materializado através da introdução de uma chapa metálica na face inferior das lajes, nas zonas amaciçadas, “transformando” essa zona numa “viga” que descarrega nos pilares. Essa chapa deveria ter o comprimento total da consola, ou seja, ir de um pilar ao outro. Já a largura, idealmente deveria ser igual à largura do pilar, entrando ainda cerca de 15 cm para ambos os lados (para o interior do compartimento e para o lado da consola), não devendo ser prolongada devido à existência dos "caixões" de aligeiramento. Note-se que nesta situação se deveria garantir que essa chapa não se aproxima da zona aligeirada, com risco de transferência de esforços para essa zona. Como alternativa à chapa metálica, poderiam ainda ser aplicadas faixas de laminados de carbono, mas com custos mais elevados.



Figura 18 – Varanda em fase de enchimento da junta criada

Nas paredes da caixa de escada foi realizado um sistema de grampeamento das fissuras existentes e ligação entre elementos construtivos diferentes (betão/alvenaria) e/ou reparação contratual das fissuras existentes, com aplicação no final de um revestimento com pintura armada (Figura 19). Na fachada com fissuração generalizada (Figura 7), foi feita a correção do comportamento térmico com aplicação de sistema ETICS (Figura 20). De salientar que a análise termográfica desta fachada mostrou a existência de patologias ao nível do comportamento termohigrométrico, maioritariamente humidades, provocadas pelas fissuras.



Figura 19 – Tratamento de fissuras e aplicação de "gatos" na caixa de escada



Figura 20 – Aplicação de sistema ETICS na fachada

5. CONCLUSÕES

A realização de ensaios laboratoriais e *in situ*, bem como a interpretação do comportamento estrutural dos edifícios possível devido à modelação estrutural, foram essenciais para a tomada de decisão acerca da melhor solução de intervenção, possibilitando direcionar os trabalhos para soluções corretivas assertivas e com um menor custo de execução.

De uma forma geral, os ensaios permitiram a compreensão que as características físicas do betão não provocavam quaisquer tipos de patologias e que os rebocos possuíam espessuras diferentes, embora com um padrão aleatório de dimensão não associável à fendilhação, pelo que não pareciam influenciar a fissuração, até porque existiam zonas com espessuras diferentes de reboco e com patologias idênticas. A distribuição das armaduras detetadas coincidiam, de um modo geral, com o projeto original, não tendo sido possível, na generalidade dos casos, corroborar os respetivos diâmetros. No entanto, constatou-se que a espessura do

recobrimento é variável e, por conseguinte, suscetível de influenciar o comportamento estrutural das lajes em consola. Os testemunhos de gesso, dentro das suas limitações temporais, não indicavam qualquer atividade das fendas e fissuras. As sondagens buroscópicas determinaram que as fissuras existentes se propagavam para o interior das alvenarias, pelo que não afetam exclusivamente o reboco. A análise termográfica demonstrou que, de um modo geral, existem patologias ao nível do comportamento termohigrométrico das fachadas, maioritariamente humidades provocadas por fissuras.

Já a análise estrutural, com recurso à modelação em SAP2000, permitiu aferir a maioria dos resultados obtidos por observação visual e por realização de diversos ensaios, para além de confirmar a causa provável para a ocorrência das anomalias, com exceção das consolas das cozinhas. A fendilhação observada na fachada do edifício de canto, bem como a da caixa de escadas, foi demonstrada como proveniente de causas não estruturais. Pelo contrário, o esmagamento observado nos cantos das vergas dos vãos, foi provada como causa estrutural induzida por erro de projeto/execução. Quanto à fendilhação horizontal observada nas lajes em consola na zona das cozinhas que, de acordo com a análise numérica de tensões indicaria ter origem em problemas não estruturais, optou-se por seguir a intuição dos intervenientes, tratando o problema como estrutural, causado pelas condições de apoio das lajes que, em vez de funcionarem em consola, estavam a funcionar como simplesmente apoiadas.

Passados mais de 2 anos após a realização da empreitada e tendo sido realizadas vistorias periódicas de acompanhamento em período de garantia da obra, observa-se que as soluções adotadas eliminaram as patologias inicialmente observadas, não se registando evolução das mesmas.

REFERÊNCIAS

Projetos de arquitetura e de estabilidade dos edifícios.

SAP2000 Programa de cálculo automático de estruturas. CSI – Computers & Structures, Inc., Estados Unidos da América, www.csiberkeley.com

REBOCOS INTERIORES PARA REABILITAÇÃO – REQUISITOS E CARATERÍSTICAS IMPORTANTES

PLASTERS FOR REHABILITATION – RELEVANT REQUIREMENTS AND CHARACTERISTICS





Alessandra Ranesi [(1)], Rosário Veiga [(2)], Paulina Faria [(3)]

(1) LNEC, CERIS e DEC/FCT/Universidade NOVA de Lisboa, Portugal, alessandraranesi@gmail.com
(2) LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt
(3) CERIS e DEC/FCT/Universidade NOVA de Lisboa, Portugal, paulina.faria@fct.unl.pt

RESUMO

Já em 1972, a *Carta italiana del Restauro* definia o restauro como «*qualsiasi intervento volto a mantenere in efficienza, a facilitare la lettura e a trasmettere integralmente al futuro*», designando como objeto de conservação qualquer testemunho das civilizações do passado. Nessa perspectiva toda a construção tradicional pode considerar-se um repositório do património material e imaterial. A presença na prática construtiva tradicional portuguesa de rebocos com base em cal aérea, terra e gesso tem sido comprovada por diversos estudos. Por esta razão parece necessário recorrer a argamassas com formulação compatível, se possível conservando a mesma paleta de materiais, numa ação destinada a conservar as construções para as futuras gerações. As formulações das argamassas, acabamentos e tratamentos, e os sistemas de revestimento aplicados têm grande impacto nos projectos de conservação e reabilitação, pelas geralmente vastas áreas abrangidas e pela função protetora que devem desempenhar. Na prática de conservação e reabilitação do património construído tem de assegurar-se um bom funcionamento do sistema de reboco face ao suporte onde é aplicado e que tem de proteger, tendo em consideração as propriedades físico-mecânicas e químicas entre os materiais, assegurando a sua compatibilidade e durabilidade. Por outro lado, os materiais usados em rebocos interiores devem também assegurar elevados níveis de salubridade do ambiente interior, dos pontos de vista termo-higrométrico e de qualidade do ar. Com base nos estudos existentes, apresenta-se uma síntese dos requisitos e das caraterísticas mais importantes dos rebocos interiores formulados com base nestes materiais, com a intenção de propor possibilidades de otimização.

Palavras-chave: Argamassa / Compatibilidade / Durabilidade / Higroscopicidade / Qualidade do Ar Interior

1. INTRODUÇÃO

De acordo com as matérias-primas e a mão-de-obra disponíveis, a construção vernácula adotou diferentes formas e soluções técnicas para atender aos requisitos arquitetónicos em diferentes épocas e áreas. Em Portugal, o uso de cal aérea, terra e gesso no reboco interior em diferentes períodos históricos tem sido confirmado por vários estudos (Damas *et al.*, 2016; Fernandes, 2008; Malta da Silveira *et al.*, 2007; Veiga, 2017). Somente no final do século XIX e principalmente no século XX esses materiais passaram a ser substituídos por ligantes hidráulicos, tais como cais com propriedades hidráulicas, cimento natural e cimento Portland (Candeias *et al.*, 2006). Assim, durante o século XX, muitas intervenções supostamente de consolidação e conservação de edifícios antigos foram realizadas com a substituição completa ou parcial das argamassas originais por outras baseadas nos novos ligantes (Gomes e Faria, 2011), o que muitas vezes contribuiu para acelerar o processo de degradação do património arquitetónico.

Uma vez que esse fenómeno de aceleração no processo de deterioração foi atribuído à incompatibilidade da intervenção, muitos estudos foram realizados tentando definir procedimentos para avaliar o que já existia, antes de planear novas intervenções (Damas *et al.*, 2016). A composição química e as propriedades físicas e mecânicas são aspectos a serem analisados para definir a compatibilidade entre diferentes elementos construtivos. É importante levar em conta, também, que o trabalho em conservação pode por vezes implicar a necessidade de adaptar técnicas de ensaio normalizadas.

Relativamente à caracterização das propriedades de revestimentos interiores, o foco deve ser sobre aquelas que são importantes para a integração ou substituição do reboco no âmbito da conservação ou reabilitação de edifícios antigos e naquelas mais relacionadas com a qualidade do ar interior, considerando a intenção de tornar a intervenção o mais eco-eficiente possível.

2. CRITÉRIOS DE CONSERVAÇÃO

Como já foi referido em muitos trabalhos relacionados com a conservação do património arquitetónico – desde as várias Cartas de Restauro e Conservação produzidas durante o século passado aos muitos artigos científicos disponíveis atualmente – existem alguns critérios que hoje em dia são reconhecidos como fundamentais para a realizações de boas intervenções. Os principais critérios resultantes desses estudos são (Veiga & Faria, 2018):

Compatibilidade* e *eficácia – É importante garantir a compatibilidade no desempenho químico, físico e mecânico. Ao escolher uma argamassa para reparar uma parede antiga, por exemplo para compensar uma lacuna de reboco, é importante ter cuidado para não ativar novos mecanismos de degradação no sistema (parede-reboco-acabamento final) e no próprio reboco. A eficácia da intervenção é obtida garantindo a escolha e o uso corretos de uma argamassa, compatível com a pré-existência e que responda à necessidade requerida.

***Durabilidade* do reboco e do sistema de parede-reboco-acabamento** – As causas de degradação são múltiplas e estão relacionadas com mecanismos químicos, mecânicos, físicos e biológicos. As mais comuns estão ligadas ao transporte de água no interior da argamassa, como descrito para argamassas à base de cal aérea por Veiga (2017).

***Reversibilidade* da intervenção** – Tem de ter-se em consideração que, por exemplo um novo reboco, pode vir a ter de ser removido no futuro no âmbito da execução de trabalhos de manutenção, e que essa remoção tem de ser efetuada sem danificar os elementos originais. Também é preciso ter em consideração que, no futuro, a intervenção poderá ser substituída por outra, baseada num saber-fazer diferente e em novos materiais que atendam melhor à função esperada.

2.1. Caracterização mecânica, física e química

Para garantir a compatibilidade entre o novo reboco e o substrato já existente, é necessário comparar as propriedades químicas, físicas e mecânicas das argamassas (Veiga & Faria, 2018). Na Tabela 1 são sintetizadas as propriedades consideradas mais importantes para caracterizar uma argamassa e os métodos de ensaio mais correntes para as aferir. No caso de se pretenderem caracterizar amostras de reboco antigo, os métodos podem necessitar de ser adaptados (Freire *et al.*, 2019). Além das propriedades reportadas na Tabela 1, a primeira etapa metodológica é fazer uma análise visual, fortemente relacionada com a experiência do operador, combinada com alguns ensaios *in situ*, coletando dados de dureza, aderência e presença de fissuras na superfície dos rebocos.

Tabela 1 – Caracterização das argamassas

Característica	Definição	Método de determinação	Normas ou especificações	Propriedades relacionadas	Factores relacionados
Coesão Superficial	Avaliação da falta de coesão das partículas à superfície do reboco	Massa de partículas que aderem a fita cola pressionada na superfície com intensidade constante por um determinado período de tempo	Drdácký *et al.* (2014) Parracha *et al.* (2019)	Uso, limpeza, durabilidade	Composição mineralógica e microestrutura
Resistência à abrasão superficial	Resistência da superfície seca do reboco à abrasão mecânica	Perda de massa após 20 rotações de uma escova circular aplicada na superfície sob pressão definida	DIN 18947:2013 2 classes: SI, SII	Propriedades mecânicas, comportamento físico, durabilidade	Composição mineralógica e microestrutura
Módulo de elasticidade (estático ou dinâmico)	Capacidade de deformação; rácio tensão-deformação	Tensão-deformação; velocidade de propagação de ultra-sons; frequência de ressonância	CSTB Cahier 2669-4, 1993 EN 14146:2004 EN 12504-4:2007	Propriedades mecânicas, comportamento físico, durabilidade	Composição mineralógica e microestrutura, teor de água
Resistência à compressão	Tensão de compressão que produz deformação no material, reduzindo o seu volume até à rotura	Compressão de uma área	EN 1015-11, 1999 DIN 18947:2013 EN 998-1:2016 4 classes: CSI a CSIV	Propriedades mecânicas, comportamento físico, durabilidade	Composição mineralógica e microestrutura, teor de água
Resistência à tração por flexão	Tensão de tração aplicada por meio de um ensaio de flexão por três pontos até a rotura	Flexão a meio vão com apoio inferior	EN 1015-11:1999 DIN 18947:2013	Comportamento mecânico	Composição mineralógica e microestrutura, teor de água
Aderência ao suporte	Capacidade da argamassa de aderir a uma superfície	*Pull-off* da argamassa em contato com um suporte	EN 1015-12:2000 DIN 18947:2013 2 classes: SI, SII	Integridade do sistema, comportamento mecânico	Composição mineralógica e microestrutura, coesão, aplicação
Adsorção/ desadsorção	Capacidade do reboco para captar/ libertar vapor de água até atingir equilíbrio com a envolvente	Aumento ou diminuição de massa e HR elevada ou baixa, em função da área e do tempo	EN 12571:1998 DIN 18947:2013 3 classes: WS-I a WS-III (≥60g/m^2) Lima *et al.* (2016)	Conforto térmico, equilíbrio do teor de humidade do ar, poupança energética	Composição mineralógica e microestrutura, distribuição de poros

Tabela 1 – Caracterização das argamassas (cont.)

Característica	Definição	Método de determinação	Normas ou especificações	Propriedades relacionadas	Factores relacionados
Permeabilidade ao vapor de água	Capacidade de camada de argamassa de ser atravessada por vapor de água (normalmente devido a diferenças de pressão entre interior e exterior)	Variação de massa de amostras em cápsula húmida ou seca, com diferentes condições de HR em relação ao ambiente da câmara climática, até estabilização	EN 1015-19:1998 EN ISO 12572:2001 EN 15803:2009 DIN 18947:2013	Balanço do teor de humidade do ar, fenómenos de condensa-ção no interior dos compo-nentes, durabilidade	Composição mineralógica e microestrutura, distribuição de poros
Absorção de água por capilaridade	Ascensão de água liquida pela porosidade capilar da argamassa	Aumento da massa em função da área em contato com lâmina de água, em função da raiz do tempo; cálculo do coeficiente de capilaridade e da absorção total de água depois de determinado período e até saturação	RILEM TC 25-PEM_ II.6, 1980 EN 1015-18:2002 EN 15801:2009 EN 998-1:2016 3 classes : W_c0 ÷ W_c2	Propriedades mecânicas, secagem, transporte de água nos componentes, suscetibilidade biológica, durabilidade	Composição mineralógica e microestrutura, distribuição dos poros
Secagem	Capacidade da argamassa húmida de secar, até atingir equilíbrio com a envolvente	Diminuição de massa em função da área e do tempo ou raiz do tempo de provetes saturados no ensaio de capilaridade, em condições de T e HR controladas; cálculo das taxas de secagem na 1.ª e 2.ª fases e do índice de secagem	RILEM TC 25-PEM_II.5, 1980 EN 16322:2013	Propriedades mecânicas, fenómenos de condensação, ataque biológico	Composição mineralógica e microestrutura, distribuição de poros, teor de água, HR e T do ambiente
Condutibilidade térmica	Capacidade da argamassa em conduzir calor	Provetes em equilíbrio com condições especí-ficas de T e HR; determinação por Heat transfer analyser, hot hire or hot plates	EN 1745:2012 EN 998-1:2016 2 classes: T1, T2	Conforto térmico, poupança energética	Microestructura e distribuição dos poros, densidade
Microestructura	Estrutura porosa da argamassa	Massa seca por unidade de volume aparente	EN 1015-10:1999 DIN 18947:2013	Todo o com-portamento do material	Ligante, agregados, adições, razão ligante/agregado, razão água/ligante, ligações químicas, métodos de preparação e aplicação
		Porosidade aberta por vácuo e pesagem hidrostática; porosimetria por intrusão de mercúrio	ASTM D4404-84: 2004 EN 1936:2006		

3. PROPRIEDADES PARA A CONSERVAÇÃO

Algumas das propriedades importantes a serem consideradas para argamassas para conservação são apresentadas na Tabela 2, juntamente com a gama de valores para argamassas históricas sugerida por Veiga *et al.* (2010).

Tabela 2 – Propriedades de argamassas com base em terra (E), pré-doseada com base em gesso (PG), cal aérea (AL), cal hidráulica (HL), cal hidráulica natural (NHL) e cimento (C) e comparação com a gama recomendada para argamassas para construções históricas

Argamassa (traço em vol.) Propriedade	E (1:3)	PG	AL (1:3)	HL3.5(1:3)	NHL5(1:4)	C (1:4)	Intervalo
Retração linear[%]	0,08[a]	0,53[a]	0,04[a]	-	0,07[a]	0,05[f]	-
Resistência à compressão [MPa]	0,77[a]-1,01[g]	1,66[a]-4,16[h]	0,20-1,80[b]	2,80-3,20[b]	0,80-1,20[b]	3,00-7,00[b]	**0,40-2,50[b]**
Resistência à tração por flexão [MPa]	0,17[c]-0,25[a]	7,94[h]	0,20-0,80[b]	1,00-1,20[b]	0,20-0,50[b]	0,90-1,70[b]	**0,20-0,70[b]**
Módulo de elasticidade dinâmico [GPa]	1,07[c]	US – 3,63[h] FR – 5,25[h]	2,30-4,10[b]	7,80[b]	1,00-3,00[b]	5,80[b]-11,07[f]	**2,00-4,80[b]**
Adsorção às 24 h, HR 50% > 80% [g/m²][(2)]	80[d]-180[i]	20[g]	12[d]	-	30[d]	40[g]	-
Espessura da camada de ar equivalente, Sd [m]	0,13-0,16[i]	0,035-0,057[h]	0,05-0,08[b]	0,08[b]	0,09[b]	0,07-0,14[b]	**≤ 0,08[b]**
Coeficiente de capilaridade [kg/(m²·min$^{1/2}$)]	0,14[c]-0,28[e]	6,42-6,97[h]	1,00-1,60[b]	1,40-2,00[b]	1,20-2,50[b]	0,80-2,00[b]	**1,00-1,50[b]**
Índice de secagem [-][(1)]	0,12[g]	0,24[g]	0,31[l]	-	0,22(l)	0,11[g]	-
Condutibilidade térmica [W/(m·K)] **´´	1,18[a]	0,93[a]	0,80[a]	-	0,65[a]	0,90 (dado comercial)	-

(a) Lima *et al.* (2016); (b) Veiga *et al.* (2010); (c) Gomes *et al.* (2018); (d) Lima & Faria (2017); (e) Faria & Lima (2018); (f) Brazão Farinha *et al.* (2016); (g) Santos *et al.* (2019); (h) Freire (2016); (i) Santos *et al.* (2015); (l) Faria *et al.* (2017); (1) Só comparáveis para ensaios de igual duração; (2) Só comparáveis para mesmas condições de T e RH; em vermelho os valores que não se enquadram no intervalo.; US – por ultrassons; FR – por frequência de ressonância

Comparando os dados, a evidência é que a argamassa de cimento não é compatível para a conservação uma vez que quase todos os valores que as caracterizam excedem a gama de valores recomendada. Por exemplo, o comportamento mecânico é completamente acima do limite recomendado, de modo que uma reparação realizada num edifício histórico com argamassas de cimento poderia provocar uma concentração de tensões na parede onde essa argamassa fosse aplicada. Simultaneamente, a sua elevada resistência ao vapor de água poderia manter a parede demasiado húmida, reduzindo por essa via a sua capacidade resistente e, eventualmente, gerando muitos outros processos de degradação, nomeadamente por ação de sais solúveis e higroscópicos. A argamassa de cal hidráulica também resulta fora da gama para muitos parâmetros, diversamente das argamassas com base em terra, gesso, cal aérea e cal hidráulica natural, que apresentam características mais de acordo com os requisitos, como esperado, uma vez que são as mais utilizadas em estruturas antigas.

4. QUALIDADE DO AMBIENTE INTERIOR

Um reboco para conservação e reabilitação, como descrito até agora, não apenas precisa atender aos requisitos das normas e satisfazer os critérios de conservação listados na secção 2, mas também deve contribuir para melhorar as condições de vida dos utilizadores dos edifícios, relacionadas com a qualidade do ambiente interior (*Indoor Environmental Quality*, IEQ), e respeitar a eco-eficiência exigida aos novos materiais e produtos da construção. A IEQ é determinada com a avaliação de quatro parâmetros, nomeadamente: qualidade do ar

interior (*Indoor Air Quality*, IAQ), conforto térmico, acústico e visual (Frontczak & Wargocki, 2011), todos relacionados com o bem-estar dos ocupantes e com a energia operacional dos edifícios. Para a determinação da IEQ, existem muitos modelos (Heinzerling *et al*., 2013), diferentes entre si em termos de parâmetros analisados, métodos de ensaio, escala de valores dos resultados e da decisão prévia de considerar apenas critérios objetivos ou introduzir também critérios subjetivos. Por um lado, essa segunda via parece ser mais precisa, uma vez que a avaliação da qualidade do ambiente interior está fortemente relacionada com as pessoas que usam o espaço, embora, por outro lado, torne a avaliação mais difícil.

Há quase 50 anos, entre todos estes parâmetros, foi dado particular impulso ao estudo de todos os elementos que influenciam a IAQ, devido à relação encontrada entre uma má qualidade do ar interior e a saúde dos ocupantes dos edifícios (Jones, 1999) tal como revelou o estudo sobre o *sick-building-syndrome* (SBS) e das *building-related illnesses* (BRI). Uma maneira de quantificar a qualidade do ar interior, como reportado por alguns investigadores (Wei *et al.*, 2016), é através da formulação e avaliação de um índice. No entanto, nem todos consideram os mesmos parâmetros nem os mesmos métodos de ensaio para a definição de índices, e o resultado final são valores pertencentes a diferentes escalas, o que não simplifica a comparação entre os diversos estudos. Assim, a análise da IAQ deve considerar muitos parâmetros para garantir uma estimativa completa. Taxa de renovação do ar, emissão de poluentes interiores (de produtos da construção, equipamentos, ocupantes), entrada de contaminantes externos, velocidade de deposição e reatividade química, fenómenos de adsorção e desadsorção associados à temperatura interna e humidade relativa do ar são apenas alguns dos fatores que influenciam esse parâmetro, juntamente com as práticas de uso e as atividades dos utilizadores. A taxa de renovação do ar não é avaliada neste artigo, enquanto a emissão de contaminantes no interior e a captação daqueles produzidos no interior ou provenientes do exterior, bem como o comportamento higroscópico dos materiais interiores, serão discutidos nos parágrafos seguintes.

4.1. O comportamento higroscópico

O comportamento higroscópico de um material é a capacidade de capturar e libertar vapor de água do ar (Tabela 2), modificando o ambiente em que o material é colocado. Essa capacidade de *buffer* de humidade influencia os valores de humidade relativa dos espaços interiores, induzindo um controle passivo do teor de humidade do ar e uma alteração da sensação de conforto térmico dos ocupantes.

4.1.1. Higroscopicidade de rebocos com base em terra, gesso e cal.

Na Tabela 2 é possível ver resultados de ensaios de adsorção às 24 horas para diferentes argamassas, entre as quais a terra emerge com valores realmente altos (80 g/m^2). Os rebocos com base em terra têm, geralmente, um comportamento higroscópico muito bom em comparação com os com base nos ligantes convencionais. Por exemplo, um painel de 1000 cm^2 de área e 1,5 cm de espessura de argamassa de terra pré-doseada comercial com adição de fibras vegetais, a 23 ^{0}C com a humidade relativa (HR) aumentando de 50% (equilíbrio) para 80%, adsorveu mais de 100 g/m^2 de vapor de água (Santos *et al.*, 2019). A mesma amostra ensaiada à desadsorção, às 24 horas libertou quase toda a quantidade adsorvida. Nos rebocos de terra a capacidade higroscópica, tal como a retração, dependem significativamente do tipo de argila (Lima *et al.*, 2019). Amostras cilíndricas de argamassas de gesso hemi-hidratado (P3) e de cal aérea calcítica com adição de gesso (L1) (Freire, 2016), com 15-18 mm de espessura e 50-60 mm de diâmetro, foram ensaiadas depois de 2 anos de cura, com temperatura fixa (23 ^{0}C) e valores de HR crescentes (30%, 50%, 70% e 90%), cada um mantido até massa constante do provete. A seguir, o procedimento de ensaio foi invertido, com valores de HR decrescentes. Conforme reportado por Freire (2016), os resultados dos ensaios são influenciados pela presença de cal que «*aumenta os valores de adsorção e induz histerese à desadsorsão*», fenómeno relacionado pela mesma investigadora com a quantidade de pequenos poros introduzidos na microestrutura da argamassa pela cal.

4.1.2. Moisture Buffer Value (MBV)

Uma vez analisado o comportamento higroscópico do material, é possível calcular o Moisture Buffer Value (MBV) como a «quantidade de água que é transportada para e do material por unidade de área superficial durante um certo período de tempo, quando sujeito a variações de humidade relativa do ar circundante» (Vares *et al.*, 2017) e classificar o reboco de acordo com uma escala de valores desse parametro, a partir de insignificante até excelente. As condições ambientais para ensaiar as propriedades de adsorção dos materiais referidas como mais realistas por Vares *et al.* (2017) correspondem, para uma temperatura de 23 ± 0,5 ^{0}C, a flutuações de HR de 0 a 30%, 30 a 50% e 50 a 80%. Estes valores simulam, respectivamente, uma situação muito pouco frequente, um ambiente interior ventilado e um interior com alta ocupação e insuficiente taxa de renovação do ar. Ibidem, o caso de HR aumentando ou diminuindo na faixa de 80 a 100% não é levado em consideração, porque considerado dificilmente possível de ser observado em espaços interiores aquecidos. No entanto, essas condições podem ocorrer em ambientes mediterrânicos interiores não aquecidos de forma contínua. Num cenário dinâmico, alterando a duração do ciclo de carga de humidade para um período mais longo, é induzida uma alteração na resposta dos materiais, que depende da permeabilidade ao vapor de água permitir envolver no mecanismo de buffer um volume menor ou maior de material (Ge *et al.* 2014). Assim, pode ser interessante analisar e comparar o MBV para rebocos com base em gesso, caracterizados por alta permeabilidade ao vapor e baixa capacidade higroscópica, e com base em terra, com propriedades inversas (permeabilidades ao vapor de água caracterizadas por 0,13 m *vs* 0,035 m de espessura da camada de ar de difusão equivalente, respetivamente para argamassas de terra e de gesso pré-doseadas, conforme relatado na Tabela 2).

4.2. Suscetibilidade ao desenvolvimento biológico

O teor de água, na fase líquida e de vapor, dentro da estrutura de poros dos materiais de construção, sob condições ambientais específicas, pode desencadear mecanismos de degradação e aumentar as condições prejudiciais da qualidade do ar interior. Alguns dos processos de degradação são congelamento-descongelamento, cristalização após dissolução de sais solúveis, dissolução de carbonato de cálcio, ataque ácido devido à dissolução de depósitos de poluição, ataque biológico com produção de ácidos e geração de tensões (Veiga, 2017). Além disso, o crescimento de microrganismos na superfície do reboco não danifica apenas o sistema mas também pode afetar a saúde dos ocupantes, aumentando o risco de síndromes respiratórias, como referido anteriormente. O desenvolvimento de bolor, fungos ou bactérias nos rebocos interiores está conectado às características intrínsecas do material, como o pH do ligante, a composição química e a porosidade das argamassas, bem como às condições termo-higrométricas do ambiente e até á rugosidade da superfície. No caso de argamassas à base de cal, também o processo de carbonatação é um fator realmente importante a ser levado em consideração na suscetibilidade biológica (Shirakawa *et al.*, 2003). Em condições alcalinas, o desenvolvimento de microrganismos não é facilitado, portanto esse aspecto pode ser considerado importante para a prevenção de ataques biológicos. Também foi investigada a relação entre colonização e porosidade do material para argamassas de terra (Santos *et al.*, 2018). Temperatura e HR são os parâmetros ambientais nos espaços interiores que afetam o desenvolvimento biológico. A alta HR do ar é uma condição favorável para o desenvolvimento de microrganismos (entre 80% e 95%) e a temperatura corrente das divisões internas (20 °C) ajuda à proliferação (Viitanen, 2011), embora também o tempo de exposição, a composição e as condições de preservação da superfície possam ativar o mecanismo de degradação. Para evitar o ataque biológico, é possível adicionar biocidas ou antifúngicos às argamassas, mesmo que essa solução não seja a mais favorável nos espaços interiores por poder ter uma vida útil breve e possíveis consequências para a saúde dos ocupantes. Entretanto está a ser investigado o uso de sistemas de acabamentos com recurso a nanometais (Huang *et al.*, 2015) e a outros nanomateriais (Borsoi *et al*., 2017) que possam controlar esta anomalia.

4.3. Emissões poluentes primárias e secundárias

Atualmente, a emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) é considerada um sério problema para a poluição ambiental e a saúde das pessoas, pois é responsável pela produção de ozono fotoquímico e aerossol orgânico secundário (SOA). As estratégias adotadas para solucionar esse problema podem seguir uma abordagem destrutiva (oxidação térmica ou catalítica) ou uma de armazenamento (adsorção, absorção ou condensação). A terra argilosa, enquanto matéria-prima abundante e eco-eficiente (economicamente e em termos de energia incorporada), tem sido investigada por muitos autores em termos de adsorção (Jarraya *et al.*, 2010), reações químicas com COVs (Soma & Soma, 1989) e também em termos de remoção de ozono (Hoang *et al*., 2009). Esta última análise investiga as emissões secundárias dos materiais e produtos de construção, indo além dos critérios de baixa emissão.

4.3.1. O comportamento da terra

Emissões secundárias são geradas a partir da reação do ozono com materiais de acabamento, levando em consideração, além da reatividade, também as velocidades de deposição e as probabilidades de reação. Como produtos ecológicos de construção, um reboco de terra e uma tinta à base de argila foram ensaiados, entre um total de 19 produtos (Lamble *et al.*, 2011), em termos de rácio médio de compostos carbonílicos em relação ao ozono medido as 2 horas e as 24 horas, velocidade de deposição e probabilidade de reação ao ozono. A tinta apresenta uma alta velocidade de deposição, assim como probabilidade de reação com o ozono, enquanto a taxa de emissão de compostos carbonílicos produzidos resulta inferior a 0,2 (Lamble *et al*., 2011). Ensaiando o reboco com base em terra verifica-se uma velocidade de deposição ainda alta, uma probabilidade de reação calculada um pouco inferior à da pintura de argila e uma produção média quase nula. Por esse motivo, o reboco à base de terra é considerado, pelos investigadores, o mais favorável entre os 19 produtos analisados, apresentando um grande potencial para reduzir a concentração de ozono nos espaços interiores, sem geração de emissões secundárias. No entanto, Lamble *et al.* (2011) refere a necessidade de mais campanhas experimentais para avaliar a reação desse reboco sob exposição a outros contaminantes. Outra campanha analisou o reboco de terra ao reagir com ozono: para um cenário fixo, ou seja, numa câmara de aço inoxidável de 30 m^3, as variáveis eram um painel com base em terra, o ozono e uma carpete (Darling *et al.*, 2012). Conforme relatado pelos investigadores, num ensaio com ozono, carpete e painel com base em terra, a concentração total de compostos orgânicos ficou 72% inferior que a registada no mesmo ensaio sem o painel. Mesmo que a capacidade de reduzir a concentração de ozono da carpete e da argila, ensaiadas individualmente, tenha o mesmo resultado, o reboco de terra parece produzir menos aldeídos, uma vez exposto à mesma concentração de ozono. Para sublinhar esse comportamento, no ensaio só com o painel de terra como acabamento a concentração média total de produtos de reação foi nove vezes inferior que no mesmo ensaio só com a carpete.

5. CONCLUSÕES

No presente estudo, diferentes rebocos interiores foram analisados de acordo com critérios e requisitos de conservação para utilização em espaços interiores saudáveis, salientando-se várias características para cada reboco. Analisando dados de vários estudos, verifica-se que as argamassas de terra (E), gesso pré-doseado (PG), cal hidráulica natural (NHL5) e cal aérea (AL) cumprem as faixas recomendadas de requisitos de compatibilidade para conservação, embora com alguns limites. Sendo essas as argamassas de reboco mais utilizadas em edifícios históricos, devem ser as utilizadas na conservação, reparação ou substituição dos rebocos existentes.

Além disso, o interesse em garantir uma boa qualidade do ar interior para os ocupantes levou à análise de algumas das propriedades relacionadas com esse aspecto, nomeadamente em termos de comportamento higroscópico, suscetibilidade ao desenvolvimento biológico e emissões poluentes primárias e secundárias.

O comportamento higroscópico do reboco à base de terra foi relevado em muitos estudos pela capacidade observada de atuar como *buffer* de humidade. Por outro lado, os ensaios de adsorção mostram valores baixos para argamassas à base de gesso e ainda mais baixos para argamassas à base de cal aérea. Além disso, o ensaio de desadsorção para reboco à base de gesso revela uma boa aptidão para libertar vapor de água, embora para o de cal aérea essa propriedade necessita de ser analisada mais detalhadamente. Os estudos apresentados também apontaram para o facto de uma sinergia entre higroscopicidade e permeabilidade ao vapor, ou secagem, dever ser considerada para a conceção de um sistema mais eficiente. Parece ser necessário realizar campanhas experimentais adicionais para verificar essa hipótese e caracterizar o sistema. No entanto, é importante ter em consideração que, em rebocos interiores, o acabamento do reboco pode modificar significativamente as suas características, nomeadamente o mecanismo de adsorção/desadsorção. Portanto, é importante estudar os sistemas de reboco interiores completos, incluindo possíveis acabamentos.

Para melhorar as condições interiores, deve-se garantir uma redução da susceptibilidade ao desenvolvimento biológico da argamassa, o que corresponde também a uma maior durabilidade da intervenção. Assim, na sequência de uma abordagem preventiva, sem recorrer a biocidas e antifúngicos, parece possível usar a cal aérea para desempenhar a função de proteção do sistema, graças aos seus valores de pH e à sua estrutura porosa.

Relativamente às emissões e captura de poluentes, as argamassas de terra argilosa e as de gesso já foram ensaiadas um pouco como material de remoção passiva (PRM), dando alguns resultados interessantes. Por esse motivo, é desejável realizar mais ensaios explorando as argamassas à base de terra e de gesso como PRM, bem como as com base em cal aérea.

Em suma, verifica-se que essas três matérias-primas – terra argilosa, gesso e cal aérea - parecem interessantes para a produção de argamassas de reboco para conservação e reabilitação, devido à sua compatibilidade com o património construído e ao grande potencial para melhorar a qualidade do ambiente interior. A concluir, o objetivo para estudos futuros é suprir as lacunas existentes na respetiva caracterização e otimizar sistemas baseados nas matérias-primas que respondem aos requisitos, sem esquecera sua eco-eficiência.

REFERÊNCIAS

BORSOI, G.; LUBELLI, B.; VAN HEES, R. *et al.*, 2017 – **Evaluation of the effectiveness and compatibility of nanolime consolidants with improved properties.** *Construction and Building Materials*. 142, 385-394.

CANDEIAS, A. E.; NOGUEIRA, P.; MIRÃO, J. *et al.*, 2006 – **Characterization of ancient mortars: present methodology and future perspectives**. Proc. Workshop on Chemistry in the Conservation of Cultural Heritage: Present and Future Perspectives.

BRAZÃO FARINHA, C.; DE BRITO, J.; VEIGA, R. *et al.*, 2016 – **Reduction of cement content in renderings with fine sanitary ware aggregates**. *Materials and Structures*. 49, 1605-1618.

DAMAS, A. L.; VEIGA, R.; FARIA, P., 2016 – **Caraterização de argamassas antigas de Portugal – Contributo para a sua correta conservação**. *Proc. Congresso Ibero-Americano "Património, Suas Matérias e Imatérias."* ISBN: 978-972-49-2288-1.

DARLING, E. K.; CROS, C. J.; WARGOCKI, P. *et al.*, 2012 – **Impacts of a clay plaster on indoor air quality assessed using chemical and sensory measurements**. *Building and Environment*. 57, 370-376.

FARIA, P.; SILVA, V.; GRILO, J. *et al.,* 2012 – **Argamassas compatíveis com alvenarias históricas com base em cal hidráulica natural**. Proc. CIRea2012 – Conferência Internacional sobre Reabilitação de Estruturas Antigas de Alvenaria.

FARIA, P.; LIMA, J., 2018. – **Rebocos de terra**. Cadernos de Construção com Terra. Lisboa: Argumentum.

FERNANDES, M., 2008 – **Earth mortars and earth-lime renders**. *Conservar Património*. 8, 21-27.

FREIRE, T., 2016 – **Restoration of ancient Portuguese interior plaster coatings: characterization and development of compatible gypsum-based products**. Unpublished doctoral dissertation. Lisbon: IST.

FREIRE, T.; VEIGA, R.; SANTOS SILVA, A. *et al.*, 2019 – **Studies in ancient gypsum based plasters towards their repair: Physical and mechanical properties.** *Construction and Building Materials*, 202, 319-331.

FRONTCZAK, M.; WARGOCKI, P., 2011 – **Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments.** *Building and Environmen*. 46, 922-937.

GE, H.; YANG, X.; FAZIO, P. *et al.*, 2014 – **Influence of moisture load profiles on moisture buffering potential and moisture residuals of three groups of hygroscopic materials**. *Building and Environment*. 81, 162-171.

GOMES, M. I.; FARIA, P., 2011 – **Repair mortars for rammed earth constructions**. Proc. XII DBMC – 12th International Conference on Durability of Building Materials and Components.

GOMES, M. I.; FARIA, P.; GONÇALVES, T. D., 2018 – **Earth-based mortars for repair and protection of rammed earth walls. Stabilization with mineral binders and fibers**. *Journal of Cleaner Production*. 172, 2401-2414.

HEINZERLING, D.; SCHIAVON, S.; WEBSTER, T. *et al.*, 2013 – **Indoor environmental quality assessment models: A literature review and a proposed weighting and classification scheme**. *Building and Environment*. 70, 210-222.

HOANG, C. P.; KINNEY, K. A.; CORSI, R. L., 2009 – **Ozone removal by green building materials**. *Building and Environment*. 44(8), 1627-1633.

HUANG, H. L.; LIN, C. C.; HSU, K., 2015 – **Comparison of resistance improvement to fungal growth on green and conventional building materials by nano-metal impregnation**. *Building and Environment*. 93, 119-127.

JARRAYA, I.; FOURMENTIN, S.; BENZINA, M. *et al.*, 2010 – **VOC adsorption on raw and modified clay materials**. *Chemical Geology*. 275(1-2), 1-8.

JONES, A. P., 1999 – **Indoor air quality and health**. *Atmospheric Environment*. 33(28), 4535-4564.

LAMBLE, S. P.; CORSI, R. L.; MORRISON, G. C., 2011 – **Ozone deposition velocities, reaction probabilities and product yields for green building materials**. *Atmospheric Environment*. 45(38), 6965-6972.

LIMA, J.; FARIA, P.; SANTOS SILVA, A., 2016 – **Earthen plasters based on illitic soils from Barrocal region of Algarve: contributions for building performance and sustainability**. *Key Engineering Materials*. 678, 64-77.

LIMA, J.; FARIA, P.; SANTOS SILVA, A., 2020 – **Earth plasters: the influence of clay mineralogy in the plasters' properties.** *International Journal of Architectural Heritage*. 948-963.

LIMA, J.; FARIA, P., 2017 – **Rebocos de terra: caraterização higroscópica e face à presença de água líquida.** *Proc. CREPAT 2017 – Congresso da Reabilitação do Património.* 21-29.

LIMA, J.; SILVA, S.; FARIA, P., 2016 – **Rebocos de terra: influência da adição de óleo de linhaça e comparação com rebocos convencionais.** *Proc. Teste – Congresso de Ensaios e Experimentação em Engenharia Civil*. 9.

MALTA DA SILVEIRA, P.; VEIGA, M. DO R.; DE BRITO, J., 2007 – **Gypsum coatings in ancient buildings**. Construction and Building Materials. 21(1), 126-131.

PARRACHA, J. L.; PEREIRA, A. S.; VELES DA SILVA, R. *et al.*, 2019 – **Efficacy of iron-based bioproducts as surface biotreatment for earth-based plastering mortars**. *Journal of Cleaner Production*. 237, 117803.

SANTOS, T.; GOMES, M.I.; FARIA, P., 2019 – **Earth-based and current plasters: assessment of efficiency and contribution to indoor air quality**. *Proc. HMC2019 – 5th Historic Mortars Conference, RILEM Pro130*. 5-20.

SANTOS, T.; NUNES, L.; FARIA, P., 2018 – **Production of eco-efficient earth-based plasters: Influence of composition on physical performance and bio-susceptibility**. *Journal of Cleaner Production*. 167, 55-67.

SANTOS, T.; SILVA, V.; FARIA, P., 2015 – **Argamassas de terra – Comportamento higrotérmico função da granulometria da areia**. *Construção Magazine*. 78, 28-30.

SHIRAKAWA, M. A.; BEECH, I. B.; TAPPER, R. *et al.*, 2003 – **The development of a method to evaluate bioreceptivity of indoor mortar plastering to fungal growth**. **International Biodeterioration & Biodegradation**. 51(2), 83-92.

SOMA, Y.; SOMA, M., 1989 – **Chemical reactions of organic compounds on clay surfaces**. *Environmental Health Perspectives*. 83, 205-214.

VARES, O.; RUUS, A.; RAAMETS, J. *et al.,* 2017 – **Determination of hygrothermal performance of clay-sand plaster: influence of covering on sorption and water vapour permeability**. *Energy Procedia*. 132, 267-272.

VEIGA, R. 2017 – **Air lime mortars: what else do we need to know to apply them in conservation and rehabilitation interventions? A review**. *Construction and Building Materials.* 157, 132–140.

VEIGA, R.; FARIA, P., 2018 – **O papel das argamassas na durabilidade das alvenarias antigas.** *Proc. CIREA2018 – Conferência Internacional sobre Reabilitação de Estruturas Antigas de Alvenaria.* 1-15.

VEIGA, R.; FRAGATA, A.; VELOSA, A. L. *et al.*, 2010 – **Lime-based mortars: viability for use as substitution renders in historical buildings**. *International Journal of Architectural Heritage*. 4(2), 177-195.

VIITANEN, H., 2011 – **Moisture and bio-deterioration risk of building materials and structures**. *Proc. 2nd International Symposium ILCDES 2003, Integrated Life-time Engineering of Buildings and Civil Infrastructures*. 151-156.

WEI, W.; RAMALHO, O.; DERBEZ, M. *et al.*, 2016 – **Applicability and relevance of six indoor air quality indexes**. *Building and Environment*. 109, 42-49.

A GARANTIA DA ESTANQUIDADE À ÁGUA DE COBERTURAS EM TERRAÇO POR VIA DA REABILITAÇÃO E CONSERVAÇÃO. SOLUÇÕES MAIS COMUNS

FLAT ROOF WATERTIGHT GUARANTIE THROUGH THE REHABILITATION AND CONSERVATION. MORE COMMONS SOLUTIONS



Jorge Grandão Lopes

LNEC, Portugal, glopes@lnec.pt

RESUMO

A reabilitação ou a conservação dos revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraço são vias possíveis para aumentar o tempo de vida útil desses revestimentos. No entanto, as intervenções que se fazem nestas coberturas geralmente ocorrem quando já se verifica a perda de estanquidade à água deste elemento construtivo; e essas intervenções consistem quase sempre na reparação localizada do respetivo revestimento de impermeabilização, com os riscos que daí podem advir, ou na sua substituição integral.

Esta comunicação pretende abordar os riscos referidos e dar a conhecer algumas das principais soluções construtivas para reabilitar ou conservar os revestimentos de impermeabilização, procurando manter as soluções existentes. Descrever-se-ão e analisar-se-ão soluções com base em produtos prefabricados e em produtos pastosos aplicados *in situ.*

Entre os produtos prefabricados serão consideradas as soluções mais utilizadas em Portugal, com base em membranas betuminosas em geral, com especial ênfase nas de betume-polímero SBS e APP, e em membranas de PVC. Entre os produtos pastosos serão referidos os de base cimentícia e os de ligantes sintéticos.

Palavras-chave: Coberturas / Impermeabilizações / Soluções Construtivas

1. INTRODUÇÃO

Decidir sobre a necessidade de reabilitar uma cobertura em terraço não costuma ser uma tarefa fácil, nomeadamente pelos custos geralmente envolvidos nos respetivos trabalhos. É assim mais vulgar intervir numa cobertura, e também nos restantes elementos construtivos de um edifício (como as paredes, as caixilharias ou as instalações), quando ela deixa de desempenhar uma das suas principais funções, a de estanquidade à água.[1] Tais intervenções são assim fundamentalmente reparações, intervindo-se também quase sempre apenas nos revestimentos que garantem essa estanquidade.

Um outro critério para intervir nas coberturas, nada corrente em Portugal, como de resto também em muitos outros países, consistiria na definição dos períodos de tempo ao fim dos quais seria integralmente substituído o revestimento de impermeabilização, sem que necessariamente estivesse ainda em causa a perda da principal função por ele desempenhado.

Com esta abordagem deveriam ser avaliados, ainda na fase de projeto, os custos globais da obra, tendo em conta não só os custos iniciais, mas também os resultantes dos vários trabalhos de reabilitação ao longo do tempo de vida útil definido para o edificado (numa abordagem ainda mais global, outros custos deveriam também ser contabilizados, como sendo os da desconstrução ou demolição).

Foquemo-nos então nos trabalhos de reabilitação que possam ser efetuados num determinado momento numa cobertura em terraço, independentemente do critério que tenha sido usado para os levar a cabo. Note-se que se pode aproveitar o facto de haver necessidade de se reparar alguma ou algumas das camadas da cobertura por apresentarem anomalias que põem em risco a sua funcionalidade, para intervir no sistema de impermeabilização. E o inverso também é verdadeiro. Tais trabalhos devem procurar repor pelo menos as condições de desempenho das soluções construtivas originais, superando-as se tal for economicamente aceitável e tecnicamente possível.

2. CARACTERÍSTICAS DAS CAMADAS A CONSIDERAR NA REABILITAÇÃO

2.1. Considerações iniciais

Antes de se decidir sobre que camada ou camadas de uma cobertura em terraço se vai intervir, com o objetivo de reabilitar essa cobertura, convém recordar, muito sinteticamente, quais são as principais camadas que compõem uma cobertura em terraço e a influência que alguma delas pode ter sobre as outras, principalmente sobre as adjacentes. Assim, as coberturas em terraço sobre espaços de habitação ou de serviços dispõem em geral das seguintes camadas (entre outras possíveis): estrutura resistente, isolante térmico, revestimento de impermeabilização e proteção. A designação destas camadas por si só identifica as funções que cada uma delas desempenha na cobertura.

Entre outras características, interessa referir algumas cuja importância pode ser relevante para os trabalhos de reabilitação (e também para a realização de obra nova).

Sobre a estrutura resistente convém ter em conta se ela é flexível (como as chapas metálicas nervuradas ou as pranchas de madeira) ou rígida (como as lajes maciças ou aligeiradas de betão armado) e, naturalmente, qual a

[1] Embora o objetivo fundamental da comunicação se oriente para a garantia da estanquidade à água da cobertura (ou seja, para evitar infiltrações de água por deficiências no revestimento de impermeabilização), a abordagem será alargada a um outro tipo de anomalia que ocorre com frequência nos tetos sob as coberturas, que são as condensações. Isto porque uma das medidas para evitar ou reduzir a possibilidade de condensações nessas superfícies consiste na utilização de materiais de isolamento térmico (uma das camadas fundamentais das coberturas em terraço).

reserva de capacidade resistente para suportar camadas adicionais que sobre ela possam vir a ser aplicadas.

Sobre a camada de forma, constituída geralmente por betões celulares ou de agregados leves (betões leves em geral), pode interessar conhecer a sua resistência mecânica a forças de arrancamento introduzidas por peças de sistemas de impermeabilização fixados mecanicamente, especialmente se não se dispuser sobre a mesma de uma camada de regularização. Note-se que em geral é indispensável aplicar essa camada de regularização constituída por uma betonilha com pelo menos 30 mm de espessura, sobre os correntes materiais que formam a camada de forma, para regularizar adequadamente a sua superfície, de modo a garantir condições adequadas de aplicação da camada sobrejacente (em geral o sistema de impermeabilização ou a camada de isolamento térmico em painéis prefabricados).

Relativamente à camada de isolamento térmico, interessa conhecer fundamentalmente a sua compressibilidade, estabilidade dimensional, suscetibilidade à ação da água e, naturalmente, a resistência térmica (embora para a generalidade dos materiais leves utilizados nesta camada os valores da condutibilidade térmica não conduzam a espessuras muito diferentes para os diversos materiais).

Relativamente aos revestimentos de impermeabilização, convém conhecer a compatibilidade química com os materiais de contacto, quando nenhuma camada de separação seja interposta entre eles, as suas resistências mecânicas a esforços de tração, rasgamento e punçoamento e algumas características físicas como a estabilidade dimensional ao calor e o comportamento a altas e baixas temperaturas.

Como é corrente classificarem-se, as proteções podem ser leves ou pesadas; estas últimas podem ser soltas ou rígidas, podendo ainda nas proteções rígidas distinguir-se as contínuas e as descontínuas. Naturalmente que as cargas transmitidas pela proteção pesada e a área da sua atuação (originando cargas mais concentradas ou mais distribuídas) são dois aspetos a considerar em relação a esta camada.

2.2. Em que camadas intervir?

Conforme atrás se referiu, a intervenção numa cobertura em terraço geralmente só ocorre quando o revestimento de impermeabilização deixou de desempenhar as suas funções, dando assim origem a infiltrações de água para os espaços subjacentes ou a manchas de humidade pelo menos nos tetos desses espaços; ou ainda a manchas de bolores e fungos resultantes da ocorrência de condensações superficiais por deficiente isolamento térmico da cobertura (e, em geral também, por deficientes condições de ventilação). Mas, admitindo que tais manifestações de humidade ainda não tenham acontecido, a intervenção na cobertura, no âmbito dos trabalhos de reabilitação do edifício, deve pelo menos consistir no reforço do seu isolamento térmico, caso ele seja insuficiente.

A outra hipótese de intervenção consistirá então na aplicação de um novo revestimento de impermeabilização, reforçando o existente, e reforçando ainda, se necessário, o isolamento térmico da cobertura (caso ele exista). São assim geralmente sobre estas duas camadas que as intervenções principais numa cobertura em terraço têm lugar; intervenções de reabilitação noutras camadas (como as de forma ou de proteção ou as barreiras ao vapor) geralmente ocorrem em consequência ou em resultado das intervenções nas duas referidas, a da impermeabilização e a de isolamento térmico.

Descrevem-se seguidamente várias alternativas de soluções possíveis de reabilitação, com alguns comentários pertinentes para cada um desses casos.

3. INTERVENÇÃO AO NÍVEL DO ISOLAMENTO TÉRMICO

Este caso corresponde em geral à intervenção mais simples e económica. Esta intervenção não tem naturalmente a ver com a garantia da estanquidade à água da cobertura, mas reduz ou elimina a possibilidade de ocorrência

do outro tipo de humidade já mencionado na nota do capítulo 1, a humidade de condensação (ainda muito corrente em edifícios antigos, especialmente naqueles licenciados em data anterior à entrada em vigor do primeiro regulamento sobre térmica em edifícios, em 1990).

Assim, mantendo as camadas existentes, a colocação de uma camada de isolamento térmico obrigará também à colocação de uma proteção pesada, cujo tipo depende da acessibilidade da cobertura.

São as seguintes as soluções alternativas mais correntes que podem ser adotadas, todas elas com base em painéis de poliestireno expandido extrudido (XPS):

- Painéis de XPS sob calhau, preferivelmente rolado, ou brita;
- Painéis compósitos de XPS e betão;
- Painéis de XPS sob lajetas de sombreamento (de betão, de madeira ou de material cerâmico;
- Painéis de XPS sob lajetas de betão.

Naturalmente que a primeira solução não é vocacionada para coberturas acessíveis à circulação de pessoas, sendo-o todas as restantes; deverá no entanto ser acessível para a realização de trabalhos de reparação e conservação (vd. 5).

Dado que não está naturalmente prevista a aplicação de nenhum revestimento de impermeabilização sobre os painéis, esses painéis de isolamento térmico terão de ser evidentemente pouco sensíveis à ação da água, para garantirem, praticamente sem alteração das suas características, especialmente as de isolamento térmico, o desempenho esperado sob este ponto de vista. O poliestireno expandido extrudido é um desses materiais, embora existam experiências satisfatórias com outros há longas décadas, como é o caso dos painéis de lã de rocha de elevada massa volúmica, e, mais recentemente, com painéis de aglomerado de cortiça expandida convenientemente tratada.

Será apenas no caso da camada existente aparente ser constituída por uma proteção pesada formada por ladrilhos (cerâmicos ou hidráulicos) ou por betonilhas que os painéis isolantes poderão ser diretamente aplicados sobre essa camada; caso a proteção pesada existente seja formada por calhau ou brita, torna-se necessário removê-la para colocação dos painéis isolantes, podendo posteriormente ser aproveitada para constituir a necessária proteção pesada.

Se a camada aparente existente na cobertura for constituída por um revestimento de impermeabilização, pode ser conveniente ou necessário interpor entre a impermeabilização e o isolante térmico uma camada separadora ou de dessolidarização, formada, por exemplo, por um geotêxtil de gramagem adequada (preferivelmente não inferior a 200 g/m^2). Em Portugal os revestimentos de impermeabilização aparentes mais correntes são formados por membranas betuminosas autoprotegidas com granulado mineral, sendo neste caso preferível colocar a referida camada separadora, não só para evitar o contacto direto do material betuminoso com o XPS, como também para compensar as irregularidades resultantes da presença do granulado mineral da membrana betuminosa e as ligeiras sobreelevações nas juntas de sobreposição das membranas. A garantia do assentamento dos painéis isolantes sem grandes oscilações é naturalmente mais importante quando a cobertura for acessível à circulação de pessoas. É claro que o revestimento de impermeabilização aparente pode também ser formado por membranas sintéticas, como as de PVC, EPDM ou PIB, ou de produtos pastosos ou líquidos de variadas naturezas químicas[2] nestes casos o efeito das irregularidades referidas é menos marcante, devendo no entanto

[2] As soluções mais correntes podem integrar-se nas seguintes famílias com os seguintes produtos ou kits (EOTA, 2004): produtos betuminosos (emulsões ou soluções de betumes modificados com polímeros, betumes modificados com polímeros aplicados a quente, emulsões ou soluções betuminosas), produtos sintéticos (resinas de poliéster não saturadas flexíveis ou armadas com fibra de vidro, resinas de poliuretano ou de polímeros em dispersões aquosas) e produtos de base cimentícia incorporando resinas (produtos de ligantes mistos).

verificar-se sempre a compatibilidade química entre os materiais em contacto. Na falta desta informação é recomendável utilizar então essa camada separadora.

Repare-se que, das quatro soluções alternativas de reabilitação térmica acima referidas, nenhuma delas inclui a aplicação de uma proteção pesada rígida e contínua sobre os painéis de XPS, como é o caso das betonilhas armadas ou não e dos ladrilhos cerâmicos e hidráulicos sobre betonilha. Todas as alternativas indicadas são proteções soltas ou amovíveis, facilitando assim o acesso às camadas subjacentes, nomeadamente ao sistema de impermeabilização, quando sobre essas camadas houver necessidade de intervenção (reparação ou substituição integral). A opção por um tipo de proteção pesada solta ou amovível sobre os painéis de XPS é também devida ao facto de a evaporação da água sob esses painéis ser bastante mais facilitada relativamente aos casos de utilização de proteções pesadas rígidas e contínuas, aumentando assim o desempenho térmico da cobertura. Outra razão técnica importante tem a ver com a maior probabilidade de rotura ou fissuração da betonilha (e dos respetivos ladrilhos, se os houver), especialmente se não for armada, devida não só às já mencionadas pequenas oscilações que os painéis podem ficar sujeitos pela circulação de pessoas sobre a cobertura, mas também às variações térmicas a que está sujeita; note-se que os choques térmicos sobre essa proteção pesada rígida e contínua são mais significativos quando essa camada é aplicada sobre um isolante térmico.

Convém referir que a solução de painéis de XPS sob lajetas de sombreamento, qualquer que seja o seu material, é progressivamente mais eficiente do ponto de vista térmico quanto maior for a espessura do espaço de ar entre essas lajetas e os painéis isolantes; valores abaixo dos 50 mm não são recomendáveis (AFNOR, 1994). Para a criação desta caixa-de-ar são utilizados os conhecidos apoios de plástico de altura regulável (Figura 1), com alturas máximas que podem atingir 20 cm (CSTB, 2004; CSTB, 2019), ou mesmo mais (AXTER, 2018; SOPREMA, s/d). É claro que se podem adotar soluções menos correntes para a criação dessas caixas-de-ar, como a indicada na Figura 2, recorrendo ao aproveitamento de peças e lajetas ou placas de sombreamento existentes (peças metálicas horizontais e verticais de suporte das placas de betão) e a novos apoios formados por troços cilíndricos de tubagem de PVC preenchidos com betão.



Figura 1 – Apoios de plástico: de altura significativa (os 3 da esq.) e de pequena altura (os dois da dir.)

Transmitindo os apoios das lajetas de sombreamento em betão à camada de isolamento térmico cargas relativamente localizadas (comparativamente com as que são transmitidas com os outros tipos de proteção pesada), a já referida deformabilidade do material dessa camada isolante é um parâmetro importante a ter em conta; os painéis correntes de XPS (com massas volúmicas relativamente elevadas) são satisfatórios sob esse ponto de vista. Já com outro tipo de painéis, nomeadamente os de lã de rocha atrás mencionados, deve-se avaliar adequadamente a deformação por fluência da respetiva camada, para as cargas transmitidas pelos apoios suporte das lajetas de sombreamento.



a) b) c)

Figura 2 – Reabilitação de uma cobertura em terraço com reutilização de alguns materiais existentes: a) vista dos apoios cilíndricos das lajetas; b) vista dos apoios metálicos; c) pormenor dos apoios das lajetas

4. INTERVENÇÃO AO NÍVEL DA IMPERMEABILIZAÇÃO

4.1. Generalidades

A intervenção apenas ao nível do revestimento de impermeabilização, sem melhorar o isolamento térmico da cobertura, apenas se justifica se for já suficiente a camada isolante existente ou então por razões económicas. No entanto, face às maiores exigências colocadas pela mais recente regulamentação sobre térmica em edifícios (DR, 2013), mesmo que alguma camada de isolamento térmico já exista, considera-se de ponderar o seu reforço, aproveitando os trabalhos a realizar sobre a impermeabilização.

Ora, o sistema de impermeabilização ou está aparente, em geral incorporando a tal proteção leve de granulado mineral das membranas betuminosas ou emulsões betuminosas tradicionais[3], ou está protegido com uma ou mais camadas (apenas com a proteção pesada, ou com essa proteção sobre painéis isolantes, designando-se a cobertura neste caso de cobertura "invertida").

4.2. O caso da impermeabilização existente estar aparente

4.2.1. Soluções sem remoção da impermeabilização existente

Se a impermeabilização existente está aparente, o respetivo sistema será certamente aderente ao suporte, ou então é fixado mecanicamente. No primeiro caso as soluções mais correntes são as membranas betuminosas autoprotegidas com granulado mineral e no segundo caso são estas ou as membranas sintéticas (PVC, EPDM, PIB, etc.).

Esta é a situação de mais fácil intervenção e também a mais económica nos trabalhos de reabilitação ou conservação a efetuar nos revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraço.

Mais económica ainda ficará a intervenção se se mantiver a impermeabilização existente, hipótese que deve ser sempre considerada como primordial. Neste caso os trabalhos consistem apenas no reforço da impermeabilização atual através da aplicação de uma nova impermeabilização, interpondo, preferível ou necessariamente, uma camada separadora entre ambas. Será sempre recomendável colocar essa camada, sendo no entanto indispensável se o material da nova impermeabilização não for quimicamente compatível com o da existente; é exemplo deste caso a colocação, sobre membranas betuminosas, de uma membrana de PVC

[3] Embora os sistemas de impermeabilização com base em camadas múltiplas de emulsões betuminosas façam já parte de um passado longínquo, admite-se que ainda se possam encontrar obras com este tipo de revestimento de impermeabilização.

incompatível com o betume.

É claro que se uma camada separadora for aplicada, dessolidarizando a nova impermeabilização de reforço[4] da existente, torna-se necessário prever a colocação de uma proteção pesada sobre a nova impermeabilização, com as consequências que daí podem advir. Uma delas é apenas de natureza geométrica, pois pode ser difícil ajustar a nova cota da superfície da cobertura com a cota das soleiras das portas que lhe dão acesso. A outra tem a ver com a reserva de capacidade resistente que a respetiva estrutura da cobertura terá de ter; torna-se por isso necessário verificar a segurança da estrutura resistente aos estados limites último e de utilização. Ora, se essa estrutura resistente for do tipo flexível, em chapa metálica ou em pranchas de madeira, não será em geral economicamente viável aplicar essa proteção pesada. Ou seja, o novo revestimento de impermeabilização não poderá ser aplicado em sistema independente (ou solto) do suporte. Para esta situação, a alternativa possível consiste em utilizar um revestimento fixado mecanicamente com base em membranas prefabricadas.

Se esse revestimento fixado mecanicamente for formado por membranas betuminosas, a última, ou a única, membrana do sistema deve então dispor de uma proteção leve formada por granulado mineral. E se o revestimento for constituído por uma membrana de PVC (uma das membranas sintéticas mais usuais em Portugal), essa membrana deve ser resistente à ação da radiação solar (onde a radiação UV tem o principal efeito); porque se não for, deveria ser colocada uma proteção pesada (já que as membranas sintéticas não dispõem de proteção leve), sendo então dispensável fixar mecanicamente o revestimento, já que essa proteção seria suficiente para contrariar o efeito da sucção do vento sobre a impermeabilização. Note-se que a estabilidade dimensional destas membranas é muito condicionada pela resistência à radiação UV (e também pelo tipo de armadura da membrana, quando armada).

Um novo revestimento de impermeabilização fixado mecanicamente é de resto uma boa alternativa para a reabilitação de coberturas em praticamente todas as situações de suportes, desde que a cobertura não seja acessível à circulação de pessoas ou veículos (como é o caso do sistema de impermeabilização existente estar aparente) ou não se pretenda que venha a ser. A principal condicionante desta solução poderá ter a ver com a capacidade resistente a forças de arrancamento da camada onde venham a ser fixadas a peças de fixação do revestimento de impermeabilização. Recorde- se a fraca resistência a este tipo de ação das camadas de forma constituídas apenas por betões leves (sem betonilhas de regularização).[5]

Embora seja também possível utilizar sistemas de impermeabilização aderentes ao revestimento de impermeabilização existente, recomenda-se que previamente se faça um estudo que viabilize a solução em causa. Se a impermeabilização existente é betuminosa, com a referida autoproteção mineral, convém que a idade da mesma não seja muito elevada, podendo assim encarar-se a hipótese de reforçar o revestimento existente através da aplicação de um revestimento do mesmo tipo, aderente à membrana existente, após ser removido o melhor possível, com uma colher de pedreiro aquecida, o granulado mineral dessa membrana. Em vez da remoção, pode também incorporar-se esse granulado na mistura betuminosa, pressionando-o com a colher de pedreiro aquecida. Igualmente se prevê que se possa aderir à membrana betuminosa existente um produto pastoso ou líquido compatível com o betume após a realização das operações referidas.

Quando a impermeabilização existente é formada por uma membrana de PVC (ou outra membrana sintética), geralmente o respetivo sistema é fixado mecanicamente. Neste caso julga-se que a melhor solução de reforço da impermeabilização (continuando a não retirar a solução existente) consista na aplicação de uma nova

[4] Esta nova impermeabilização ficará assim aplicada em sistema independente ou solto do suporte, a menos que seja fixada mecanicamente, conforme se verá a seguir.

[5] Mais adiante voltaremos a esta solução, no caso dos sistemas de impermeabilização não estarem aparentes (vd. 4.3.3).

membrana sintética igualmente fixada mecanicamente sobre a existente.

4.2.2. Soluções com remoção da impermeabilização existente

Neste caso as soluções de reabilitação correspondem também às soluções correntes de impermeabilização de coberturas em terraço de obra nova. Caso não exista, ou seja insuficiente, a camada de isolamento térmico, ela deve ser colocada sob ou sobre a impermeabilização, devendo ter-se em conta as condicionantes que num caso ou noutro isso terá; os condicionalismos de natureza geométrica já mencionados (qualquer que seja a posição da camada de isolamento térmico) e a necessidade de proteção pesada no caso das coberturas "invertidas" serão certamente as principais condicionantes técnicas.

Ainda não se referiu a intervenção nas outras camadas da cobertura, nomeadamente na camada de forma, mas, sempre que possível, deve ser verificada a necessidade de conformar melhor essa camada, nomeadamente junto às embocaduras dos tubos de queda ou de gárgulas, de modo a reduzir ou eliminar a acumulação de água da chuva por deficiente pendente e conformação dessa camada de forma nessas zonas.

Se se adotar a solução de cobertura tradicional (isolante sob a impermeabilização) deve ainda verificar- se a necessidade de aplicar uma barreira ao vapor, tendo em conta as condições termo-higrométricas do ar exterior e interior dos espaços sob a cobertura. Como é sabido, essa barreira deve ser sempre colocada sob o isolante térmico.

4.3. O caso da impermeabilização existente não estar aparente

4.3.1. Generalidades

Nesta situação várias hipóteses se podem considerar relativamente às camadas que existam sobre a impermeabilização. Essas camadas poderão ser as seguintes[6]:

- Lajetas de sombreamento, com ou sem isolamento térmico na caixa-de-ar;
- Betonilha armada ou não;
- Ladrilhos cerâmicos ou hidráulicos assentes sobre betonilha;
- Lajetas de betão;
- Calhau rolado ou britado (proteção pesada solta);
- Lajetas de betão ou proteção solta (calhau ou brita) sobre painel de isolamento térmico.

Embora não seja a solução mais apropriada, conforme se referiu em 3, é corrente existirem coberturas "invertidas" com proteções pesadas rígidas contínuas, como é o caso das segunda e terceira soluções acima referidas.

A intervenção ao nível da impermeabilização obriga naturalmente a remover a camada de proteção pesada existente sobre ela, voltando a colocá-la (aproveitando a existente, se for viável) caso o novo revestimento de impermeabilização seja aplicado em sistema independente ou a cobertura continue ou passe a ser uma cobertura acessível à circulação de pessoas ou veículos. A intervenção direta sobre a camada de proteção pesada (sem a sua remoção), com a aplicação de um novo revestimento de impermeabilização, de reforço do existente, sobre a superfície dessa camada, apenas é aceitável realizar quando a proteção é formada por betonilha ou ladrilhos assentes sobre betonilha (vd. 4.3.3).

Com exceção dessas camadas de betonilha e ladrilhos sobre betonilha, todas as outras camadas são

[6] Não se irá tratar do caso particular dos terraços-jardins, embora as notas que se fazem sobre os outros tipos de coberturas possam também ser em geral aplicadas aos terraços-jardins.

relativamente fáceis de remover, já que estão totalmente desligadas da camada subjacente.

A opção a tomar para os trabalhos de reabilitação quando a impermeabilização não está aparente pode então consistir na remoção integral do revestimento de impermeabilização existente, substituindo-o por um outro, na colocação de um novo revestimento sobre o existente ou, ainda, na simples conservação ou reparação da zona afetada (vd. 5). A alternativa a considerar não é em geral evidente, pois os fatores a ter em conta são variados, como o tempo de utilização ou de uso do revestimento de impermeabilização existente, o tipo de material desse revestimento, ou o tipo de proteção mecânica e térmica conferida pelas camadas superiores existentes.

4.3.2. Hipótese de remoção da impermeabilização existente

É claro que a hipótese de substituição integral do revestimento de impermeabilização existente por um outro (do mesmo tipo ou não) deve ser bem encarada quando a idade desse revestimento seja já significativa; poder-se-á apontar como valor médio limite a idade dos 30 anos, desde que durante este período tenham sido levado a cabo trabalhos de manutenção e conservação adequados.

Relativamente ao tipo de material do revestimento de impermeabilização e à constituição do respectivo sistema, as diferenças podem ser significativas. A título de exemplo, pegando nas membranas betuminosas (as mais correntes em Portugal), são conhecidas as diferenças entre as telas e os feltros betuminosos tradicionais (apenas com base em betumes oxidados) e as membranas de betume- polímero APP ou SBS, estas últimas com melhores desempenhos a altas e baixas temperaturas e, daí, poderem ter uma durabilidade superior àqueles, sendo as outras características semelhantes. É claro que poderão existir sistemas com base em telas e feltros betuminosos com características de durabilidade semelhantes aos formados por membranas de betume-polímero; é por isso importante procurar perceber qual o tipo de material em causa, e a constituição do respetivo sistema, sendo a data da sua aplicação uma primeira via para essa identificação.

Ainda sobre o tipo de material, se o revestimento for formado por produtos líquidos ou pastosos (de base cimentícia ou de resinas sintéticas), o consumo húmido desses produtos é evidentemente um parâmetro diferenciador do desempenho do sistema. Em geral 3 kg/m^2 é um valor aceitável para esse consumo. Note-se que um revestimento de reforço da impermeabilização existente com as tais membranas de betume-polímero não deve também ter massa inferior àquela.

Relativamente ao efeito que têm as camadas existentes colocadas sobre a impermeabilização, são também conhecidas as vantagens de utilização de coberturas "invertidas" relativamente às tradicionais, designadamente pela redução dos choques térmicos sobre a impermeabilização. Este será assim um fator de aumento da durabilidade dos revestimentos de impermeabilização.

Caso todos os fatores referidos sejam desfavoráveis para a impermeabilização existente, é claro que a hipótese menos arriscada de num futuro próximo ocorrerem anomalias que coloquem em risco a estanquidade à água da cobertura consiste em substituir integralmente o revestimento de impermeabilização existente. As soluções possíveis são todas as que também são utilizadas em obra nova, quer utilizando membranas prefabricadas, betuminosas ou sintéticas, quer recorrendo a produtos pastosos aplicados *in situ.*

4.3.3. Hipótese de manutenção da impermeabilização existente

Continuando a considerar desfavoráveis todos os fatores anteriormente referidos, é claro que se pode manter o sistema de impermeabilização existente, aplicando sobre ele um novo (depois de evidentemente ser removida a camada de proteção pesada existente). Esta solução é especialmente usada quando o revestimento de impermeabilização existente está aplicado em sistema aderente ao suporte, por ser mais difícil a sua remoção. Este tipo de ligação ao suporte é também o geralmente utilizado quando a impermeabilização existente é formada por produtos líquidos ou pastosos, mesmo que sobre ela esteja aplicada uma das proteções pesadas

mencionadas em 4.3.1.

As novas soluções de impermeabilização possíveis são também todas as que possam ser usadas em obra nova; ou seja, recorrendo a membranas prefabricadas betuminosas ou sintéticas ou a produtos líquidos ou pastosos. Qualquer que seja o material do revestimento de impermeabilização existente, é recomendado que o novo revestimento seja também dele dessolidarizado, formando assim um sistema independente do suporte. Note-se que a proteção pesada existente que havia sido removida (as proteções indicadas em 4.3.1), será necessária vir a ser aplicada por ser independente o novo sistema de impermeabilização criado; assim, não será por *deficit* de capacidade resistente da estrutura da cobertura que este novo sistema não possa ser usado nas condições apresentadas, pois essa proteção pesada já existia.

Tendo sido aplicada a camada de dessolidarização sobre a impermeabilização existente, que funcionará também como barreira química, não se colocam em princípio restrições quanto ao tipo de material a usar na nova impermeabilização face ao tipo de material da impermeabilização existente.

No caso da proteção pesada ser formada por betonilha, armada ou não, ou por ladrilhos sobre betonilha (proteções pesadas rígidas contínuas), o novo revestimento de impermeabilização pode ser aplicado sobre essas camadas (sem as remover, portanto), preferivelmente dessolidarizando o revestimento através da aplicação de um feltro de fibra de vidro ou de poliéster. Novamente deve-se ter em conta as consequências do sistema assim formado ser independente do suporte, obrigando à colocação de uma nova proteção pesada, que pode ser do mesmo tipo da existente, caso a cobertura seja ou passe a ser acessível à circulação de pessoas ou veículos. A proteção pode ser solta (calhau ou brita) se o tipo de acessibilidade for apenas para realizar os trabalhos de manutenção da cobertura.

Se for este último o tipo de acessibilidade da cobertura, o sistema de impermeabilização mais vocacionado para reabilitação da cobertura com aqueles dois tipos de proteção pesada rígida contínua é o sistema fixado mecanicamente. Em geral, embora tal deve ser sempre confirmado através de ensaios simples de arrancamento no local, a resistência da betonilha ou dos ladrilhos com betonilha ao arrancamento das peças de fixação costuma ser suficiente para garantir a segurança à ação da sucção do vento. Tal como já foi referido, quando com esta solução de sistema fixado mecanicamente se utilizem membranas betuminosas, a camada superior deve ser acabada com granulado mineral de proteção contra a radiação solar, e, quando se utilizem membranas de PVC, as próprias devem ter essa característica reforçada.

Sobre os mesmos dois tipos de proteção pesada rígida contínua poderão ainda aplicar-se revestimentos de impermeabilização em sistema aderente, geralmente com base em membranas betuminosas ou também utilizando produtos líquidos ou pastosos. Com esta solução pode ser dispensada a aplicação de uma nova proteção pesada, desde que da mesma forma os revestimentos disponham de uma proteção leve contra a radiação solar (é o caso do granulado mineral das membranas betuminosas) ou que eles próprios tenham essa propriedade; e desde que a cobertura tenha, ou passe a ter, acessibilidade limitada a trabalhos de manutenção, claro.

4.3.4. Hipótese de reparação da zona da impermeabilização afetada

As soluções a adotar nestes casos não devem ser propriamente consideradas como soluções de reabilitação, pois o que com elas se pretende é tratar a anomalia, geralmente de natureza localizada no revestimento de impermeabilização. As soluções a adotar nestes casos estão apresentadas no capítulo seguinte.

5. TRABALHOS DE REPARAÇÃO E CONSERVAÇÃO

Algumas vezes a reposição da garantia da estanquidade à água de uma cobertura em terraço passa apenas pela

realização de trabalhos de reparação localizados nas zonas afetadas. As anomalias nessas zonas poderão ser perfurações, fissurações ou rasgamentos do revestimento de impermeabilização, descolamento das juntas de sobreposição de membranas prefabricadas ou anomalias em remates com elementos emergentes ou imergentes da cobertura (platibandas, embocaduras de tubos de queda, etc.).

Quando o revestimento de impermeabilização existente formado por membranas prefabricadas tenha sido aplicado em sistema independente, é conveniente remover a zona afetada e colocar bandas novas de revestimento, com material do mesmo tipo do existente, ligadas ao revestimento existente pelo lado inferior do mesmo. Torna-se desta forma mais eficiente a ligação dos dois materiais, pois essa ligação faz-se numa superfície não sujeita à ação da água. Quando o revestimento existente formado pelas mesmas membranas prefabricadas é aderente, é sempre possível remover com cuidado uma faixa com cerca de 10 cm ao longo do bordo do revestimento resultante da remoção do material afetado, para que possa sob ele ser aplicada a banda do novo revestimento. Quando o revestimento existente é formado por produtos pastosos, o novo produto a aplicar deve sê-lo diretamente sobre o existente. Em qualquer caso deve entretanto evitar-se a realização deste processo quando o revestimento de impermeabilização existente tenha um tempo de uso tal que comprometa a eficiência da aderência entre ele e os novos materiais.

Os trabalhos de conservação são também essenciais para garantir uma durabilidade mais prolongada dos revestimentos de impermeabilização, como acontece de resto com todas as soluções construtivas utilizadas nas obras. Os trabalhos de conservação podem servir também para monitorizar o estado de degradação que a cobertura vá apresentando ao longo do tempo. Tais trabalhos de conservação consistem em geral na limpeza periódica de zonas singulares da cobertura, como é o caso das caleiras, embocaduras de tubos de queda ou de zonas adjacentes a remates diversos da impermeabilização da zona corrente com elementos emergentes ou imergentes da cobertura. Geralmente a limpeza consiste na remoção de folhagem ou vegetação que se desenvolve nas zonas onde a acumulação de água é mais prolongada (devido à já referida deficiente conformação da camada de forma) e a velocidade do vento é menor. É recomendado realizar estas tarefas de conservação pelo menos duas vezes por ano, uma antes do inverno e outra no início da primavera.

6. CONCLUSÕES

Quando se reabilita o revestimento de impermeabilização de uma cobertura em terraço deve também verificar-se a necessidade de reforçar o seu isolamento térmico. Muitas vezes, por ser a solução mais económica e por estar ainda garantida a estanquidade à água na data da realização das respetivas obras, a intervenção na cobertura poderia passar apenas por esse reforço do isolamento térmico. A solução mais económica, formada por painéis compósitos de betão+XPS ou apenas por painéis de XPS sob proteção pesada, é possível aplicar-se quando a camada aparente da cobertura é constituída por ladrilhos (cerâmicos ou hidráulicos) sobre betonilha ou apenas por betonilha.

Na reabilitação do revestimento de impermeabilização deve procurar manter-se todas as camadas existentes da cobertura, por razões fundamentalmente económicas e também ambientais. Os casos em que tal não é possível são aqueles em que sobre o revestimento de impermeabilização existe uma proteção pesada solta (calhau ou brita), lajetas de sombreamento (com ou sem isolante térmico na caixa de ar) e lajetas de betão simples ou compósitas (com isolante XPS incorporado).

Os materiais de impermeabilização a utilizar são os correntemente usados em obra nova: membranas prefabricadas de betume-polímero SBS ou APP ou membranas sintéticas (de PVC, de EPDM, de PIB, etc.) ou produtos pastosos ou líquidos aplicados *in situ* (de base betuminosa, sintética ou cimentícia).

REFERÊNCIAS

AFNOR, 1994 – **Travaux d'étanchéité des toitures terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie. Partie 1: Cahier des clauses techniques**. Paris: AFNOR. NF P 84-204-1:1994. DTU 43.1.

AXTER, 2018 – **HYPERFLEX. Revêtement synthetique monocouche**. Cahier des charges. Paris: Société AXTER SAS.

CSTB, 2004 – **Étanchéités de toitures par membranes monocouches synthétiques en PVC-P non compatibles avec le bitume faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Document d'Application**. Cahier des Prescriptions Techniques communes de mise en oeuvre. Paris: CSTB.

CSTB, 2019 – **Terasphalte**. Document Technique d'Application 5.2/14-2412_V1. Paris: CSTB.

DECRETO-LEI n.° 118/2013 – **Sistema de certificação energética de edifícios, o regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação e o regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços**. Diário da República n.º 159/2013, I Série de 2013-08-20.

EOTA, 2004 – **Liquid applied roof waterproofing kits. Part 1: General.** Brussels: EOTA.

SOPREMA, s/d – **Plots**. Fiche technique n.° MISFR172/b. Strasbourg: Soprema Groupe.

MICRO-CT NO ESTUDO DA INTERFACE ARGAMASSA-SUPORTE DE TIJOLO CERÂMICO, PLACA DE BETÃO E BLOCO DE BETÃO LEVE

MICRO-CT IN THE STUDY OF THE MORTAR-CERAMIC BRICK INTERFACE, CONCRETE PLATE AND LIGHT CONCRETE BLOCK

Manuel Pereira [(1)], Inês Flores-Colen [(2)], Rafael Travincas [(3)], António Maurício [(4)], Isabel Torres [(5)]

(1) CERENA, DECivil, IST/Universidade de Lisboa, Portugal, mfcp@tecnico.ulisboa.pt
(2) CERIS, DECivil, IST/Universidade de Lisboa, Portugal, ines.flores.colen@tecnico.ulisboa.pt
(3) IST/Universidade de Lisboa, Portugal, rafaeltravincas@ tecnico.ulisboa.pt
(4) CERENA, DECivil, IST/Universidade de Lisboa, Portugal, pcd2045@tecnico.ulisboa.pt
(3) ADAI/LAETA, DECivil, IST/Universidade de Coimbra, Portugal, itorres@dec.uc.pt

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar a microestrutura das argamassas aplicadas a diferentes tipos de suportes, correlacionando com ensaios correntes de caracterização das argamassas. O estudo em questão inclui uma campanha experimental realizada em laboratório, no âmbito do projeto de investigação IF Mortar, baseada na produção de duas argamassas (cimento e cal hidráulica) e três diferentes suportes (tijolo cerâmico, placa de betão e bloco de betão leve). Foi também moldada uma argamassa de referência para efeito de comparação. As observações da microestrutura foram realizadas após o período de cura de 28 dias. Os provetes foram também submetidos a ensaios laboratoriais físico-mecânicos. A análise da microestrutura incluiu observações macroscópicas e diversas técnicas de caracterização: microtomografia computadorizada de raios X, difração de raios X e microscopia eletrónica de varrimento com EDS. A relevância do presente estudo está no fato de propiciar uma análise tridimensional mais aprofundada da região próxima da interface, e assim, contribuir para um melhor conhecimento dos mecanismos envolvidos na formação das microestruturas. Com base nos resultados obtidos nas diferentes escalas de observação e integrando as diversas técnicas de análise, foi possível criar um referencial de estudo que ajudará a normalizar procedimentos e efetuar comparações qualitativas em relação aos ensaios correntes de caracterização.

Palavras-chave: Microestrutura / Argamassa / Desempenho / Suporte / Microtomografia de Raios X

1. INTRODUÇÃO

A descoberta da grande contribuição da tomografia computadorizada por raios X na medicina, despertou desde logo a questão da sua aplicabilidade a outras áreas de conhecimento, nomeadamente no campo industrial. A possibilidade da observação de materiais como madeira e objetos arqueológicos, impulsionou também o estudo da tomografia computadorizada de raios X em materiais, como betão, argamassas, aço, metais, entre outros. A microtomografia de raios X (µCT), permite o desenvolvimento de métodos de ensaio mais rápidos, não destrutivos e tridimensionais para análise dos materiais (Braz *et al*., 1998; Mendes, 2010; Ketcham e Carlson, 2007), possibilitando a visualização interna sem a necessidade de danificar os provetes em estudo (Mendes, 2010). Este aspeto é particularmente importante para o estudo de argamassas, onde com frequência as suas caraterísticas mecânicas são críticas em termos de formulações e as observações obtidas são limitadas (ex. preparação para observação microscópica).

O aumento do interesse em novas formulações de materiais cimentícios levou a uma necessidade de conhecimento mais profundo da caracterização da microestrutura, incluindo uma análise mais completa das propriedades físicas, estruturais, mecânicas, químicas e mineralógicas, buscando assim uma maior compreensão do desempenho e compatibilidade entre os materiais (Hanke, 2016; Cnudde e Boone, 2013; Stock, 2008; Bogas *et al.*, 2012).

Para realizar um estudo dessa natureza, são utilizadas técnicas laboratoriais avançadas, como µCT, MEV- EDS e DRX. Essas técnicas, combinadas entre si e com outras observações e ensaios, permitem obter informações detalhadas sobre a estrutura sólida e porosa dos materiais e, assim, auxiliar na análise do seu comportamento. Cada uma das técnicas possui um certo intervalo de aplicabilidade e algumas limitações, sendo essa combinação necessária para obter uma boa descrição e caraterização da microestrutura. (Travincas *et al.*, 2019).

A aderência da argamassa ao suporte é um dos principais fatores que contribuem para a vida útil deste revestimento. Essa propriedade está relacionada com a microestrutura da interface revestimento/suporte (Polito, 2010). Portanto, o estudo das propriedades macroestruturais, fazem mais sentido quando conjugadas com a análise microestrutural, trazendo uma visão holística e complementando a análise do comportamento do material em estudo.

O objetivo do presente trabalho é relacionar a macroestrutura das argamassas aplicadas em diferentes tipos de suporte (tijolo cerâmico, placa de betão e bloco de betão leve) com a sua microestrutura, através de técnicas avançadas de caracterização e de ensaios correntes para caracterização física e mecânica, observando a influência do suporte nas características das argamassas. Este estudo insere-se no âmbito do projeto IF Mortar que tem como objetivo aprofundar o conhecimento científico sobre a interface entre as argamassas e os suportes em que estão aplicadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Para a realização da campanha experimental, foram utilizados os seguintes materiais (Figura 1): tijolos cerâmicos perfurados correntes com as dimensões de 30 x 20 x 7 cm^3, placas de betão com as dimensões 30 x 20 x 5 cm^3, e blocos de betão leve de 50 x 20 x 10 cm^3, (Figura 1) cimento CEM II/B-L 32,5N, cal hidráulica NHL 3,5 e areia lavada com a granulometria bem distribuída. Para a produção das duas argamassas, cimento e cal hidráulica, foi utilizado o traço volumétrico de 1:4 com o rácio de água/cimento de 1 (argamassa de cimento) e o traço volumétrico de 1:3 em volume com a mesma relação água/ligante para a argamassa de cal hidráulica. Para a análise da microestrutura, foram utilizados os mesmos provetes, apenas com a redução para o tamanho adequado para o equipamento de análise.



Figura 1 – Suportes Utilizados (Bloco de betão leve; Placa de betão Tijolo cerâmico)

2.2. Metodologia de investigação

A metodologia utilizada neste trabalho foi essencialmente experimental onde se compararam argamassas moldadas em moldes normalizados e argamassas aplicadas em diversos tipos de suportes: tijolo cerâmico, placa de betão e bloco de betão leve. Após essa comparação foi realizada a análise com a microtomografia de raios X, difração de raios X e observação visual com reportagem fotográfica, para analisar a influência do suporte nas características da argamassa aplicada.

Para a execução dos ensaios e comparação dos resultados, as argamassas dos moldes normalizados foram cortadas em fatias de 40 x 40 x 15 mm^3, tendo, assim, as mesmas dimensões das argamassas aplicadas ao suporte após serem destacadas. Para a produção das argamassas aplicadas, foram construídos moldes de madeira com o objetivo de garantir a espessura de 15 mm da argamassa aplicada ao suporte.

Os suportes foram previamente secos em estufa, até a massa constante, e antes da aplicação da argamassa, cada suporte foi humedecido com a pulverização de 100 ml de água.

Em relação às condições de cura, seguiu-se a norma EN 1015-11:1999 para as argamassas aplicadas aos suportes e as argamassas em moldes normalizados. As condições de cura foram:

- primeiros 2 dias: temperatura de 20 ^{0}C ± 2 ^{0}C, humidade relativa de 95% ± 5% ou em saco de polietileno (no molde);
- 5 dias seguintes: temperatura de 20 ^{0}C ± 2 ^{0}C, humidade relativa de 95% ± 5% ou em saco de polietileno (desmoldado);
- 21 dias restantes: temperatura de 20 ^{0}C ± 2 ^{0}C, humidade relativa de 65% ± 5% (sem o molde).

Os ensaios executados, após 28 dias, foram: coeficiente de absorção de água por capilaridade (Norma ISO 15.148:2002), índice de secagem (Norma EN 16.322:2013), porosidade aberta (Norma NP EN 1936:2008), permeabilidade ao vapor de água (ISO 12.572:2016), massa volúmica aparente (Norma NP EN 1936:2008), resistência a compressão (EN 1015-11:2007) e resistência adesiva (EN 1015-12:2000).

Foram ensaiados três provetes para cada ensaio e os resultados apresentados neste artigo são referentes às médias desses resultados obtidos.

Para efetuar a análise microestrutural e composicional das interfaces e das argamassas, selecionaram-se provetes representativos dos volumes de interesse. Sempre que foi possível, os provetes para o estudo de μCT/MEV-EDS incluíram o suporte e a argamassa. As dimensões escolhidas para garantir representatividade amostral e boa resolução das imagens obtidas, têm menos de 1 cm^2 de área e 1 a 2.5 cm de altura (Figura 2). Utilizou-se serra circular diamantada ou outros meios mecânicos de corte, consoante o material, mas não se recorreu a consolidantes, que poderiam afetar a qualidade dos resultados tomográficos. Infelizmente, em alguns casos qualquer tentativa de obtenção cuidadosa de provetes tão pequenos fracassou. Devido, sobretudo, ao contraste mecânico do suporte e da argamassa, os dois componentes individualizam-se quase totalmente. Contudo, essa informação empírica fornece

uma primeira indicação sobre a qualidade de aderência entre a argamassa e o suporte em que está aplicada. Nos casos em que o provete permaneceu íntegro a microestrutura foi avaliada, paralelamente e perpendicularmente ao contacto, por tomografia. No caso de boa separação suporte/argamassa, efetuou-se a tomografia em ambos os fragmentos ou apenas na argamassa, com ênfase para a região proximal do contacto.



Figura 2 – Provete para estudo microtomográfico e MEV-EDS (metalizado do lado esquerdo) de argamassa cimentícia aplicada sobre tijolo cerâmico. Secção quadrangular aproximadamente 8 x 8 mm^2

Para a condução das análises, utilizou-se uma abordagem metodológica prévia (Travincas *et al*., 2019) adaptada à realidade desta campanha (Figura 3).



Figura 3 – Metodologia de Análise Microestrutural

Inicialmente, foi realizado o registo fotográfico, com o objetivo de avaliar a distribuição espacial dos componentes, identificar e caracterizar os agregados, identificar fissuras e avaliar a coesão da argamassa por análise visual do perfil de corte. Em seguida, por meio da µCT, procedeu-se à caracterização da argamassa, com destaque na região da interface: caracterização da ligação agregado/ligante, da estrutura porosa e da aderência na vizinhança da interface suporte/argamassa. A observação pormenorizada por MEV incidiu em áreas de interesse evidenciadas pela µCT. Por fim, efetuou-se a análise composicional dos produtos por DRX (análise global) ou MEV-EDS (análise local, sobretudo cristais), com ênfase para os produtos resultantes da evolução da hidratação do cimento.

3. RESULTADOS

3.1. Resultados mecânicos e físicos

Apresentam-se nas Tabelas 1 a 6, os resultados dos ensaios de caracterização correntes (mecânicos e físicos) realizados nas argamassas de cimento e cal hidráulica nos moldes normalizados e nas argamassas de cimento e cal hidráulica aplicadas aos suportes e posteriormente destacadas. Observa-se que as argamassas destacadas do suporte apresentam características ligeiramente diferentes das argamassas endurecidas nos moldes.

Em relação à argamassa de cimento (Tabelas 1, 2 e 3), no caso do tijolo cerâmico, verifica-se que a argamassa aplicada

fica mais compacta, com menor porosidade aberta, menor absorção de água, menor permeabilidade ao vapor de água e secagem mais lenta em relação à argamassa endurecida no molde.

No caso do suporte em placa de betão, regista-se uma menor resistência à compressão, com uma ligeira redução da porosidade aberta. Em termos de propriedades físicas, os resultados não são conclusivos pois a argamassa apresenta uma menor absorção de água por capilaridade, índice de secagem menor (secagem mais lenta) e maior permeabilidade ao vapor de água.

No caso do bloco de betão, os resultados não foram muito diferentes na argamassa aplicada e na argamassa no molde, em termos de massa volúmica e porosidade. A diferença na resistência à compressão tem a mesma ordem de grandeza do desvio padrão. Observa-se uma menor absorção de água, secagem mais lenta e permeabilidade ao vapor de água.

Em termos de aderência, os resultados comprovam que a aderência é insuficiente no caso da argamassa aplicada no bloco de betão leve.

Tabela 1 – Argamassa de cimento – características mecânicas

Ensaios Argamassa de cimento	Número de Provetes	Resistência à Compressão (EN 1015-11) (MPa) – Valor médio – Provetes com 4 x 4 x 1,5 cm	Desvio Padrão	Número de Provetes	Resistência adesiva (EN 1015-12) (MPa) – Valor médio –	Desvio Padrão
Tijolo Cerâmico	3	23,61	3,43	3	0,40	0,10
Placa de Betão	3	11,51	1,51	1	0,69	0,00
Bloco de Betão Leve	4	12,64	0,81	4	0,10	0,06
Argamassa Endurecida no Molde	3	14,80	2,34			

Tabela 2 – Argamassa de cimento – características físicas

Ensaios Argamassa de cimento	Número de Provetes	Massa Volúmica Aparente (NP EN 1936) kg/m³ – Valor médio –	Desvio Padrão	Número de Provetes	Porosidade Aberta (NP EN 1936) % – Valor médio –	Desvio Padrão
Tijolo Cerâmico	3	1944	11,07	3	16,90	0,00
Placa de Betão	3	1844	16,31	3	19,50	0,31
Bloco de Betão Leve	3	1885	19,22	3	20,00	0,62
Argamassa Endurecida no Molde	9	1870	14,85	9	20,70	0,48

Tabela 3 – Argamassa de cimento – características físicas (cont.)

Ensaios Argamassa de cimento	Número de Provetes	Coeficiente de absorção de Água (ISSO 15148) kg/(m²*s^{0,5}) – Valor médio –	Desvio Padrão	Número de Provetes	Índice de Secagem (EN 16322) – Valor médio –	Desvio Padrão	Número de Provetes	Permeabilidade ao vapor de água (ISSO 12572) (kg/m*s*Pa)*10^{-11} – Valor médio –	Desvio Padrão
Tijolo Cerâmico	3	0,32	0,01	3	O,15	0,03	3	1,08	0,05
Placa de Betão	3	0,27	0,01	3	0,09	0,02	2	1,42	0,03
Bloco de Betão Leve	3	0,28	0,03	3	0,14	0,02	3	1,21	0,05
Argamassa Endurecida no Molde	3	0,34	0,07	3	0,16	0,01	3	1,29	0,04

Para os resultados nas argamassas de cal hidráulica (Tabelas 4, 5 e 6), no caso do suporte de tijolo cerâmico, observa-se que a argamassa aplicada fica mais compacta, com menor porosidade aberta e maior resistência à

compressão do que a argamassa no molde. Os resultados apresentam maior absorção de água, secagem mais lenta, mas maior permeabilidade ao vapor de água. A tendência destas propriedades em relação aos outros suportes não é tão clara como a observada no caso da argamassa cimentícia.

Tabela 4 – Argamassa de cal hidrálica – características mecânicas

Ensaios Argamassa de cal hidráulica	Número de Provetes	Resistência à Compressão (EN 1015-11) (MPa) – Valor médio – Provetes com 4 x 4 x 1,5 cm	Desvio Padrão	Número de Provetes	Resistência adesiva (EN 1015-12) (MPa) – Valor médio –	Desvio Padrão
Tijolo Cerâmico	3	11,16	0,60	10	0,13	0,04
Placa de Betão	3	7,05	1,61	4	0,23	0,11
Bloco de Betão Leve	4	6,33	1,17	3	0,03	0,02
Argamassa Endurecida no molde	3	6,93	0,59			

Tabela 5 – Argamassa de cal hidráulica – características físicas

Ensaios Argamassa de cal hidráulica	Número de Provetes	Massa Volúmica Aparente (NP EN 1936) kg/m^3 – Valor médio –	Desvio Padrão	Número de Provetes	Porosidade Aberta (NP EN 1936) % – Valor médio –	Desvio Padrão
Tijolo Cerâmico	3	1899	13,19	3	22,40	0,36
Placa de Betão	3	1857	8,89	3	21,50	0,38
Bloco de Betão Leve	4	1857	18,15	4	23,50	0,33
Argamassa Endurecida no molde	9	1829	21,23	9	26,50	0,83

No caso da placa de betão, a argamassa é ligeiramente mais compacta com redução da porosidade aberta, aumento da massa volúmica, mas resistência à compressão da mesma ordem de grandeza, em relação à argamassa no molde. Esta argamassa apresenta uma menor absorção de água e uma secagem mais lenta, sem alteração significativa da permeabilidade ao vapor de água.

No caso do bloco de betão leve, os resultados apresentam algumas variações. A argamassa é ligeiramente mais compacta, com menor porosidade aberta. No entanto, a resistência à compressão média é menor, apresentando um elevado desvio padrão, tudo em relação à argamassa endurecida no molde. Observa- se também uma menor absorção de água, secagem mais rápida e maior permeabilidade ao vapor de água.

Em termos de aderência o valor mais baixo é o da argamassa hidráulica aplicada no bloco de betão leve, tal como observado na argamassa cimentícia. Sendo os valores de aderência menores do que os verificados com as argamassas cimentícias, tal como seria de esperar.

Tabela 6 – Argamassa de cal hidráulica – características físicas (cont.)

Ensaios Argamassa de cal hidráulica	Número de Provetes	Coeficiente de absorção de Água (ISSO 15148) kg/(m^2*s^{0,5}) – Valor médio –	Desvio Padrão	Número de Provetes	Índice de Secagem (EN 16322) – Valor médio –	Desvio Padrão	Número de Provetes	Permeabilidade ao vapor de água (ISSO 12572) (kg/m*s*Pa)*10^{-11} – Valor médio –	Desvio Padrão
Tijolo Cerâmico	3	0,46	0,04	3	0,19	0,03	3	1,83	0,07
Placa de Betão	3	0,37	0,03	3	0,11	0,00	3	1,55	0,01
Bloco de Betão Leve	3	0,28	0,02	3	0,13	0,02	4	1,60	0,05
Argamassa Endurecida no Molde	3	0,43	0,09	3	0,16	0,01	3	1,51	0,01

3.2. Análise da microestrutura

A conjugação das várias escalas de observação, combinadas com a caracterização composicional, contribuem para a interpretação das propriedades mecânicas e físicas ensaiadas no laboratório.

Apresentam-se nas Figuras 4 a 8 algumas composições fotográficas evidenciando alguns dos aspetos mais significativos de cada argamassa ensaiada. Na Figura 9 comparam-se os 6 tipos de interfaces substrato/ argamassas estudadas por µCT, onde se evidenciam alguns parâmetros que podem ser determinantes nas resistências adesivas: área de contato da argamassa/substrato, porosidade (tipo, tamanho distribuição de poros), regularidade da superfície (crítica no caso do suporte em bloco de betão leve) e compacidade de ligante na região de contato. Esta análise foi complementada por DRX e MEV-EDS para avaliar a natureza (mais ou menos carbonatada, cimentícia ou de cal hidráulica hidratadas), tamanho e morfologia dos cristais que nucleiam na interface.

O efeito do substrato no padrão microestrutural das argamassas e das interfaces, já previamente apresentado (Pereira *et al*., 2016), mas ainda em desenvolvimento, permite criar um atlas de texturas/microestruturas onde se estabelecem as correlações com o desempenho das mesmas, informação muito útil para a compreensão dos comportamentos das argamassas e para a criação de produtos inovadores.

Estudos preliminares permitiram estudar a carbonatação em argamassas, os diferentes tipos de estrutura porosa, o efeito da incorporação de adjuvantes em argamassas (como por exemplo, introdutores de ar) e o estudo da ligação agregado-pasta cimentícia (Travincas *et al.*, 2019).

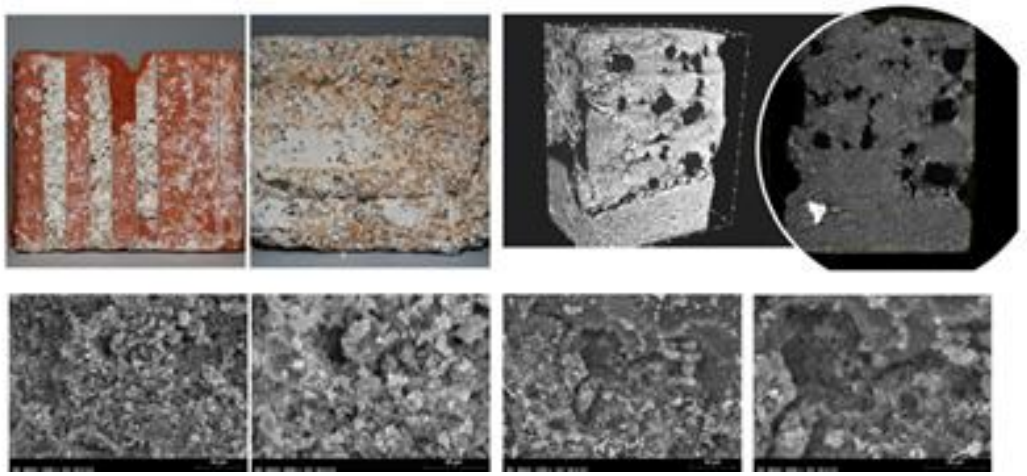


Figura 4 – Aspetos gerais macroscópicos, tomográficos e de MEV da interface tijolo cerâmico/argamassa de cal hidráulica

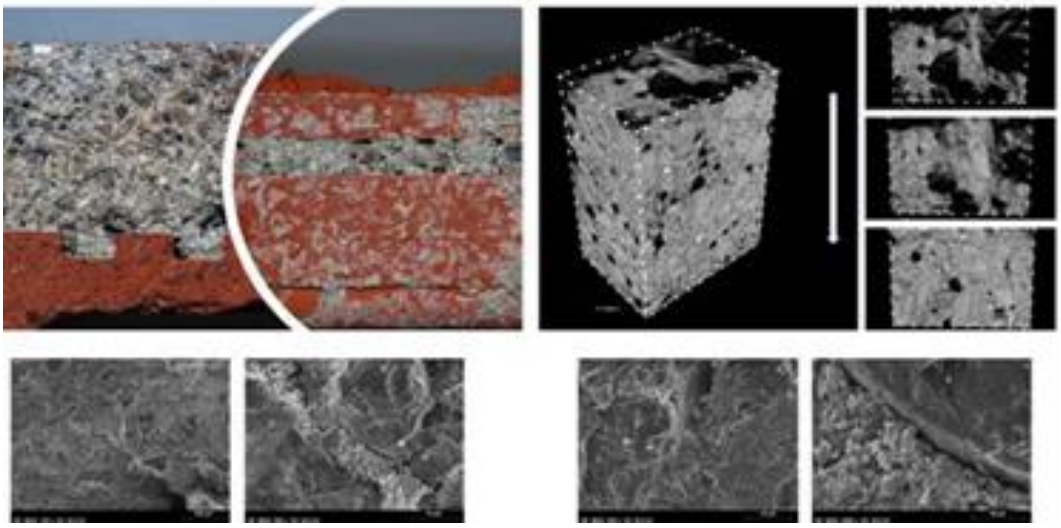


Figura 5 – Aspetos gerais macroscópicos, tomográficos e de MEV da interface tijolo cerâmico/argamassa de cimento. A seta indica a evolução microestrutural em função do afastamento à interface

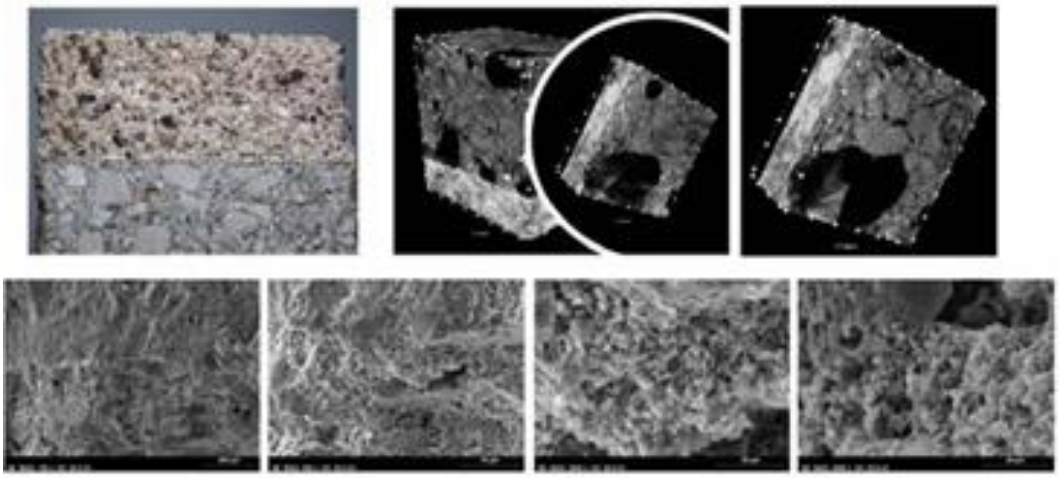


Figura 6 – Aspetos gerais macroscópicos, tomográficos e de MEV da interface placa de betão/argamassa de cal hidráulica

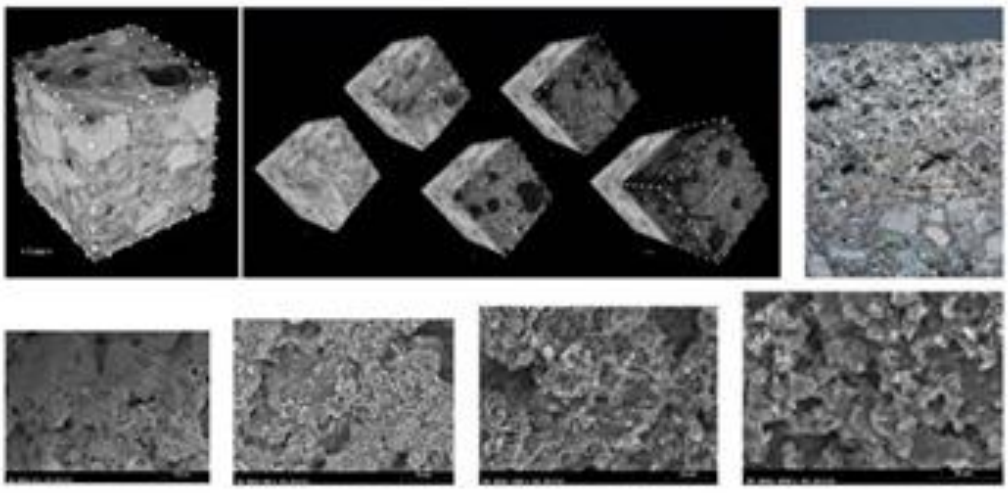


Figura 7 – Aspetos gerais macroscópicos, tomográficos e de MEV da interface placa de betão/argamassa cimentícia

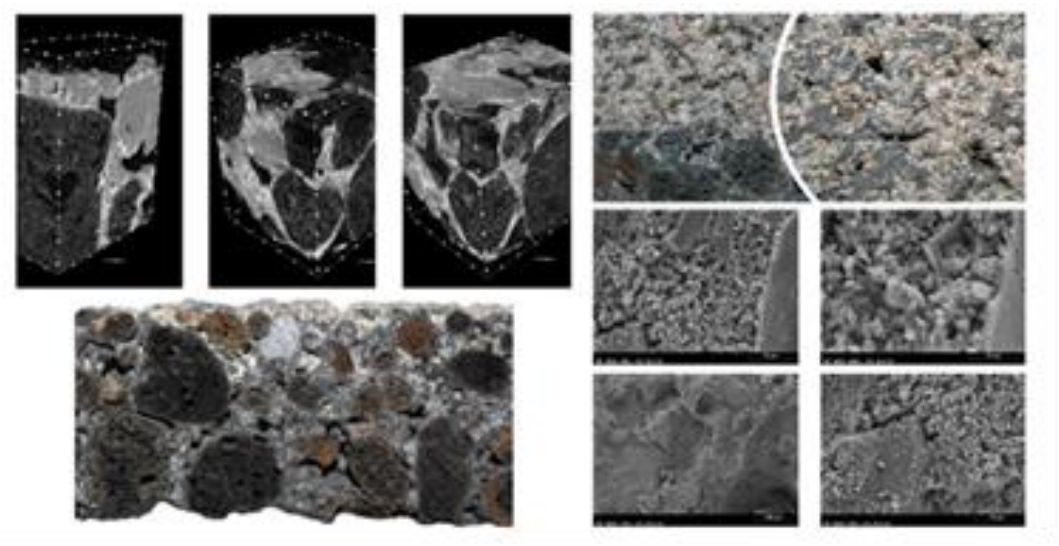


Figura 8 – Aspetos gerais macroscópicos, tomográficos e de MEV da interface placa de betão/argamassa de cimento

Os padrões microestruturais observados na Figura 9, estão concordantes com as resistências adesivas mais reduzidas que ocorrem nas interfaces tijolo/cal hidráulica e nas de betão leve, combinando superfícies de contato reduzidas e irregulares ou com vazios significativos. O termo intermédio verifica-se na interface betão/cal hidráulica com um padrão misto de poros grandes e canais interpartículas relativamente abertos. Os valores maiores das resistências adesivas verificam-se para as argamassas cimentícias no contacto com o tijolo e a placa de betão. O maior valor (0.69 MPa) corresponde a um padrão microestrutural relativamente fechado, ou seja, uma superfície de contacto grande onde se identificam raros poros de secção circular ligados por uma rede de canais extremamente fina.

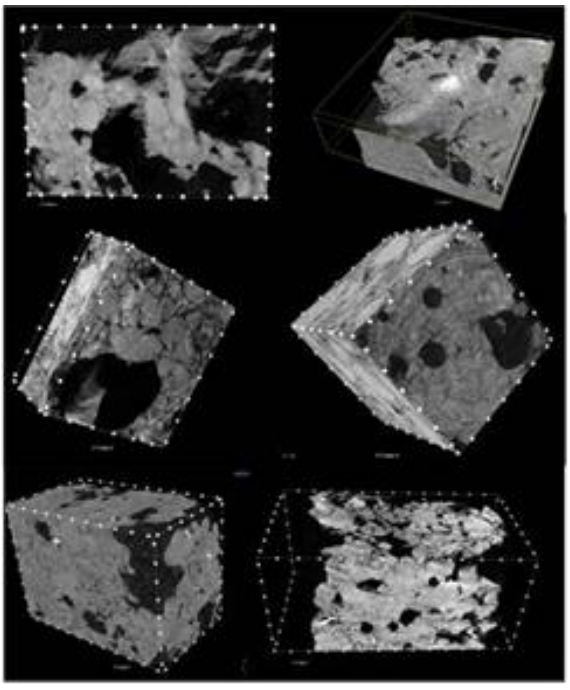


Figura 9 – Interfaces substrato/argamassas (à esquerda argamassas de cal hidráulica e, de baixo para cima, argamassas aplicadas sobre suportes de tijolo cerâmico, placa de betão e bloco de betão leve).

Outro aspeto, também relevante, observa-se ao nível das resistências à compressão das argamassas nos provetes de arrancamento. O valor mais elevado (22,16 MPa) regista-se na argamassa cimentícia aplicada sobre tijolo cerâmico. Este resultado pode ser explicado pelo arranjo microestrutural mais compacto e fechado (Figura 4) do

tipo poro canal. Esse padrão controla também os valores mais baixos de porosidade aberta (16.9%) e da permeabilidade ao vapor (1.08 x 10-11 kg/m*s*Pa), e os valores mais elevados da massa volúmica (1944 kg/m^3). De acordo com a análise tomográfica, mas também visível na imagem macroscópica (Figura 5) observa-se também uma densificação de material na região da interface que pode ser atribuída ao efeito de sucção induzido pelo tijolo, que não se registou no substrato de betão (Figura 7). Este aspeto não é notório no contacto tijolo/argamassa de cal hidráulica.

A avaliação mais pormenorizada dos resultados inclui a interrelação entre a microestrutura e a composição, nomeadamente os aspetos relacionados com as cinéticas da hidratação (formação de portlandite avaliada por DRX) e da carbonatação (formação de calcite avaliada por DRX e MEV-EDS). Apesar de as diferenças observadas nos casos estudados não serem muito significativas (Figura 10), existem variações relativas de portlandite e calcite que deverão estar dependentes da maior ou menor permeabilidade à água e ao ar, esta por sua vez intrinsecamente associada do padrão microestrutural.

No caso das argamassas de cal hidráulica, os difratogramas mostram vestígios de portlandite ($Ca(OH)_2$) e menor grau de carbonatação (calcite) no suporte de tijolo, o que é concordante com os dados microestruturais apresentados anteriormente. No caso das argamassas de cimento, observa-se situação idêntica para o suporte de tijolo e para a argamassa moldada. Por outro lado, de acordo com o MEV-EDS, as argamassas em que os constituintes do ligante desenvolvem cristais mais débeis (alongados e fibrosos) tendem a apresentar valores inferiores em termos de resistências. Conclui-se, deste modo, que a abordagem integrada microestrutural e composicional é bastante adequada ao estudo desenvolvido no presente trabalho.

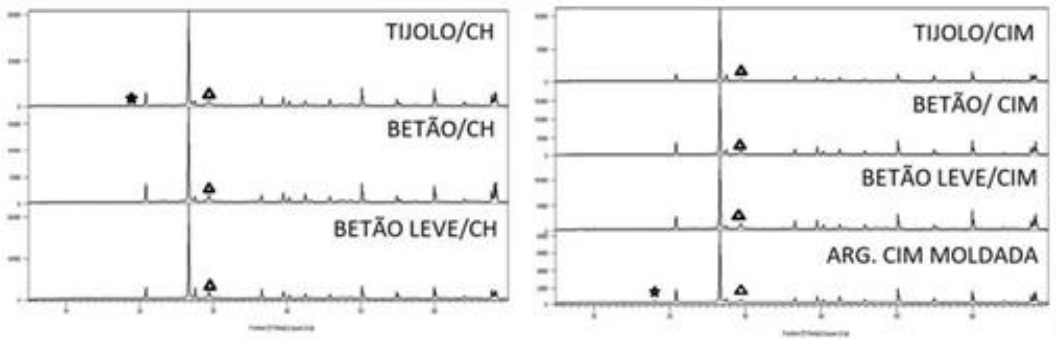


Figura 10 – Difratogramas das argamassas com 28 dias em diferentes condições de ensaio. Escala vertical – contagens. CH – argamassa de cal hidráulica; CIM – argamassa cimentícia. * portlandite Δ calcite

4. CONCLUSÃO

Apesar de os resultados apresentados serem exploratórios e da diversificação de substratos e argamassas, foi possível estabelecer boas correlações entre os aspetos microestruturais e as caraterísticas mecânicas avaliadas. Mesmo com as limitações na produção de provetes íntegros de pequenas dimensões a partir de amostras laboratoriais, a abordagem metodológica tem a vantagem de ser não invasiva. Nos casos mais críticos estudaram-se separadamente o substrato e a argamassa, verificando que não existiam perdas de massa e não ocorriam modificações nas mesmas. A manipulação virtual das amostras, permite explorar de uma forma muito exaustiva aspetos críticos de obter por outras metodologias dada a vulnerabilidade físico-mecânica dos materiais envolvidos.

Pode-se perceber que o suporte onde a argamassa é aplicada influencia na aderência a interface, pois forma diferentes arranjos microestruturais (poro canal, poros mistos, canais interpartículas) são formados. A capacidade de sucção do suporte também influencia este aspeto, onde percebeu-se um melhor desempenho do tijolo cerâmico. As características físicas, nomeadamente absorção de água por capilaridade, secagem e permeabilidade ao vapor de água carecem de maior detalhe no estudo e na contribuição destas técnicas.

AGRADECIMENTOS

O trabalho apresentado foi realizado no âmbito do projeto IF MORTAR (POCI-01-0145-FEDER-032223 / PTDC / ECI-EGC / 32223/2017), no âmbito do programa Portugal 2020, financiado pela FEDER através de o programa POCI. O financiamento fornecido é gentilmente reconhecido. Os autores também agradecem ao CERIS e ao CERENA, unidades de investigação do IST e à FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia).

REFERÊNCIAS

BOGAS, J. A.; MAURÍCIO, A.; PEREIRA, M. F., 2012 – **Microstructural analysis of iberian expanded clay aggregates**. *Microspy and Microanalysis*. 18 (5): 1190-1208.

BRAZ, D.; MOTA, L. M.; LOPES, R. T., 1998 – **Computed tomography in the fatigue test analysis of an asphaltic mixture**. *Applied Radiation and Isotopes.* 50 (1999):661-671.

BS EN 1015-11: 1999 – **Methods of test for mortar for masonry. Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar**. London: BSI.

BS EN 1015-12: 2000 – **Methods of test for mortar for masonry–Part 12: determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates.** London: BSI.

CNUDDE, V.; BOONE, M. N., 2013 – **High-resolution X-ray computed tomography in geosciences: a review of the current technology and applications**. *Earth-Science Reviews*. 123: 1–17.

GOMINHO, M., 2016 – **Microstructural characterization of mortars**. Master Thesis (in portuguese). Lisboa: IST, University of Lisbon.

HANKE, L., 2016 – **Handbook of analytical methods for materials.** Plymouth: Materials Evaluation and Engineering, Inc.

ISO 15148:2002 – **Hygrothermal performance of building materials and products. Determination of water absorption coefficient by partial immersion**. Genova: ISO.

ISO 12572:2016 – **Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment-Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau-Méthode de la coupelle.** Genova: ISO.

KETCHAM, R.; CARLSON, W., 2001 – **Acquisition, optimization an interpretation of X-Ray computed tomographic imagery: application to the geosciences**. *Computers & Geosciences*. 27(4):381-400.

MENDES, R., 2010 – **MicroCT nondestructive method to analyse the concrete volumetry. Case study**. Master Thesis. (in portuguese). Brasil: Universidade Federal do Pará.

NP EN 1936:2008 – **Natural stone test methods: determination of real density and apparent density, and of total and open porosity**. Monte da Caparica: IPQ, 2008.

PEREIRA, M. F.; FLORES-COLEN, I.; MAURÍCIO, A., 2016 – **A Micro-CT aplicada ao estudo de argamassa**. 1.º Congresso de Ensaios e Experimentação em Engenharia Civil. Lisboa: IST.

POLITO, G.; CARVALHO JUNIOR, A. N. de; Brandão, P. R. G., 2010 – **Caracterização microestrutural da interface argamassa mista/bloco cerâmico**. *Construindo, Belo Horizonte*. 2 (02) 11-70.

STOCK, S. R., 2008 – **Recent advances in X-Ray microtomography applied to materials**. *Materials Reviews.* 53(3):129-181.

TRAVINCAS, R.; FLORES-COLEN, I.; PEREIRA, M. F. C. *et al.*, 2019 – **Microstructural analysis of cement-based mortars combining X-Ray Microtomography, XRD and FTIR**. *39th Cement and Concrete Science Conference 2019.* pp. 108-111. UK: University of Bath.

UNI, 2007 – **Methods of test for mortar for masonry – Part 11: determination of flexural and compressive strength of hardened mortar.** Milano, Lombardia: UNI. UNI EN 1015-11:2007

UNI, 2013 – **Conservazione dei beni culturali – Metodi delle prove – Determinazione delle proprietà di asciugamento**. Milano, Lombardia: UNI. UNI EN 16322:2013.

PATOLOGIA, DIAGNÓSTICO E SOLUÇÕES NA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS. REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO RESIDÊNCIAS SOTTOMAYOR

PATHOLOGY, DIAGNOSIS AND SOLUTIONS IN BUILDING REHABILITATION. STRUCTURAL REHABILITATION OF SOTTOMAYOR RESIDENCE BUILDING



Nuno Guerra

HCI Construções, Portugal, nuno.guerra@hci.pt

RESUMO

A empreitada de reabilitação dos edifícios 86, 90 e 94 da Rua Duque de Loulé, em Lisboa, foi realizada em diversas fases: demolição e reforço das paredes de fachada e de tardoz; contenção e escavação; estrutura e reforço estrutural; e acabamentos.

O objeto deste trabalho diz apenas respeito às fases iniciais de diagnóstico, demolição e estrutura.

No início da empreitada, os edifícios estavam num estado de grande degradação, pelo que houve necessidade de realizar um diagnóstico da situação, de forma a ser possível criar condições de segurança para efetuar o desmonte e demolição das estruturas.

Após esta fase dos trabalhos, com as paredes das fachadas e de tardoz estabilizadas, iniciaram-se os trabalhos de escavação das caves, tendo, para isso, sido necessário criar previamente um sistema de vigas apoiadas em estacas que sustentaram as paredes enquanto foi efetuada a escavação.

Nesta apresentação, pretende-se descrever as dificuldades e soluções encontradas na fase inicial, quando o edifício estava em muito mau estado bem como a estratégia de reforço estrutural antes da escavação.



Palavras-chave: Demolição / Diagnóstico / Reforço Estrutural / Contenção / Estacas

1. INTRODUÇÃO

No presente documento descreve-se a metodologia utilizada para a adaptação e implementação do projeto da obra de escavação e contenção periférica do conjunto de três edifícios situados nos números 86, 90 e 94 da Avenida Duque de Loulé, em Lisboa. Anos depois de a estabilidade do conjunto ter sido posta em causa por uma obra anterior com efeitos desastrosos, a intervenção atual veio resgatar o edificado da situação de grande vulnerabilidade em que se encontrava. O novo proprietário é a sociedade IMOPATRIMÓNIO, SA, que é detida a 100% pela empresa COPORGEST SA. O Projeto de Execução foi elaborado pela empresa de projeto A2P, tendo sido a empreitada adjudicada à empresa HCI Construções.

Este documento apresenta a forma como se efetuou a abordagem do projeto de reabilitação estrutural na ótica do empreiteiro geral, contando com os conhecimentos técnicos dos quadros da empresa para apoiar quer os projetistas de estruturas quer o estudo, diagnóstico e a preparação de uma empreitada de grande complexidade. Realça-se, no presente documento, a forma como se procedeu à adaptação do projeto e à definição e implementação das metodologias de demolição, escoramento, contenção escavação e construção ao longo de todo o processo construtivo.

A primeira fase do projeto e da respetiva intervenção especificava um conjunto de medidas cautelares de contenção dos edifícios com o intuito de impedir o avanço da degradação, então em curso, do conjunto edificado e de se impedir a ocorrência de mais colapsos.

No caso dos edifícios 90 e 94 foram demolidos os interiores, mantendo-se as paredes de fachada, o saguão do edifício central e as caixas de escadas e átrios principais. No caso do edifício n.º 86, foi mantida a sua estrutura interior na quase totalidade, com exceção da área tardoz ao nível dos pisos 4 e 5, degradada pelo destelhamento então realizado. A descrição da intervenção e as metodologias utilizadas na reabilitação do edifício 86 não foram tema da presente apresentação, por um lado, por serem substancialmente diferentes e, por outro, porque as mesmas seriam, por si só, matéria de uma exposição específica.

A escavação para a execução de 4 caves foi feita no interior dos edifícios 90 e 94 e estendeu- se para a área de logradouro. As escavações foram realizadas sob as paredes do saguão, da parede tardoz e das caixas de escadas, estando prevista uma estrutura para suspensão provisória destes elementos.

À solução proposta para estabilização estrutural de fachadas, objetivo de grande valor para o Dono da Obra, acresce um programa de demolição de volume considerável. Entendemos que a preconização da solução integra estes dois objetivos de suspender as fachadas sem perder área de construção e aumentar consideravelmente o volume de estacionamento com um faseamento integrado pensado para deixar o imóvel livre de risco.



Figura 1 – Imagem virtual do Empreendimento



Figura 2 – Estado em que se encontrava o imóvel em 2014

2. ENQUADRAMENTO E PROJECTO

2.1. Enquadramento

Os edifícios 86, 90 e 94 da Rua Duque de Loulé, em Lisboa, são muito semelhantes entre si do ponto de vista arquitetónico. Foram mandados erguer, em 1904, pelo banqueiro Cândido Sottomayor, com o objetivo de serem utilizados como prédios para habitação. Até ao final do século XX, foram utilizados como edifícios de rendimento com alugueres de baixo valor. O estado global dos edifícios, apesar de estarem habitados, foi-se degradando, por falta de investimento.

As suas fachadas apresentam uma arquitetura de influência parisiense, com um estilo eclético no qual se encontram representados pormenores Neorrenascentistas e de Arte Nova. De referir que os três edifícios foram construídos numa área que foi alvo de uma grande operação de aterro, que era prática comum entre os séculos XIX e XX, e de que são exemplos mais conhecidos as zonas da Av. 24 de Julho, ou as Avenidas Novas, adjacentes à Av. da República e da Liberdade.

A aquisição dos prédios por um novo proprietário, a ADIMAGRI, no início da década de 2000, veio alterar a situação dos edifícios, através de uma empreitada de reconstrução que decorreu entre 2010 e 2012. Efetivamente, a obra terá sido iniciada pela ADIMAGRI em 2010, mas foi interrompida logo no início de 2012, por falência da empresa.

A referida empreitada anterior, de um modo geral, não contemplou o reaproveitamento de elementos estruturais existentes, dos quais muito poucos restavam intactos. Apoiou-se, maioritariamente, na introdução de novos elementos de reforço em toda a área de intervenção, recorrendo à supressão e ao corte das estruturas de pavimentos e paredes estruturais existentes.

Além dos problemas causados por esta intervenção, a interrupção da empreitada, originada pela falência do proprietário, levou ao abandono dos edifícios por um período de cerca de dois anos, o que veio agravar a sua condição estrutural. As opções do projeto anterior também vieram a revelar-se prejudiciais, o que, associado ao abandono em que estavam os edifícios, levou ao colapso parcial dos edifícios 90 e 94. Durante a execução da empreitada em causa, foram utilizadas soluções de escoramento que não seriam sequer aceitáveis por um período de poucas horas e que foram mantidas por mais de um ano após a interrupção dos trabalhos. São exemplo deste tipo de solução os suportes de paredes de alvenaria que se encontravam junto aos saguões (tanto o colapsado como o pré-colapsado) com prumos de andaime, sem qualquer travamento, e dispostos de forma aleatória.

De salientar que também foi interrompida uma obra de escavação e contenção de terrenos de grande escala com uma solução estrutural provisória que nunca poderia ser prolongada indefinidamente, atendendo ao risco associado de serem geradas situações de segurança estrutural dificilmente controláveis. Refira-se, ainda, a existência de ancoragens provisórias que são concebidas e executadas para terem carácter provisório e que, por isso, não suportam com facilidade a sua extensão no tempo. Saliente-se também que os terrenos no interior da escavação incompleta estavam expostos às águas da chuva o que os tornava vulneráveis às lavagens e alterações no estado de tensão dos mesmos. Adicionalmente, foram deixados os escoramentos e os perfis cravados (microestacas) que já apresentavam deformações não aceitáveis. Esta obra que, além de inacabada, se prolongou no tempo, afetou não apenas o conjunto edificado em análise, mas também os edifícios adjacentes.

Em síntese, em resultado da conjugação de todos os fatores acima descritos, a segurança estrutural dos edifícios foi posta em causa, por conta de um conjunto de situações que tiveram um impacto bastante negativo sobre o edificado. Destaque-se o colapso e pré-colapso de diversas paredes dos saguões e tardoz, a existência de fendilhações e fraturas recentes que indiciam movimentos estruturais, a introdução de reforços de forma aleatória ou errada, a deterioração dos pavimentos de madeira ou a sua derrocada, entre outros aspetos que careciam de intervenção urgente e inadiável.



Figura 3 – Derrocada das paredes dos saguões



Figura 4 – Estado do escoramento da intervenção anterior



Figura 5 – Lajes em derrocada arrastadas pela queda do escoramento



Figura 6 – Escoramento encontrado em risco de queda



Figura 7 – Ilustração da queda do escoramento



Figura 8 – Contenção “Munique” em derrocada

2.2. Projeto de execução

Face ao cenário anteriormente descrito, o Dono da Obra contratou um projeto à empresa A2P contemplando um plano de demolição, escoramento e contenção onde se definiram as áreas de demolição e as medidas cautelares de reforço para evitar a progressão das derrocadas então em curso. A A2P na execução do seu projeto tomou em conta os seguintes pressupostos:

- Os edifícios em causa construção foram executados por métodos tradicionais anteriores ao betão armado, com paredes de fachada em alvenaria ordinária de pedra, paredes interiores de alvenaria e de madeira e pavimentos de madeira;
- As fundações eram do tipo semi-diretas, constituídas por poços de alvenaria de pedra, encimados por arcos de alvenaria de pedra e tijolo;
- As paredes exteriores de fachada e dos saguões são realizadas em alvenaria de pedra argamassada e, de acordo com as peças desenhadas, têm uma espessura na ordem dos 0,70 m, os parapeitos têm menor espessura e são realizados em alvenaria de tijolo furado;
- As paredes interiores são realizadas tanto em alvenaria de tijolo furado, rebocadas e estucadas como em tabique de tábuas duplas dispostas cruzadas, com fasquiado pregado às tábuas;
- No piso térreo, as paredes de alvenaria de tijolo são com tijolo maciço;
- Os pavimentos são constituídos por vigamentos de madeira com 0,07 x 0,20 m e estão fazendo vãos com cerca de 4,50 m, com afastamentos de 0,40 m a 0,50 m, aproximadamente;
- As vigas dos pavimentos descarregam nas paredes de alvenaria de tijolo e nas fachadas de alvenaria e pedra.

Desta forma, as medidas de contenção mais relevantes propostas para os edifícios 90 e 94 incluíram:

- Estruturas de contenção das fachadas constituídas por perfis metálicos montados de forma a substituírem os pavimentos demolidos (5 níveis);
- Projeção de lâminas de reboco armado com 8 cm realizadas pelo interior nas paredes de fachada e nas paredes da caixa de escadas. Projeção de lâminas de 5 cm e 7 cm nas paredes exteriores e interiores da parede da fachada tardoz;
- Aterro das áreas escavadas na intervenção anterior, na zona tardoz de cada edifício e contidas com uma solução de Berlim (provisória);
- Montagem de coberturas provisórias nas caixas de escadas dos edifícios 90 e 94, as quais foram mantidas durante a empreitada.



Figura 9 – Edifícios 90 e 94 a demolir o seu interior e localização da rampa de acesso à escavação



Figura 10 – Contraventamentos metálicos das estacas de suporte das vigas de suspensão das fachadas

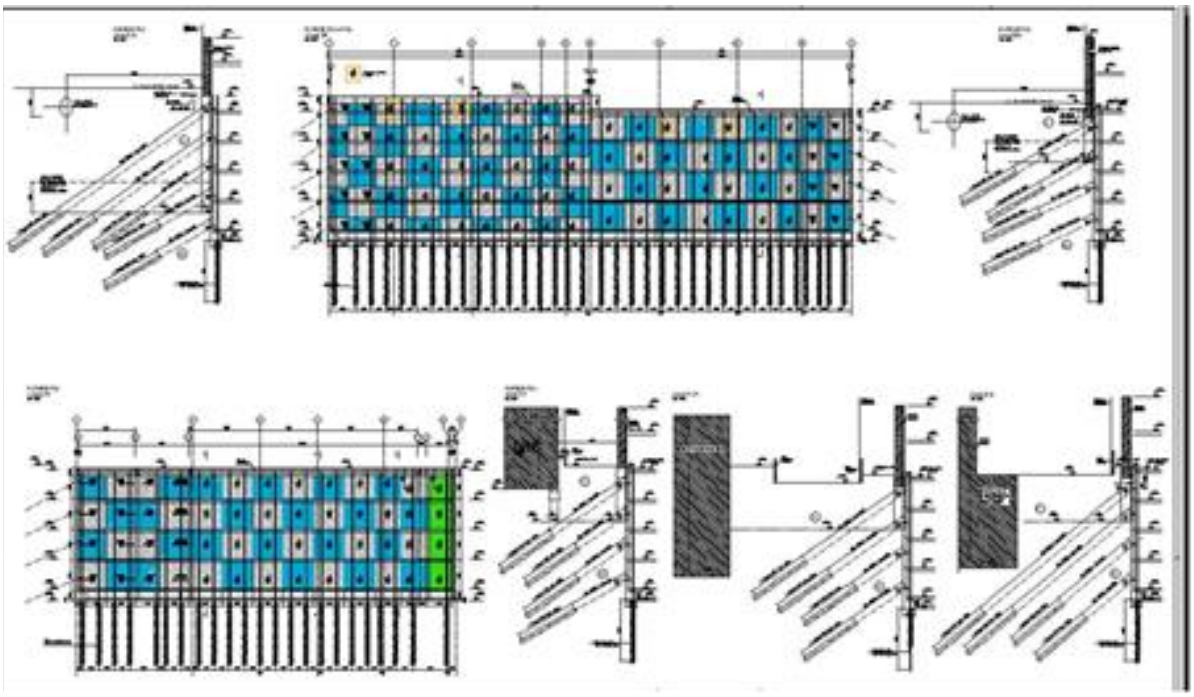


Figura 11 – Projeto alçados dos muros de Berlim com ancoragens e microestacas

Para a necessidade dos trabalhos das estruturas de suspensão de paredes do tardoz dos edifícios 90 e 94, saguões e caixas de escadas, o projeto teve em consideração o seguinte:

- Necessidade de suspender estas paredes através de uma estrutura provisória para o efeito. As estruturas de suspensão foram projetadas com pares de vigas em betão armado a executar ao longo de todo o perímetro das paredes, de uma secção de 0,30 x 0,80 m², e colocadas uma de cada lado daquela, prevendo-se a ligação entre si através de varões dywidag (pré-esforçados). Estas vigas iriam transmitir o peso da parede a um conjunto de pares de estacas de diâmetro 600 mm que por sua vez transmitem a carga ao terreno;
- As vigas de suspensão das paredes do saguão e da parede tardoz seriam executadas com a face inferior à cota das lajes do piso 1. As vigas de suspensão das paredes das caixas de escada seriam executadas com a face inferior à cota da laje do piso 0;
- Estava previsto as estacas serem executadas a partir da plataforma de trabalho do terreno existente, cotas próximas da soleira dos edifícios 90 e 94 e cota do logradouro. Era necessário executar pilares sobre cada estaca para efetuar o seu prolongamento para ligação às vigas de betão armado;
- Estava projetado estas estacas serem contraventadas entre si em altura através de treliças constituídas por perfis metálicos do tipo HEB e HEA, os quais rigidificam a estrutura para a mesma resistir às ações horizontais e as ações resultantes da inclinação com a vertical das estacas, situação tolerável na execução deste tipo de elementos;
- Estas estruturas, vigas de betão, maciços de encabeçamento das estacas, estacas e estruturas metálicas de contraventamento foram provisórias durante a fase construtiva e teriam de ser demolidas posteriormente.

Após a execução dos trabalhos anteriores, o projeto previa a execução de uma escavação corrente recorrendo a um sistema de contenção periférica tipo “muro de Berlim” com microestacas e cachorros metálicos para transmissão de esforços verticais e ancoragens para contenção dos esforços horizontais.

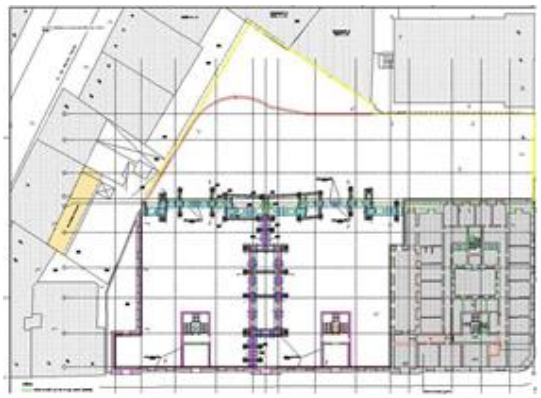


Figura 12 – Projeto planta das vigas de suspensão

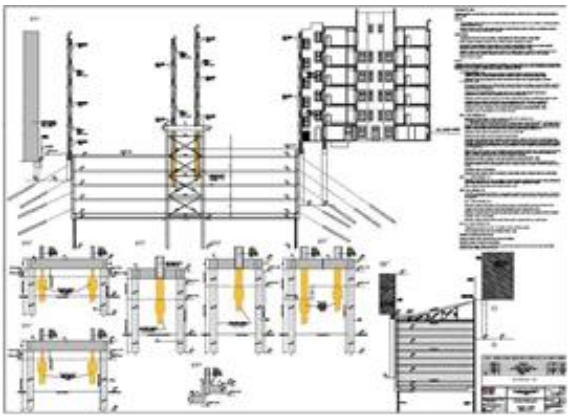


Figura 13 – Alçados e cortes do sistema de suspensão

3. DIAGNÓSTICO, PATOLOGIAS, DIFICULDADES E DESAFIOS

A entrada da empresa HCI – Construções como adjudicatária desta empreitada e face ao histórico dos edifícios, bem como o projeto da A2P que recebemos do Dono da Obra para uma intervenção em primeira fase a título de urgência e numa segunda fase com uma grande complexidade, obrigou a uma necessidade de estudar e encontrar soluções que se adaptassem, na fase de obra, ao desafio que se adivinhava.

As soluções estudadas basearam-se na experiência da HCI Construções em obras similares, a qual permitiu conferir a esta intervenção uma garantia sólida de boa execução e rigor técnico, bem como de cumprimento de prazos solicitados pelo Dono da Obra. Na solução proposta que foi apresentada, baseada em grande parte no estudo do projeto e nas soluções preconizadas para estabilização estrutural de fachadas, foi tido sempre em conta o objetivo de preservar o grande valor patrimonial para o Dono da Obra e a segurança das pessoas.

As condições geotécnicas locais, estabeleciam apenas duas zonas geotécnicas ZG1 e ZG2/ZG3 (calcários acinzentados, argilito e solo areno argiloso com NSPT > 60 e solos argiloso e arenoso com consistência média a rija com 4 < NSPT < 37 pancadas respetivamente). Quanto ao nível de água, o relatório concluiu que a execução de uma escavação seria realizada a seco até uma profundidade de 16 m.

Tanto quanto foi, nessa fase, possível verificar, não foram realizados estudos destinados a aferir a profundidade das fundações existentes, nomeadamente daquelas que estavam mais diretamente implicadas nas obras de escavação previstas.

As sucessões de operações previstas em projeto serviam apenas como elemento orientador, devendo ser adaptadas de acordo com as condições realmente encontradas pelo empreiteiro no decorrer da obra.

Do fraco estado de conservação e degradação estrutural resultou a necessidade de um estudo aprofundado e caracterização da estrutura existente para adoção da metodologia de trabalho mais segura. Foi este o ponto-chave da abordagem do trabalho envolvido, pois o risco que tal análise comporta implica com a segurança humana, com os valores do imóvel, com os imóveis vizinhos e com os meios para a realização da empreitada.

Desta forma, iniciámos os levantamentos, diagnósticos e verificações do estado de conservação dos elementos estruturais encontrados. A HCI montou uma sequência de atividades preliminares antes da execução dos trabalhos e que resumimos da seguinte forma:

- Reconhecimento geral da zona da obra e sua envolvente, para eventual adaptação do projeto em função dos resultados obtidos;
- Execução de vistoria e instalação de dispositivos de observação a todas as edificações existentes nas

proximidades da escavação;

- Na zona de escavação foi feito levantamento para definição de processos adequados para a remoção de eventuais obstáculos que poderiam interferir com os trabalhos subsequentes nomeadamente remoção das infraestruturas existentes e elementos estruturais antigos e inadequados;
- Estudo e criação de plataformas de trabalho novas e adaptação das existentes;
- Execução da vedação em toda a zona do edifício a demolir, bem como das plataformas inclinadas rígidas destinadas à recolha de materiais e ferramentas que pudessem cair durante a execução da demolição. Colocação de andaimes na fachada para acesso e proteção do pessoal;
- Confirmação do corte geral dos fornecimentos públicos de energia elétrica, gás, água e outros;
- Garantir que as condições atmosféricas ou outras causas imprevistas não pudessem derrubar elementos estruturais em avançado estado de colapso;
- Confirmação da possibilidade de aproveitar as aberturas existentes nos pisos para a remoção de materiais até ao nível do piso térreo, processando-se depois a sua retirada;
- Realização de uma avaliação dos elementos ao nosso dispor, projeto de execução, análise do projetista patente nos seus documentos, visitas ao local e do conhecimento dos agentes envolvidos na anterior intervenção a que conseguimos chegar, garantindo o maior conhecimento possível das várias situações que caracterizavam a particularidade desta empreitada.

Concluímos que o edifício se encontrava originalmente bem fundado, por intermédio de arcos de fundação que se apoiavam em pegões que se prolongavam até às cotas de terreno competente, quando não eram, inclusivamente, diretas e contínuas. Nalguns casos, estas fundações foram alteradas, demolidas e o interior dos edifícios escavado de forma irregular, para viabilizar uma proposta arquitetónica do projeto anterior. Por outro lado, o logradouro foi alvo de uma intervenção de escavação provisoriamente entivada, do tipo Munique, que foi interrompida de forma aparentemente súbita, tendo sido feitos aterros parciais dos referidos muros. Confirmou-se que o volume da demolição previsto executar, a proximidade de edifícios contíguos ao lote, o estado de degradação, a instabilidade estrutural do edifício e o colapso parcial já verificado anteriormente conferiam a esta empreitada uma complexidade técnica elevada. Constatámos, de forma apreensiva, que o estado de alguns dos imóveis contíguos cuja capacidade de receber os impactos desta empreitada era limitada, justificava especial atenção, preparação prévia e acompanhamento permanente.

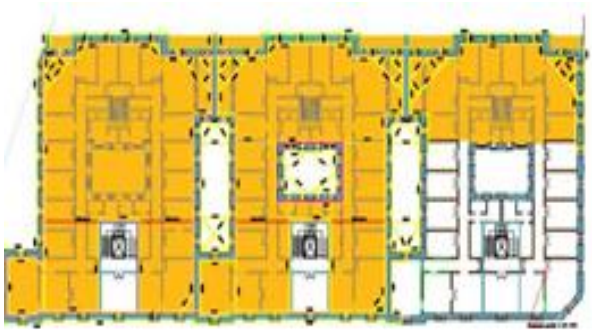


Figura 14 – Programa de demolições acima do piso 3

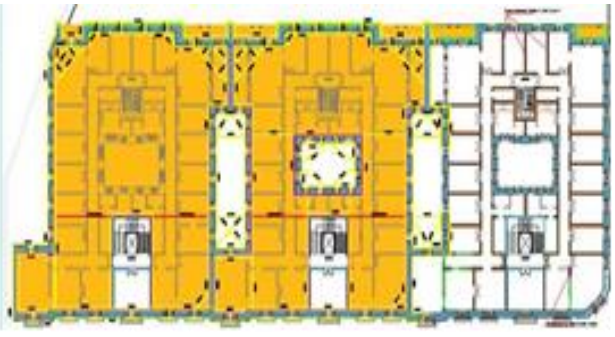


Figura 15 – Programa de demolições abaixo do piso 3

A precária contenção nas escavações anteriormente realizadas nos edifícios 90 e 94 (uma parcialmente colapsada e outra com deformações graves) deveria ter um tratamento estabilizador antes do início dos trabalhos. A quantidade de lajes cuja entrega em paredes resistentes estava parcialmente eliminada era extensa.

Constatámos que as demolições a realizar na área de tardoz dos edifícios 90 e 94 apresentavam dificuldades impeditivas da circulação de pessoas e máquinas, uma vez que esta zona se encontrava fragilizada pelas demolições e pela escavação anteriormente realizadas nas áreas centrais dos edifícios, o que interditava o seu acesso.

O equilíbrio de terras preconizado para o logradouro e a realizar no início da empreitada resultou numa vantagem funcional para a execução da obra. Daqui pôde tirar-se partido para a execução de um bom estaleiro de apoio, cuja influência no rendimento das atividades de remoção e transporte de resíduos, na preparação de armaduras, na preparação da projeção de betão e no parqueamento de estrutura metálica, teve particular importância.

Também estávamos condicionados pela imposição municipal para a rápida intervenção e pela rentabilização do avultado investimento que o imóvel seguramente implicava.

A extensa dimensão da obra permitiria a abertura de frentes de trabalho generosas. Mas a interpretação e diagnóstico do comportamento do edificado no seu todo durante a intervenção foi especialmente difícil e obrigou ao acompanhamento de técnicos experientes e em permanência.

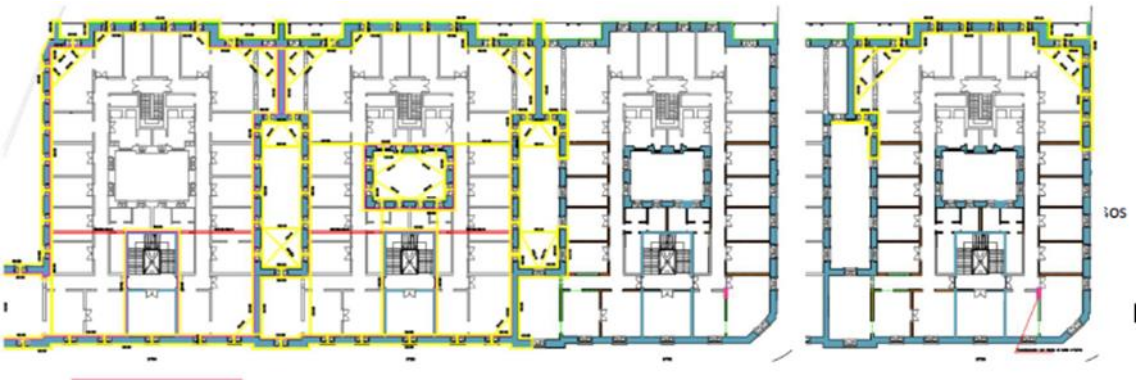


Figura 16 – Demolição e contenção de fachada – Ajustes em obra



Figura 17 – Suspensão fachadas planta

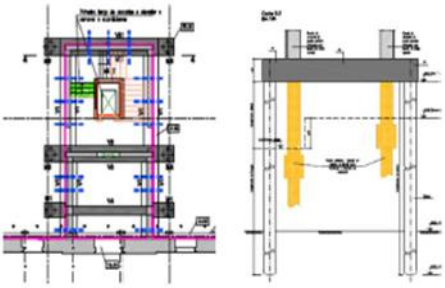


Figura 18 – Suspensão das caixas de escadas

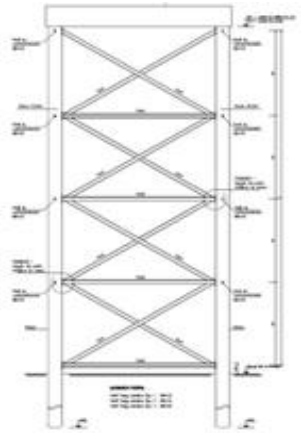


Figura 19 – Contraventamento das estacas com perfis metálicos

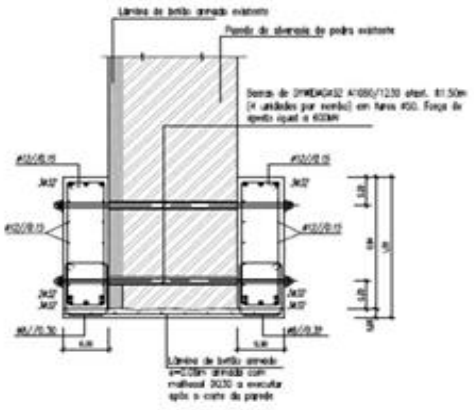


Figura 20 – Corte tipo das vigas de suspensão e varões dywidag

4. DEMOLIÇÃO E CONTENÇÃO DE FACHADAS

4.1. Metodologia

Passando para a descrição da execução dos trabalhos efetivamente realizados, no caso dos edifícios 90 e 94 a intervenção necessária tendo em conta o seu atual estado de conservação, a operação passou pelo desmonte das coberturas e de toda a estrutura interior, incluindo pavimentos de madeira, paredes de alvenaria de tijolo, de pedra, de tabique, assim como dos elementos de estrutura metálicos e de betão armado introduzidos pela empreitada anterior, preservando-se as paredes exteriores de fachadas, as paredes dos saguões dos edifícios e as paredes dos núcleos das escadas principais.

Foi, conforme já referido, necessário adotar uma estrutura provisória para contenção de fachadas, uma vez que ficaram sem o contraventamento proporcionado pelos pisos após as demolições da zona interior. As demolições das coberturas e do interior dos edifícios foram executadas de cima para baixo, de acordo com o seguinte faseamento nas áreas onde era possível a circulação em segurança de pessoas e equipamentos:

- Montagem de uma estrutura e revestimento que evitassem a queda de fragmentos;
- Antes do início da demolição foram retirados dos edifícios todos os entulhos soltos que ainda subsistiam, e selecionados os elementos com interesse para eventual reaproveitamento;
- Aterro das duas escavações da empreitada abandonada como meio auxiliar da segurança da contenção existente. O aterro, executado sem cuidados de maior, tinha por objetivo impedir o colapso da contenção (como o que já se tinha verificado em alguns locais);
- Foi executado um escoramento global de todas as lajes dos dois edifícios com prumos extensores, auxiliados por vigamentos de madeira, com afastamentos aproximados a 1,5 m em ambas as direções. e posteriormente retirados, por piso e em conjunto com a demolição da laje imediatamente superior. Esta medida também permitiu a circulação de equipamentos nas lajes;
- Remoção cuidada dos escoramentos provisórios antigos que estavam colapsados e sobrecarregavam as paredes existentes;
- Construção de uma cobertura provisória por cima das caixas de escadas a preservar;
- Após os procedimentos anteriores, passámos a executar a demolição, de cima para baixo, iniciando-se na cobertura;
- Na cobertura, em primeiro lugar foram retiradas as telhas, seguida da estrutura secundária -ripas e varas - e finalmente da estrutura principal, tendo havido o cuidado de, quando necessário, criar atirantamentos ou travamentos provisórios do coroamento das paredes, em especial nas zonas dos cunhais;
- Foram demolidos os interiores dos edifícios (de cima para baixo), executando-se as lâminas de betão no interior das paredes de alvenaria à medida que se foi procedendo à demolição (de cima para baixo), bem como a montagem das estruturas de contraventamento provisórias;
- Em cada piso com estrutura de madeira, foram demolidos em primeiro lugar os revestimentos acima (soalhos) e abaixo (estuques sob fasquiado) do pavimento, seguidos da demolição das vigas secundárias e tabiques e, por último, das vigas principais e das paredes interiores portantes subjacentes.

4.2. Ilustração da Execução



Figura 21 – Lâmina de reforço e contramentamento metálico



Figura 22 – Demolição de paredes do piso 1 e escoramento dos pisos superiores



Figura 23 – Demolições no piso 0

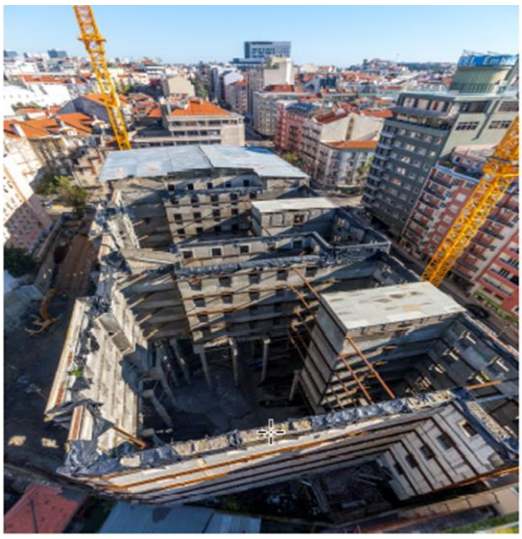


Figura 24 – Imagem aérea da demolição e contraventamento

5. SUSPENSÃO DA FACHADA TARDOZ

5.1. Metodologia

Antes de se poder executar a fase de escavação e contenção e imediatamente após a execução da demolição e escoramentos dos edifícios intervencionados, foi necessário construir uma estrutura provisória de betão armado para se poderem suspender quer as fachadas tardoz, quer os alçados do saguão entre os edifícios 90 e 94. Também as duas caixas de escada que se pretendia preservar para futura reabilitação foram suspensas pelo mesmo método que agora descrevemos:

- Execução das estacas, incluindo a furação com trado contínuo e entubamento recuperável na

profundidade de terreno superficial, colocação de armaduras com emendas por soldadura, betonagem e saneamento da cabeça da estaca numa altura mínima de 0,50 m;

- Execução do troço em pilar de prolongamento em altura de cada estaca para ligação às vigas de suspensão a executar à cota do piso 1 nas paredes tardoz e saguão;
- Execução das vigas de ligação às paredes existentes incluindo a montagem de andaime de acesso, cofragem e escoramento provisório de suporte desta entre a plataforma de trabalho (piso 0) e o piso 1 onde as vigas são executadas. Colocação dos varões dywidag, montagem de armaduras e betonagem;
- Aplicação do pré-esforço nos varões dywidag;
- De seguida, e em simultâneo com a progressão da escavação e contenção, foram montadas estruturas metálicas de contraventamento das estacas com perfis HEA e HEB;
- Também em simultâneo com a escavação foi efetuada a demolição dos pegões de fundação das paredes existentes suspensas.

5.2. Ilustração da Execução



Figura 25 – Execução de pilares por cima das estacas para ligação às vigas de suspensão



Figura 26 – Construção de vigas de suspensão da fachada



Figura 27 – Caixa de escada suspensa com estacas e vigas de suspensão



Figura 28 – Demolição das fundações das paredes a suspender



Figura 29 – Fundo de escavação com o edifício suspenso



Figura 30 – Vista da suspensão e contenção das fachadas

6. ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA

6.1. Metodologia

Esta fase da obra foi dividida em duas fases, uma primeira entre os alinhamentos A e J (Edifícios 90, 94 e logradouro) onde foram executadas as estruturas de suspensão das paredes existentes e as paredes de contenção no interior do edifício e logradouro, e uma segunda fase que decorreu entre os alinhamentos J e O em que foi realizada a escavação da rampa e executadas as paredes da contenção.

O faseamento dos trabalhos entre os alinhamentos A e J, genericamente foi feito da seguinte forma:

- Colocação dos perfis verticais HEB120 incluindo a execução de furos com 8” de diâmetro mínimo, colocação do perfil, selagem no comprimento da ficha com calda de cimento e preenchimento do furo em torno do perfil com areia;
- Execução das microestacas, incluindo a furação de furos com 152 mm de diâmetro mínimo, colocação do tubo TM80 101,6 x 9, injeção do tipo IRS;
- Execução das vigas de coroamento, incluindo abertura de vala com comprimento igual à altura da viga somada do comprimento de amarração das armaduras do painel inferior. Colocação das armaduras, preenchimento com areia até à cota da face inferior da viga;
- Ligação dos perfis verticais e microestacas à viga de coroamento através respetivamente de perfis horizontais HEB120 e HEB140 (cachorros);
- Escavação geral deixando banquetas nas frentes de contenção com mínimo de 3 m de profundidade no topo;
- Demolição simultânea dos pegões de fundação das paredes existentes suspensas, bem como diversos elementos estruturais executados na empreitada de estruturas anterior, tais como fundações em betão armado, paredes em betão armado, microestacas antigas, algumas paredes de contenção periférica antigas incluindo as ancoragens e perfis de canto e pranchas de madeira;
- Execução em simultâneo com a escavação das estruturas metálicas de contraventamento das estacas com perfis HEA e HEB;
- Escavação em banquetas nas zonas correspondentes aos painéis primários e secundários. A escavação foi feita por forma a deixar aberta apenas a área correspondente à execução dos painéis primários acrescida

do espaço referente aos varões de espera;

- Escavação localizada sob os arcos de fundação das paredes existentes para execução das vigas de recalçamento destas;
- Na sequência da descida dos painéis da contenção executava-se a Ligação dos perfis verticais e micro-estacas ao painel através, respetivamente, de perfis horizontais HEB120 e HEB140 (cachorros);
- Também em coordenação com a execução dos painéis e da escavação geral executou-se as ancoragens, incluindo furação com um diâmetro mínimo de 152 mm, colocação do sistema de pré-esforço, injeção do tipo IRS e tensionamento.

No caso do faseamento dos trabalhos entre os alinhamentos J a O, o sistema de contenção por muros de Berlim foi executado. A metodologia de trabalho foi semelhante à do alinhamento A a J. As grandes diferenças neste caso, residiram no facto de não existir nesta zona o sistema de suspensão de paredes de alvenaria, na impossibilidade de ter acesso com meios e máquinas pesadas e de termos um sistema de contenção das paredes dos muros de Berlim executada com grandes asnas metálicas. Este sistema de contenção, diferente da metodologia anterior, foi fruto da impossibilidade de execução de ancoragens provisórias para terrenos vizinhos com caves à mesma cota, revelando-se grande causador de dificuldade na escavação e na retirada da rampa de acesso ao logradouro.

6.2. Ilustração da Execução

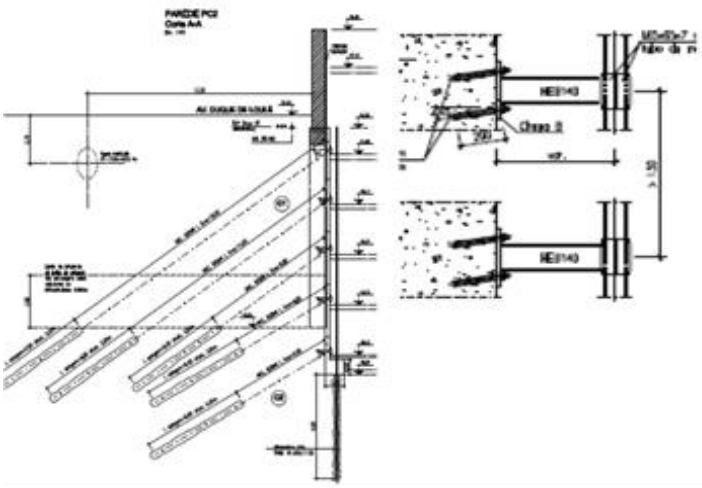


Figura 31 – Esquema das paredes moldadas implementado em obra



Figura 32 – Aberturas de painéis primários



Figura 33 – Paredes moldadas e vigas de suspensão da caixa do elevador



Figura 34 – Vista aérea da escavação do logradouro



Figura 35 – Paredes do saguão suspensas



Figura 36 – Execução de ancoragens durante a fase de escavação

7. CONCLUSÕES

Foi objetivo desta exposição apresentar, em traços gerais, as grandes dificuldades tanto no diagnóstico como no estudo do projeto e na respetiva adaptação à realidade da obra. Descreveu-se sequencialmente o processo de intervenção em todas as suas fases, dando conta da forma como a articulação entre o trabalho do projetista e do empreiteiro levaram à resolução de um grave problema estrutural gerado por uma intervenção anterior catastrófica.

De salientar a importância de que se reveste, numa empreitada deste calibre e com o grau de risco que a recuperação deste conjunto de edifícios acarretava, a opção por empresas e profissionais capazes de dar resposta a situações de grande complexidade, como a empreitada em causa.

Refira-se, também a excelente articulação do trabalho da HCI Construções e do projetista, principalmente na forma como, em sintonia, souberam gerir o projeto, planeando e adaptando-o às necessidades reais da empreitada, à medida que a concretização da obra ia impondo novos desafios.

REFERÊNCIAS

A2P, 2014 – **Projeto de licenciamento da demolição, contenção das fachadas, e contenção periférica dos edifícios n.º 86 a 94 da Av. Duque de Loulé**. fevereiro 2014.

COELHO, Silvério, 1996 – **Tecnologia de fundações**. Lisboa: E. P. Gustave Eiffel.

DESEMPENHO DE CONCRETOS COM ADIÇÕES MINERAIS, SUBMETIDOS A ÍONS CLORETO, QUANTO À TÉCNICA DE POTENCIAIS DE CORROSÃO - UMA ANÁLISE ESTATÍSTICA E DE ENGENHARIA

PERFORMANCE OF CONCRETE WITH MINERAL ADDITIONS SUBMITTED TO CHLORIDES IN TO THE CORROSION POTENTIAL TECHNIQUE – A STATISTICAL AND ENGINEERING ANALYSIS

Andrielli Morais de Oliveira [(1)], Oswaldo Cascudo [(2)], Alexandre de Castro [(3)], Helena Carasek [(4)]

(1) LABITECC, Universidade Federal de Goiás – UFG, Brasil, andriellimorais@ufg.com.br
(2) LABITECC, Universidade Federal de Goiás – UFG, Brasil, ocascudo@gmail.com
(3) Laboratórios de Engenharia Civil de Furnas/Eletrobras Furnas, Brasil, alexcasp@furnas.com.br
(4) LABITECC, Universidade Federal de Goiás – UFG, Brasil, hcarasek@gmail.com

RESUMO

A técnica eletroquímica de potenciais de corrosão é uma ferramenta importante para mapear e detectar áreas da estrutura de concreto com grande probabilidade de corrosão nas armaduras. Neste trabalho, vários tipos de concretos com adições minerais, expostos em ambiente agressivo contendo cloretos, foram avaliados quanto à sua capacidade de proteger à armadura da corrosão. Para tanto, utilizou-se valores de potenciais de corrosão monitorados por 308 dias. Foram empregadas adições minerais de cinza volante, sílica ativa e metacaulim, em teores de substituição de cimento (em massa) de 30%, 10%, 10%, respectivamente. Além da influência do tipo de concreto, foi analisada também à influência da relação água/ligante (a/lig) (0,40 e 0,55) usada. Como resultado, a análise estatística mostrou que as duas variáveis independentes (relação a/lig e tipo de concreto) exercem influência significativa nos valores de potenciais de corrosão, assim como a interação dessas variáveis. O método estatístico de agrupamento de médias de Duncan indicou dois grupos distintos de relação água/ligante e 4 grupos por tipo de concreto: concreto com cinza volante, concreto com metacaulim, concreto com sílica ativa e concreto sem adições, dispostos na sequência de valores mais positivos para valores menos positivos e, portanto, mais eletronegativos de potencial de corrosão. Do ponto de vista prático, apenas os concretos sem adições apresentaram despassivação das armaduras. Assim, para maior durabilidade das estruturas de concreto armado em ambientes agressivos, sobretudo contendo cloretos, fica nítida a necessidade de se utilizar adições minerais para retardar o fenômeno da corrosão. Ao mesmo tempo, ressalta-se a importância de produzir concretos com baixas relações a/lig e dificultar a entrada de agentes agressivos para o acréscimo de vida útil das construções.

Palavras-chave: Potencial de Corrosão / Técnicas Eletroquímicas / Cloretos / Adições Minerais / Durabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Resultados da literatura apresentam a perspectiva de que o uso de adições minerais em estruturas de concreto armado pode aumentar a sua durabilidade, incluindo uma melhor microestrutura e um possível retardo no processo de corrosão das barras de aço (Moon, Shin, 2006; Keleştemur, Demirel, 2010; Andrade, Bujác, 2013; Franco-Luján *et al*., 2019; Gopalakrishnan, Jeyalakshmi, 2020).

Ao mesmo tempo, são evidentes os prejuízos financeiros, sociais, técnicos e ambientais causados por corrosão de armaduras em estruturas de concreto não compatíveis com o ambiente no qual estão inseridas, sobretudo ambientes agressivos, os quais podem conter cloretos. Em casos extremos pode haver inclusive colapsos estruturais (Folha de São Paulo, 2007; 2019).

Para monitoramento da resistência à corrosão de armaduras, a técnica eletroquímica de potenciais de corrosão é interessante por permitir aplicações em campo. Seu princípio baseia-se na medida do potencial eletroquímico de um eletrodo metálico, no caso a armadura da estrutura, em relação a um determinado eletrodo de referência (Cascudo, 1997; 2005). Dentre os eletrodos de referência mais comuns, utilizados para o concreto armado, destacam-se os eletrodos de cobre/sulfato de cobre ($Cu/CuSO_4$), calomelano saturado (Hg/Hg_2Cl_2) e prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) (Bentur, Diamond, Berke, 1997).

Pesquisadores ressaltam que o uso de análises estatísticas em resultados experimentais, inclusive de proteção contra a corrosão de armaduras, pode permitir uma melhor inferência e avaliação dos dados obtidos, contribuindo com um viés probabilístico, além do viés técnico-científico, dando assim a possibilidade de uma tomada de decisão de engenharia mais acertada (Taji *et al*., 2019).

O objetivo do presente artigo é avaliar a capacidade do concreto em proteger a armadura do processo de corrosão do aço. Esta avaliação será realizada com uso da técnica de potencial de corrosão, tendo-se como variáveis o tipo de concreto (com e sem adição mineral) e a relação água/ligante (0,40 e 0,55). As adições utilizadas foram a cinza volante (F – fly ash), a sílica ativa (S – silica fume) e o metacaulim (M – metakaolin), em teores de substituição de cimento (em massa) de 30%, 10% e 10%, respectivamente. A situação do concreto de referência ou de controle (C – sem adição mineral) também foi estudada. Para tanto, as armaduras dos corpos de prova de concreto tiveram seus valores de potenciais de corrosão monitorados semanalmente durante 44 ciclos de imersão e secagem em solução agressiva contendo cloretos, dentro de um período total de tempo de 308 dias.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

Foram estudados, ao total, 8 tipos de concreto (três com adições minerais e um de referência/controle (sem adições minerais) e duas relações a/lig (0,40 e 0,55).

2.1. Materiais utilizados

Os concretos utilizados neste trabalho foram produzidos com:

- ✓ cimento brasileiro tipo CP II F-32, composto por filer, clínquer e gesso (similar ao cimento europeu tipo CEM II/A-L) e adições minerais de cinza volante (F), sílica ativa (S) e metacaulim (M);
- ✓ pedra britada de rocha metafórmica de micaxisto, como agregado graúdo, classificado na zona granulométrica 9,5/25 (ABNT NBR 7211, 2009) e areia natural quatzosa (como agregado miúdo), classificada na zona utilizável inferior de distribuição granulométrica (ABNT NBR 7211, 2009);
- ✓ aditivos químicos plastificantes, fios elétricos e aço carbono CA-50 com diâmetro nominal de 10 mm para

armadura longitudinal e aço carbono CA-60 com 5 mm de diâmetro nominal para estribos.

Os concretos tiveram adições minerais em misturas binárias, utilizadas em valores percentuais e substituição parcial à massa de cimento. Foram utilizadas cinza volante no teor de 30%, sílica ativa no toer de 10% e metacaulim também no teor de 10%. Esses teores de adição, bem como as variáveis e os concretos estudados foram definidos com base em pesquisas anteriores da literatura (Carasek, Cascudo, 2001; Castro, 2003; Ferreira, 2003).

2.2. Armaduras, moldagem, cura e armazenagem dos corpos-de-prova

Os corpos de prova tiveram geometria cúbica (15 x 15 x 15 cm) com quatro armaduras (barras de aço) longitudinais embutidas (10 mm de diâmetro e comprimento total de 15 cm), envolvidas por dois estribos (6,3 mm de diâmetro) (OLIVEIRA, CASCUDO, 2018). A quantidade de armaduras nos corpos de prova foi concebida para que a medida do potencial de corrosão pudesse ser representada por 4 repetições em cada condição de estudo. Uma porção bem definida da armadura (5 cm de comprimento) posicionada dentro do concreto foi exposta à corrosão induzida por cloretos. Oliveira e Cascudo (2018) apresentaram detalhes do modelo de corpo de prova e armadura utilizados. Foi estabelecido um cobrimento da armadura de 2,5 cm. A moldagem foi realizada em ambiente controlado (25 ± 2 °C). Os procedimentos de mistura foram iguais para todos os concretos e mencionados por Oliveira (2007). Foi realizada cura em câmara úmida (temperatura de 23 ± 2 °C e umidade superior a 90%) até a idade de 28 dias e, após isso, os corpos de prova permaneceram em local seco e protegido de intempéries até a idade de ensaio.

2.3. Método de indução, desenvolvimento e monitoramento da corrosão das armaduras sob a ação de cloretos

A indução da corrosão nas armaduras consistiu em submeter os corpos-de-prova a ciclos de imersão e secagem em solução agressiva rica em cloretos (NaCl diluído a 5% em massa ou 0,855 M[1]). Os ciclos foram semanais, constituindo-se de 2 dias de imersão e 5 dias de secagem em ambiente com temperatura em torno de 40 °C e umidade relativa do ar de (50 ± 5)%. A imersão foi realizada em reservatório prismático, estando o nível da solução aproximadamente na metade da altura dos corpos-de-prova, isto é, a 7,50 cm do topo dos corpos-de-prova para evitar o contato direto da solução com a parte externa das barras de aço. A solução foi substituída a cada 28 dias, de forma a garantir um nível de aeração suficiente para indução e desenvolvimento da corrosão.

Salienta-se que todos os corpos-de-prova foram submetidos às mesmas condições de ataque por íons cloretos, totalizando 308 dias, o que corresponde a 44 ciclos semanais de submissão à condição agressiva com cloretos. A leitura dos potenciais de corrosão foi tomada imediatamente após a saída dos corpos-de-prova da imersão, ou seja, com corpos de prova saturados.

O equipamento utilizado para execução da medida eletroquímica de potencial de corrosão foi um potenciostato Voltalab 40 PGZ 301, versão 1.6, fabricado pela Radiometer Analytical e gerenciado pelo software Voltamaster 4, versão 6.02. Na Figura 1 (a) é apresentado o potenciostado utilizado, na Figura 1(b) é exibida a interface do software Voltamaster que gerencia o potenciostato e na Figura 1(c) é exposto a célula Dummy" ou "rcb 200" que verifica a calibração do potenciostato. Uma gaiola de Faraday com fios elétricos de circuito aterrado foi utilizada com a finalidade de evitar quaisquer interferências nas medidas eletroquímicas. Uma célula de três eletrodos foi utilizada, sendo eletrodo de calomelano saturado – ECS como eletrodo de referência, barra de aço embutidas aos corpos de prova de concreto como eletrodo de trabalho e chapa de aço inoxidável disposta em uma face lateral externa ao corpo-de-prova, como contra-eletrodo. Entre a chapa de aço e a superfície do concreto foi

[1] Cascudo (2000); Oliveira e Cascudo (2018).

inserida uma esponja umedecida com água para favorecer o contato elétrico entre as duas partes. A mesma célula foi utilizada por Oliveira e Cascudo (2018).



Figura 1 – (a) Potenciostato utilizado tipo *Voltalab* 40 PGZ 301 versão 1.6, (b) Interface do *software* Voltamaster 4, versão 6.02 e (c) "Célula *Dummy*" ou "rcb 200" do potenciostato Voltalab 40 PGZ 301, versão 1.6 *Dummy*

A técnica eletroquímica de potencial de corrosão foi empregada para monitorar a corrosão ao longo do tempo (44 ciclos semanais) e, de acordo com o método da ASTM C876/91[2] (ASTM, 2003), pode-se associar valores desse potencial a faixas de probabilidade de corrosão (medidas com eletrodo de referência de calomelano saturado – ECS). Desta forma, valores de potenciais de corrosão mais eletronegativos que - 276 mV são associados à probabilidade de corrosão nas armaduras maior de 90%; valores mais positivos que - 126 mV, a probabilidade de corrosão é menor que 10% e entre -126 mV e -276 mV, a probabilidade de ocorrer corrosão nas armaduras é incerta.

2.4. Análise estatística dos dados

Foi realizada uma análise estatística dos valores obtidos de potencial de corrosão durante o período de execução dos ciclos. Avaliou-se influência da relação a/lig e do tipo de concreto. O modelo estatístico adotado, projeto fatorial com dois fatores fixos, está representado na Equação 1.

$$Xij = \mu + \alpha i + \beta j + \alpha\beta ij + \varepsilon ij \quad (1)$$

Xij = resultado individual, qualquer, de potencial eletroquímico; μ = média geral; αi = efeito da relação a/lig; βj = efeito do tipo de concreto; αβij = efeito da interação da relação a/lig com o tipo de concreto; εij = termo de erro aleatório (dentro de cada combinação das variáveis de estudo).

Para testar a significância do projeto fatorial, foi efetuada uma análise de variâncias – (ANOVA), empregando-se o *software Statistica - StatSoft®*. Salienta-se que os experimentos fatoriais permitem expressar conclusões gerais dos efeitos das variáveis independentes e suas respectivas interações, o que é mais interessante do que a análise de cada variável tomada isoladamente.

3. RESULTADOS RELACIONADOS À TERMODINÂMICA DO PROCESSO ELETROQUÍMICO: MONITORAMENTO DO POTENCIAL DE CORROSÃO COM O TEMPO DE ATAQUE

As Figuras 2 e 3 apresentam os resultados médios das medidas de potenciais de corrosão com o tempo de ataque (ciclos) para cada tipo de concreto, considerando as duas relações a/lig 0,40 e 0,55 adotadas.

No que se refere à influência da relação a/lig, das figuras anteriores, pode-se notar uma tendência comum de que, em presença de íons cloreto, os valores de potencial de corrosão são mais eletronegativos para relações água/ligante maiores e isso é mais evidente para concretos sem adições. É interessante observar que, por

[2] Embora a versão mais atual da norma seja ASTM C876 (2015), teve-se acesso à versão anterior da mencionada norma técnica.

hipótese, a menor alcalinidade dos sistemas com adições minerais, que tenderia a produzir películas de passivação menos densas e consolidadas em comparação àquelas dos concretos de controle (de maior pH da solução do poro), não se refletiu em potenciais mais eletronegativos em relação aos potenciais dos sistemas de controle/referência (sem adições).

Nos períodos iniciais de monitoramento, os potenciais de todos os corpos-de-prova partem de uma mesma ordem de grandeza de potenciais (de uma faixa entre 0 e - 100 mV, em geral), porém os dois únicos casos sugestivos de despassivação das armaduras dão-se, justamente, com os concretos sem adições (despassivação do concreto de relação a/lig 0,40 em torno de 27 ciclos de ataque e do concreto de relação a/lig 0,55 em torno de 6 ciclos).

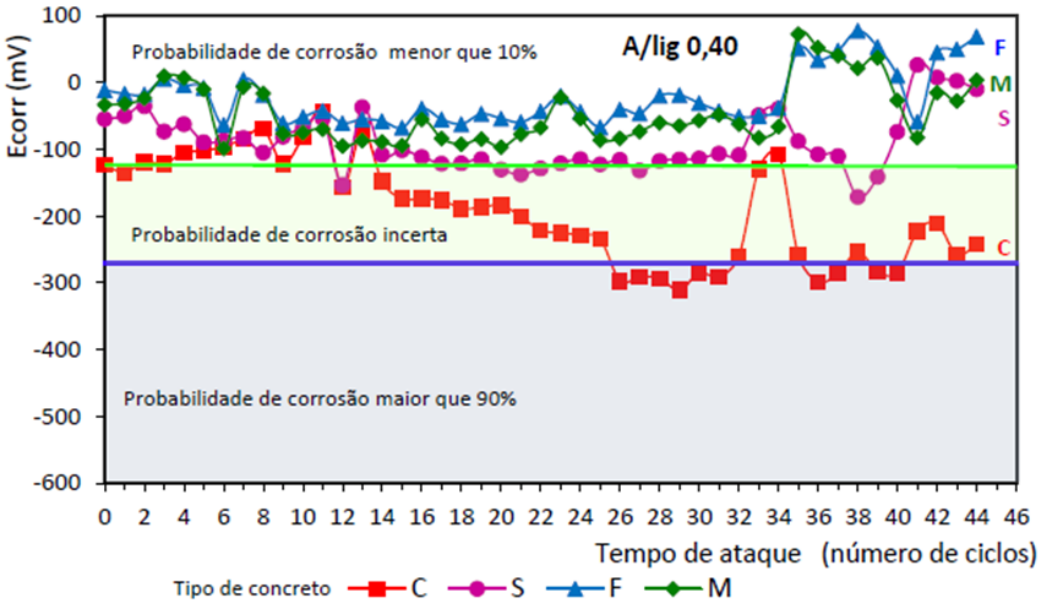


Figura 2 – Potenciais de corrosão *versus* tempo para os concretos de controle/referência (sem adições – C), com cinza volante (F), silica ativa (S) e metacaulim (M) com relação a/lig 0,40 (medidas em relação ao elétrodo de calomelano saturado – ECS)

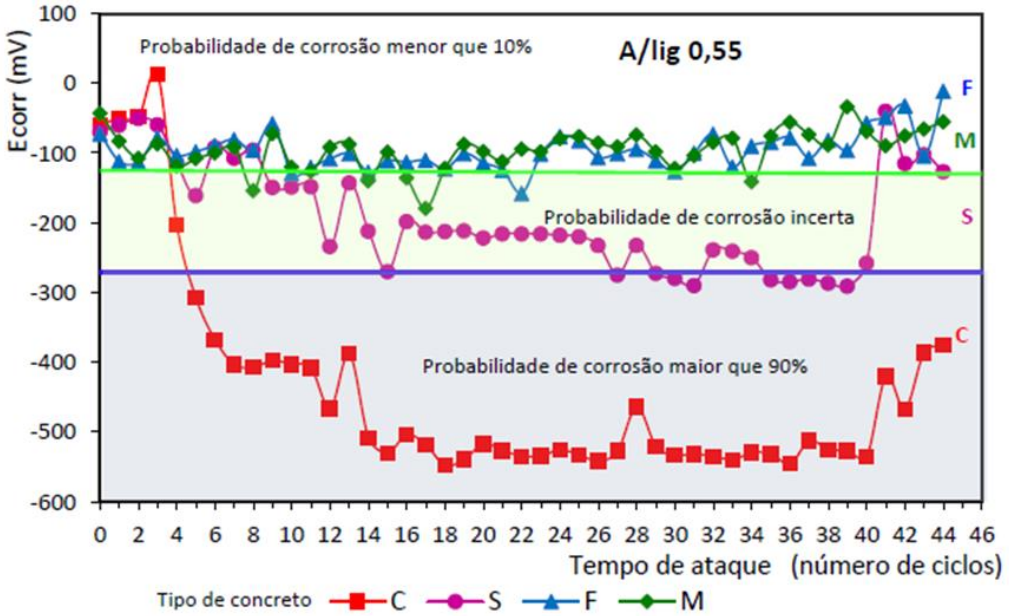


Figura 3 – Potenciais de corrosão *versus* tempo para os concretos de controle/referência (sem adições – C), com cinza volante (F), silica ativa (S) e metacaulim (M) com relação a/lig 0,55 (medidas em relação ao eletrodo de calomelano saturado – ECS)

No que se refere à influência das adições minerais, observa-se, das figuras anteriores, o nítido efeito benéfico que as adições minerais propiciam aos concretos, independente da relação água/ligante, promovendo valores de potencial de corrosão significativamente mais eletropositivos em relação aos concretos de controle. Desta forma, pode-se perceber que os concretos de controle, comparativamente aos concretos com adição mineral, exibem uma maior tendência à despassivação das armaduras quando inseridos em ambientes contendo íons cloreto.

Dentre os concretos com adições minerais, o monitoramento do potencial de corrosão do concreto com sílica ativa tende a apresentar valores mais eletronegativos que as demais adições, mas manteve-se em faixas de corrosão baixas e incertas. Desta forma, a sílica ativa, ao contrário do que se esperava, não obteve o melhor desempenho quanto ao potencial de corrosão. Cabe destacar o bom desempenho dos concretos com cinza volante, seguido pelos concretos com metacaulim e concretos com sílica ativa e, por fim, com o menor desempenho apresentado, os concretos sem adiçoes. Assim, mais uma vez fica evidente a eficácia das adições minerais no que se refere a proteger física e quimicamente a armadura, mantendo-a passivada o maior tempo possível. Conforme comentado anteriormente, somente os concretos de referência dão evidências inequívocas de despassivação da armadura ao longo dos 44 ciclos de ataque, sendo em torno de 27 ciclos e de 6 ciclos. Para tanto, adotou-se que a armadura estaria despassivada quando os valores de potenciais de corrosão passem a valores mais eletronegativos que - 276 mV, pelo menos, três medidas consecutivas, o que corresponde à região de probabilidade de corrosão superior a 90%.

A Figura 4 apresenta a magnitude mais eletronegativa de valores de potenciais de corrosão (Ecorr) das duas relações água/ligante para cada tipo de concreto. Analisando de forma simplista a Figura 3 e a influência da relação a/lig, a diferença entre as magnitudes do potencial de corrosão entre os concretos de controle é de - 237 mV. Essa diferença é menor para o concreto com sílica ativa (- 119 mV), cinza volante (- 90 mV) e metacaulim (- 80 mV). Pode-se perceber a eficácia das adições minerais na proteção da armadura.

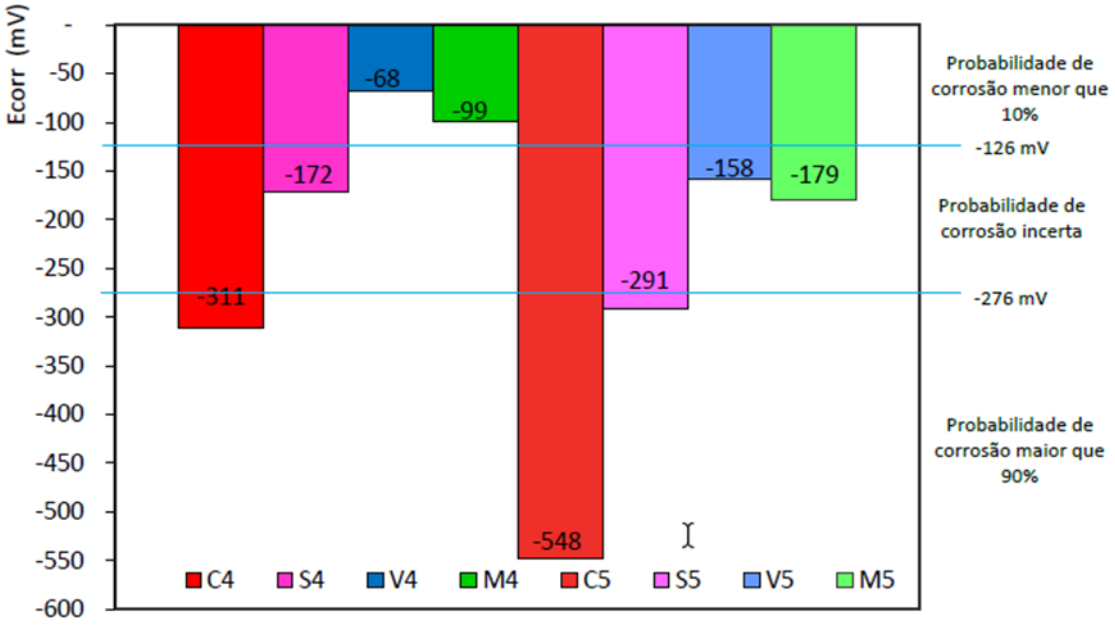


Figura 4 – Valores de magnitude mais eletronegativa de potenciais de corrosão (Ecorr)das duas relações água/ligante estudadas (0,40 e 0,55) para cada tipo de concreto: controle (sem adições – C), com cinza volante (F), com silica ativa (S) e com metacaulim (M), medidas em relação ao ECS

De uma forma geral, a interveniência das adições minerais no comportamento dos potenciais de corrosão com o tempo de ataque, onde a presença das adições minerais, independente do tipo e teor, promove um aumento no tempo de iniciação de corrosão. Este resultado é bastante significativo, pois, apesar de se tratar de ensaio

acelerado, sempre que se reporta a períodos de tempo até a despassivação permite-se discutir vida útil de elementos ou estruturas de concreto. No presente artigo, para se avaliar a vida útil, muito embora não se possa empregar diretamente o período de iniciação (em cada caso) e o ensaio de indução da corrosão por cloretos por tratar-se de um procedimento acelerado, é imediata a percepção de que concretos que não empreguem adições minerais em sua composição, terão certamente menor vida útil em serviço.

3.1. Análise estatística

Com os resultados médios de potencial de corrosão para cada tipo de concreto ao longo dos 44 ciclos de imersão, realizou-se uma análise estatística (ANOVA), contemplando uma análise global do experimento. Os resultados da análise estatística de variância (ANOVA) dos valores de potencial de corrosão estão exibidos na Tabela 1.

A análise estatística mostrou que o modelo fatorial é significativo, uma vez que o valor de $F_{calc.}$ é maior que o valor de F_{tab} e o valor resultante de R^2mod foi de 0,75, ou seja, 75% da variação total dos dados é explicada pelo modelo.

A análise de variâncias também mostrou que os efeitos individuais dos fatores tipo de concreto e relação água/ligante são estatisticamente significativos a um nível de confiança de 95%. Isto significa dizer que cada uma dessas variáveis, tomada isoladamente, exerce influência no potencial de corrosão e, da mesma forma, com base nos valores de Fcalc., pode-se constatar que a variável que mais interfere no potencial de corrosão é a relação água/ligante, vindo em seguida a variável tipo de concreto. A interação dupla do tipo de concreto e relação água/ligante também foi significativa, indicando que há uma sinergia entre esses fatores, ou seja, a influência que cada fator (variável), individualmente, exerce sobre o potencial de corrosão depende do outro fator e vice-versa.

Tabela 1 – Resultados da análise de variância (ANOVA) realizada com dados de potencial de corrosão, para os fatores ou variáveis independentes consideradas no modelo estatístico

Efeito	SQ	GL	MQ	Fcalc.	Ftab.	Resultado
Modelo	4917324,63	7	702474,95	148,56	2,04	Significativo
Tipo de concreto	3029987,55	3	1009995,85	213,60	2,63	Significativo
Relação a/lig	1455909,45	1	1455909,45	307,91	3,87	Significativo
Tipo de concreto x relação a/lig	452573,48	3	150857,83	31,91	2,63	Significativo
Erro (resíduo)	1626573,48	344	4728,41	--	--	--
R^2 mod = 0,75						

SQ = Soma dos quadrados; GL = Graus de liberdade; MQ = Média dos quadrados; F = Parâmetro de Fischer para o teste de significância dos efeitos; Fcalc.= F calculado; Ftab.= F tabelado; Resultado = resultado da análise, com indicação se o efeito é significativo ou não e R^2 mod = coeficiente de determinação do modelo

Após a análise de variância ter mostrado que as duas variáveis independentes (relação a/lig e tipo de concreto) exercem influência significativa nos valores de potencial de corrosão, assim como a interação dessas variáveis, realizou-se uma comparação múltipla de médias com todos os concretos considerados na ANOVA (considerando ao mesmo tempo as duas variáveis principais do experimento, anteriormente citadas). Essa comparação de médias realizada pelo método de Duncan, cujos agrupamentos em ordem decrescente de médias (no sentido da maior eletronegatividade, da esquerda para a direita) são mostrados na Figura 5.

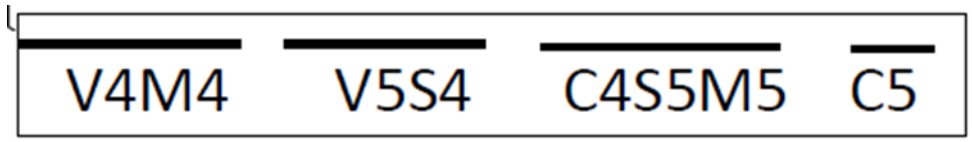


Figura 5 – Ordem decrescente de médias (valores mais positivos para os valores mais negativos) e disposição dos grupos definidos pela comparação múltipla de médias, por meio do teste de Duncan para os valores médios de potencial de corrosão, monitorados com o tempo

Vê-se, da Figura 5, que os resultados mais positivos de potenciais de corrosão foram os dos concretos de relação a/lig 0,40 compostos com cinza volante e com metacaulim (10%). Em seguida, aparecem os concretos de cinza volante (relação a/lig 0,55) e sílica ativa (relação a/lig 0,40). Um terceiro grupo contempla os concretos de controle com relação a/lig 0,40, bem como os de sílica ativa e de metacaulim, de relação a/lig 0,55. Por fim, com os potenciais de corrosão significativamente mais negativos dentre todos, tem-se o concreto de controle de relação a/lig 0,55.

A seguir, são comentados, individualmente, os efeitos da relação água/ligante e da adição mineral nos resultados medidos de potencial de corrosão.

- **Influência da Relação Água/Ligante**

Na Figura 6 são apresentadas as médias globais dos potenciais de corrosão, para cada relação a/lig, a um nível de confiança de 95% com o desvio padrão da média, dados esses extraídos da ANOVA. As linhas tracejadas denotam a separação das médias em dois grupos distintos estatisticamente, uma vez que o fator "relação a/lig" mostrou-se significativo em relação à sua influência nos potenciais de corrosão (como visto na Tabela 1, a partir da análise de variâncias).

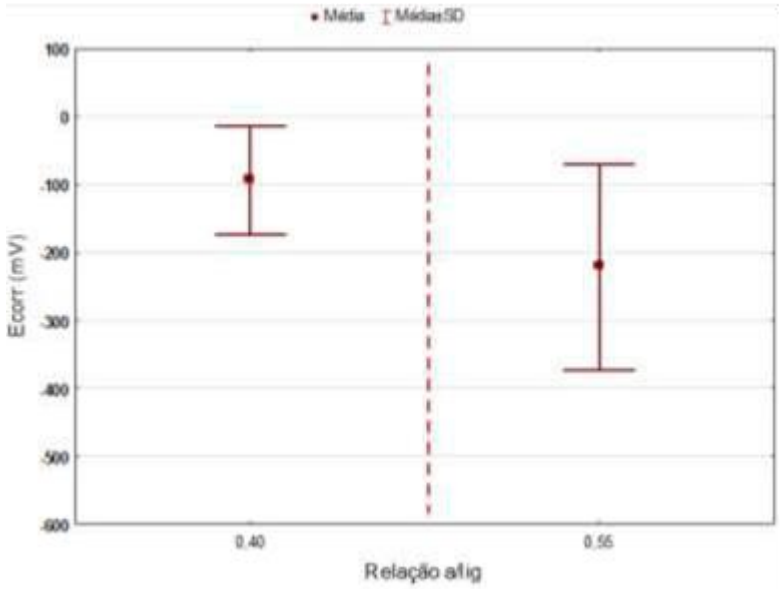


Figura 6 – Estimativa da média global dos valores de potencial de corrosão com seu erro padrão e desvio padrão. A linha tracejada vertical indica os grupos que se diferem significativamente

Da Figura 6, é importante observar que a relação a/lig 0,40 apresenta valor médio de potencial de corrosão mais eletropositivo, bem como menor desvio padrão, enquanto a relação a/lig 0,55 comporta se de forma exatamente oposta, apresentando valor médio de potencial de corrosão mais eletronegativo, com maior desvio padrão. Esse comportamento já era esperado e concorda com a literatura de que altas relações a/lig comparativamente a relações a/lig mais baixas, propiciam concretos com maior porosidade e permeabilidade, permitindo mais facilmente a entrada de cloretos, o que torna os potenciais de corrosão mais eletronegativos pela ruptura da película passivadora que protege o aço e pela maior quantidade de produtos de corrosão (Chen *et al*., 2020).

Na Figura 7, pode-se notar a tendência de comportamento dos potenciais de corrosão por tipo de concreto e por relação a/lig. Da Figura 6, observa-se uma tendência geral de potenciais de corrosão mais positivos associadas à relação a/lig mais baixas. Este efeito é mais pronunciado para os sistemas de controle e mais brando para os concretos com adições minerais. Dentre as adições, a cinza volante, representou os resultados mais favoráveis em relação aos potenciais de corrosão.

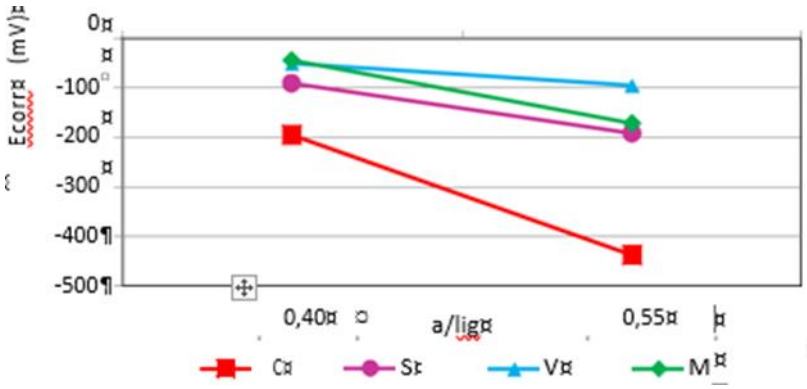


Figura 7 – Valores médios de potencial de corrosão para cada tipo de concreto em função da relação a/lig

- **Influência das Adições Minerais**

Na Figura 8 são apresentados os valores médios de potencial de corrosão para cada tipo de concreto (adição), com seus respectivos desvios-padrões. As linhas tracejadas verticais definem os grupos que diferem significativamente.

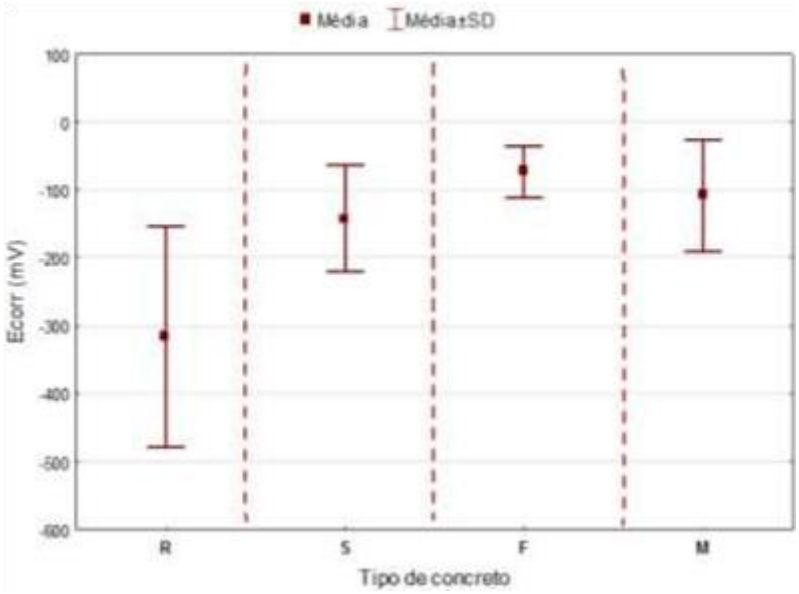


Figura 8 – Valores médios globais de potencial de corrosão para todos os concretos com seus intervalos de confiança de 95% e seus desvios padrões. A linha tracejada vertical indica os grupos que se diferem significativamente

Com base na Figura 8, pode-se destacar que o concreto sem adições (R) possui um comportamento diferenciado dos demais concretos com adições, exibindo valores mais eletronegativos de potencial de corrosão, além de apresentar grande desvio padrão. Sob o ponto de vista estatístico, os concretos com adições minerais diferem significativamente entre si, embora, sob o ponto de vista engenharia, eles apresentem valores próximos. Dentre os concretos com adições minerais, a cinza volante mostra melhor resultado por expressar menor desvio padrão, bem como por apresentar a média global dos potenciais mais eletropositivos. Em suas pesquisas, Ha *et al*. (2007)

também notou que a cinza volante (em substituição a 30% de cimento Portland) melhorou as propriedades de permeabilidade e retardou o tempo para iniciar a corrosão, apesar da cinza volante reduzir os valores de pH do concreto.

3.2. Análise global de engenharia do comportamento dos potenciais de corrosão das armaduras

Destaca-se a importância de se produzir concretos com baixas relações a/lig a fim de se reduzir a penetração de água e a porosidade dos concretos e, desta forma, evitar a entrada de agentes agressivos, tais como cloretos. Do mesmo modo, fica nítida a importância de se utilizar adições minerais em concretos sujeitos a ambientes contaminados por íons cloreto. Estes resultados estão em concordância com a literatura (Moon, Shin, 2006; Keleştemur, Demirel, 2010; Ramezanianpour, Jovein, 2012; Boğa, Topçu, 2012; Guneyisi *et al*., 2013; Andrade, Bujác, 2013; Ollivier, Torrenti, 2014; Mohammed *et al*., 2014; Ramezanianpour *et al.,* 2015; Franco-Luján *et al.,* 2019; Gopalakrishnan, Jeyalakshmi, 2020).

Assim, com base nos valores obtidos na análise estatística global dos resultados de potencial de corrosão, no período para despassivação das armaduras e na magnitude dos potenciais de corrosão medidos, pode-se afirmar que, dentre as adições minerais, destaque cabe ao concreto com cinza volante, que apresentou o melhor desempenho, seguido pelo concreto com adição de metacaulim e, por fim, pelo concreto com adição de sílica ativa.

Apesar dessas diferenças estatísticas (calcadas na análise da ordem de grandeza dos valores de potencial), em termos práticos não se identificou grandes diferenças de desempenho entre os concretos com adições, haja vista que todos eles não permitiram a despassivação das armaduras neles embutidas durante todo o período de ataque (à exceção do concreto com sílica ativa e relação a/lig 0,55, que gerou incerteza quanto a essa questão).

Cabe destacar a importância de se utilizar também outras técnicas eletroquímicas em conjunto com a técnica de potenciais de corrosão para um diagnóstico completo do *status* da armadura de estruturas de concreto em campo.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste programa experimental, para as condições de ensaio, variáveis e materiais adotados, são estabelecidas as conclusões listadas a seguir:

- Os concretos sem adições minerais apresentaram despassivação nas armaduras, deixando evidente o efeito positivo da incorporação das adições de cinza volante, metacaulim e sílica ativa em proteger a armadura contra a corrosão induzida por cloretos. A análise estatística dividiu a variável tipo de concreto em 4 grupos estatísticos distintos.
- A influência da relação a/lig, para os níveis estudados 0,40 e 0,55, é muito mais acentuada para os concretos sem adições do que para os concretos com adições minerais. A análise estatística indicou dois grupos distintos: concretos de relação a/lig 0,40 e concretos de relação a/lig 0,55.
- Pela análise dos potenciais de corrosão, muito embora os resultados obtidos não permitam estimar a vida útil dos concretos estudados, pode-se notar que as adições promoveram uma maior proteção à película que protege o aço, denotando maior tempo de vida útil para esses concretos comparados a sistemas sem adição mineral.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ELETROBRAS/FURNAS e ANEEL.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C.; BUJÁK, R., 2013 – **Effects of some mineral additions to Portland cement on reinforcement corrosion.** *Cement and Concrete Research*. Volume 53, Pages 59-67.

ASTM C 876/15:2015 – **Standard test method for corrosion potentials of uncoated reinforcing steel in Concrete**. *Annual Books of ASTM Standards*. v.03.02. p.11-16.

ASTM C 876/91:1991 – **Standard test method for half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete**. *Annual Books of ASTM Standards*.

BENTUR, A.; DIAMOND, S.; BERKE, N. S., 1997 – **Steel corrosion in concrete: fundamentals and civil engineering particle**. London: E&FN Spon.

BOĞA, A. R.; TOPÇU, I. B., 2012 – **Influence of fly ash on corrosion resistance and chloride ion permeability of concrete**. *Constr. Build. Mater*. 31 (2012) 258-264. https://doi.org/10.1016/ j.conbuildmat.2011.12.106

CARASEK, H.; CASCUDO, O., 2001 – **Projeto integrado: características do concreto de cobrimento e o seu papel na durabilidade das estruturas de concreto armado**. (Projeto de pesquisa).

CASCUDO, O., 1997 – **Controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. 1 ed. São Paulo: PINI; Goiânia: Editora UFG, 1997.

CASCUDO, O., 2005 – **Inspecção e diagnóstico de estruturas de concreto com problemas de corrosão da armadura**. In: Isaia, G.C. (edição). *Concreto: ensino, pesquisas e realizações*. 1. ed. São Paulo: Ibracon. v.2, p. 1071-1108.

CASTRO, A., 2003 – **Influência das adições minerais na durabilidade do concreto sujeito à carbonatação**. Dissertação de mestrado. Goiânia Universidade Federal de Goiás.

CHEN, F.; LI, C.-Q.; BAJI, H.; MA, B., 2020 – **The amount of corrosion products increases with the increase of w/c ratio**. *Construction and Building Materials*. Volume 237, 20, 117610.

FERREIRA, R.B., 2003 – **Influência das adições minerais nas características do concreto de cobrimento e seu efeito na corrosão de armadura induzida por cloretos**. Dissertação de mestrado. Goiânia: Universidade Federal de Goiás.

FOLHA DE SÃO PAULO – **Especialistas apontam causas de queda de marquise de hotel no Rio**. Folha de São Paulo, São Paulo, 27 fev. 2007. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano /ult95u132331.shtml>. Acesso em 17 ago. 2007.

FOLHA DE SÃO PAULO, 2019 – **Prédio que desabou em Fortaleza tem problemas há 14 anos, diz filho de vítima.** Folha de São Paulo, São Paulo, 18 out. 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br /cotidiano/2019/10/predio-que-desabou-em-fortaleza-tem-problemas-ha-14-anos-diz-filho-de-vitima.shtml>. Acesso em 24 jan. 2020.

FRANCO-LUJÁN, V.A.F.; MALDONADO-GARCÍA, M. A.; MENDOZA-RANGEL, J. M.; MONTES-GARCÍA, P., 2019 – **Chloride-induced reinforcing steel corrosion in ternary concretes containing fly ash and untreated sugarcane bagasse ash.** *Construction and Building Materials*. Volume 198, 20 February 2019, p. 608-618.

GOPALAKRISHNAN, R.; JEYALAKSHMI R., 2020 – **The effects on durability and mechanical properties of multiple nano and micro additive OPC mortar exposed to combined chloride and sulfate attack**. *Materials Science in Semiconductor Processing*. Volume 106, February 2020, Article 104772.

GUNEYISI, E.; GESOĞLU, M.; KARABOĞA, F.; MERMERDAS, K, 2013 – **Corrosion behavior of reinforcing steel embedded in chloride contaminated concretes with and without metakaolin**. *Composites: Part B 45* (2013) 1288–1295. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.09.085

HA, T-H.; MURALIDHARAN, S.; BAE, J-H. *et al*., 2007 – **Accelerated short-term techniques to evaluate the corrosion performance of steel in fly ash blended concrete**. *Building and Environment*. v. 42, p.78-85.

KELEŞTEMUR, O.; DEMIREL, B., 2010 – **Corrosion behavior of reinforcing steel embedded in concrete produced with finely ground pumice and silica fume.** *Construction and Building Materials.* Volume 24, Issue 10, October 2010, Pages 1898-1905.

MOHAMMED, M. K; DAWSON, A. R.; THOM, N. K., 2014 – **Macro/micropore structure characteristics and the chloride penetration of self-compacting concrete incorporating different types of filler and mineral admixture**. **Constrution and Buildings Materials**. 72 (2014) 83-93.

MOON, H.Y.; SHIN, JAE, K. J., 2006 – **Evaluation on steel bar corrosion embedded in antiwashout underwater concrete containing mineral admixtures.** *Cement and Concrete Research*. Volume 36, Issue 3, March 2006, Pages 521-529.

NBR 7211:2009 – **Agregado para concreto: especificação**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

OLIVEIRA, A. M., 2007 – **Avaliação do desempenho de concretos com adições minerais quanto à corrosão nas armaduras induzida por cloretos**. Dissertação de mestrado. Goiânia: Universidade Federal de Goiás.

OLIVEIRA, A. M.; CASCUDO, O., 2018 – **Effect of mineral additions incorporated in concrete on thermodynamic and kinetic parameters of chloride-induced reinforcement corrosion**. *Construction and Building Materials*. 192 (2018) 467-477.

OLLIVIER, J-P.; TORRENTI, J. M., 2014 – **The porous structure of concrete and transport properties.** In: J.-P.Ollivier, A.Vichot. (Eds.), O. Cascudo, H. Carasek (Trans.) – *Concrete Durability: Scientific bases for the formulation of durable concretes according to the environment*. São Paulo: Ibracon. pp. 41-112 (in portuguese).

RAMEZANIANPOUR, A.A. JOVEIN, H. B., 2012 – **Influence of metakaolin as supplementary cementing material on strength and durability of concretes**. *Constr. Build. Mater*. 30 (2012) 470-479.

RAMEZANIANPOUR,A. A.; REZAEI,H. R.; SAVOJ, H. R., 2015 – **Influence of silica fume on chloride diffusion and corrosion resistance of concrete - a review.** *Asian J. of Civil Engineering (BHRC).* 16 (2015) p. 301-321.

TAJI, I.; GHORBANI, S.; BRITO, J.; TAM, V.W. Y.; TAVAKKOLIZADEH, M., 2019 – **Application of statistical analysis to evaluate the corrosion resistance of steel rebars embedded in concrete with marble and granite waste dust.** *Journal of Cleaner Production.* Volume 210, 10 February **2019**, p. 837-846.

MÉTODO ACOPLADO INTEGRIDADE E SEGURANÇA (MAIS): PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

METHOD OF ASSESSMENT BY INTEGRITY AND SAFETY (MAIS): PROPOSAL OF A PROBABILISTIC ASSESSMENT OF EXISTING RC STRUCTURES





Ana Luiza de Oliveira [(1)], João da Costa Pantoja [(2)], Humberto Varum [(3)]

(1) Universidade de Brasília, Brasil, analuiza.aoliveira@gmail.com
(2) Universidade de Brasília, Brasil, joaocpantoja@gmail.com
(3) CONSTRUCT-LESE, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, hvarum@fe.up.pt

RESUMO

É papel da sociedade, mas principalmente dos profissionais da construção civil, manter as edificações de modo que sejam duráveis e atendam às necessidades dos usuários, além de garantir a segurança, impactanto o mínimo possível no meio ambiente. Neste contexto, é reconhecida a necessidade e pertinência de métodos expeditos de avaliação de estruturas existentes.

O presente trabalho propõe o Método MAIS: Método Acoplado Integridade e Segurança, que apresenta uma metodologia probabilística, pois leva em consideração as incertezas, que acopla uma análise de confiabilidade com um processo de inspeção in loco e avaliação das condições estruturais de edificações existentes em betão armado e suas patologias através da classificação do nível de serevidade e de extensão de cada uma delas. Neste artigo o processo de acoplamento da confiabilidade ainda não é discutido.

Para que a metodologia seja condizente com a realidade é importante adotar o modelo de integridade correto e a escala adequada. O presente trabalho discute qual seria o modelo mais apropriado: o de Tuutti ou o de Heideck, e a escala apropriada, a linear ou a cúbica. A metodologia descrita possibilita a identificação dos mecanismos de degradação ativos e a determinação do nível de segurança da estrutura, resultando num prognóstico estimado do funcionamento e segurança atual e futuro do sistema estrutural em análise. Ela foi testada em um edifício existente na cidade do Porto (PT) e se revelou eficiente e condizente com a realidade, além do que o Modelo de Dano de Heideck e a escala cúbica apresentaram-se mais condizentes.

Palavras-chave: Avaliação Estrutural / Betão Armado / Inspeção / Confiabilidade

1. INTRODUÇÃO

Um grande dilema do ser é humano é a vontade de saber o futuro e eternalizar os objetos que lhe possam ser úteis em busca de segurança em um mundo volátil. “A única constante é a mudança”, já dizia Heráclito, e essa é uma das poucas verdades absolutas para muitos pensadores, filósofos e monges e, como se nota no dia-dia, de engenheiros, arquitetos e profissionais da construção civil também. A luta para tornar o impermanente, que também é o natural, em permanente e seguro já faz parte do íntimo do ser humano.

Tendo isso em vista, não é surpresa que a conservação de patrimônios é um tema que vem ganhado maior destaque dentro da comunidade científica que procura meios de contribuir para a preservação e restauração do acervo do patrimônio mundial, realizando o estudo das edificações a partir de abordagens técnicas. O tema conservação nunca foi tão presente na mídias, na sociedade, nas empresas e na academia quanto atualmente. A consciência de que não basta apenas construir uma edificação, ela deve ser usual e mantida para durar anos e até mesmo séculos vem crescendo. A atual propagação da ideia de desenvolvimento sustentável, que considera a necessidade do presente sem comprometer as gerações futuras, incentiva o espalhamento desse tópico.

Tendo isso em vista o presente artigo objetiva propor uma nova metodologia para avaliação de patrimônios, focados em estruturas em concreto armado.

2. METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

Projetar uma nova estrutura ou avaliar uma já existente implicam no uso de metodologias diferentes. Enquanto a primeira, fundamentada nos vários estados limites, pode ser considerada um processo de decisão (CIB-FIP, 1978), a segunda leva em conta as diversas incertezas presentes, sendo o número de informações disponíveis e variáveis mais elevado e visa assegurar que há um nível adequado de segurança com relação às cargas existentes e potenciais (CEB, 1998).

Dois são os aspectos básicos a serem levados em consideração no dimensionamento de estruturas: a segurança estrutural, ligada à necessidade de reduzir o risco de colapso inerente a qualquer realização humana, e o adequado comportamento da estrutura em serviço, ligado à necessidade de atender às demandas dos usuários com conforto e, concomitantemente, reduzir os custos de manutenção. Neste artigo o Método Acoplado entre Integridade e Segurança – Método MAIS – é proposto, no qual tanto a segurança quanto a integridade são levadas em consideração para avaliar uma estrutura já existente. Um longo caminho nos estudos dessa ciência foi percorrido para alcançar esse ponto e atualmente existem metodologias já aceitas pela comunidade científica disponíveis para avaliar as condições de um edifício e algumas delas serão expostas a seguir.

Uma é a metodologia Condition Rating (CEB BI No. 243, 1998), que é proposta para uma extensa população baseada na integridade e segurança do prédio buscando identificar os elementos mais deteriorados através de um índice de dano e um fator de deterioração. De acordo com Coronelli (2007), ela segue três etapas. A primeira é a inspeção visual e avaliação preliminar da condição da estrutura, estudando suas ações estruturais, a hierarquia de importância dos seus componentes e identificar as regiões mais danificadas. O segundo passo é baseado em uma observação visual da intensidade e extensão do dano visando determinar o índice numérico do nível de dano. Por fim, a avaliação da segurança é feita com o cálculo da força residual dos elementos.

Outra metodologia proposta recentemente é o Alerta-D (Sangiorgio *et al*., 2018) que surge da necessidade de adaptar a metodologia Alert-Safety. Esse procedimento avalia a estrutura ao integrar modernas ferramentas de inteligência artificial e informações tecnológicas a um Sistema de Apoio à Decisão. Primeiramente um Processo Analítico Hierárquico (AHP-Analytic Hierarchy Process) otimizado é aplicado com novos critérios que foram adaptados à nova formulação dos Indicadores-Chaves de Desempenho (KPI-Key Performance Indicator) que

destaca a presença de diversas patologias em um único componente. O próximo passo é a calibração da corrosão baseado no clássico modelo de Tuuti (TUUTI, 1982) para encontrar a melhor abordagem. Neste método quatro fatores tabelados são aplicados a cada um dos danos encontrados: severidade da patologia, extensão da patologia, componente danificado e posição do componente. Vale notar que cada peso é associado a apenas um critério e alternativa, portanto os pesos podem ser atribuídos automaticamente, uma vez que o hall de alternativas é conhecido. Enfim, baseado nessa avaliação e com os dados corretos, o nível de deterioração da estrutura é encontrado.

Por fim, há também a metodologia Grau de Deterioração do Elemento GDE-Parametrizado, sugerida por Pantoja *et al*. (2018) que acopla uma análise de confiabilidade e busca encontrar a probabilidade de falha da estrutura. Nela aplica-se o Fator de Ponderação (F_p) e o Fator de Intensidade (F_i) a cada uma das patologias do elemento. Suas escalas variam de 0 a 1 de modo a parametriza-los, que em ultima instância significa compará-los com valores de referência. O primeiro fator é atribuído para quantificar o nível de relevância daquela patologia e a funcionalidade do componente, sendo ele tabelado. O segundo fator refere-se ao grau de severidade e a evolução da manifestação de dano naquele elemento analisado e é determinado pelo profissional. Essa metodologia foi a base para a Método MAIS, que será explanado no próximo tópico.

3. MÉTODO ACOPLADO INTEGRIDADE E SEGURANÇA – METODOLOGIA MAIS

O Método MAIS – Método Acoplado Integridade e Segurança - proposto neste trabalho, como o próprio nome ressalta, leva em consideração tanto a integridade, ou sejam, o estado de conservação da edificação, quanto a segurança da estrutura. Ela se destaca pelo uso do processo de parametrização, que dá velocidade à inspeção, e da probabilidade ao considerar as incertezas presentes no processo, o que permite um resultado mais assertivo. A Figura 1 apresenta o Fluxograma da Metodologia MAIS, que é explicado a seguir:

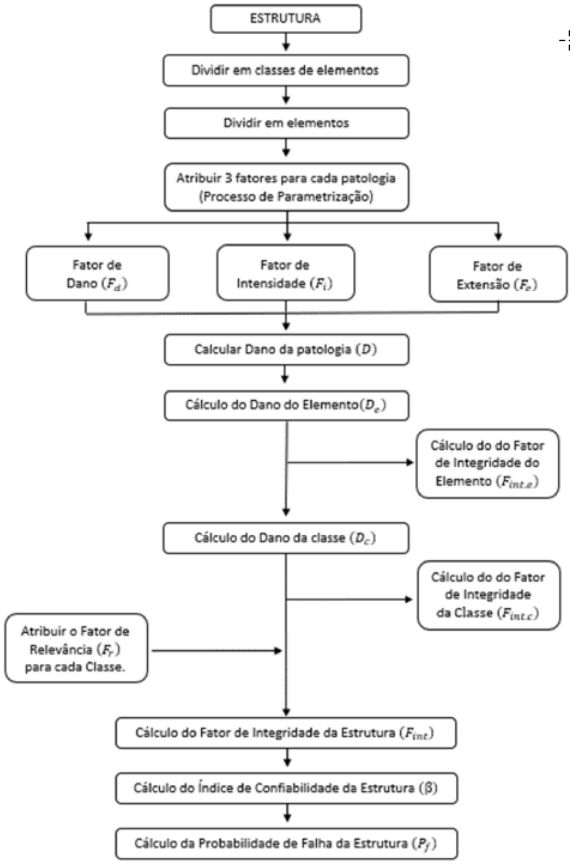


Figura 1 – Fluxograma Método MAIS

1) O primeiro passo é saber claramente qual a sessão da edificação será verificada e obter o máximo de informações possíveis sobre suas características construtivas como projetos, idade, tipologia, material, etc. Essa etapa é de extrema importância para o bom resultado da metodologia;
2) Dividir a estrutura em classes (por exemplo: vigas, pilares, escadas etc.);
3) Separar a classe em elementos e nomear cada um deles (por exemplo: viga 1, viga 2, viga 3; pilar 1, pilar 2, pilar 3; etc.);
4) Realizar inspeção *in loco* em porte do caderno de instruções;
5) Para cada patologia encontrada, atribuir três fatores. São eles:
   - Fator de Dano (F_d): é atribuído para projetar o nível de relevância daquele dano na funcionalidade daquele elemento. É tabelado;
   - Fator de Integridade (F_i): atribui o grau de severidade e a evolução da manifestação patológica naquele determinado componente. É definido pelo inspetor;
   - Fator de Espalhamento (F_e): busca traduzir o grau de espalhamento do dano no elemento. É uma tarefa difícil mesmo para os profissionais mais experientes e também depende da patologia envolvida. É determinado pelo inspetor.
6) Em porte desses fatores, calcular o Dano (*D*) de cada patologia presente em cada elemento. O grande desafio do presente trabalho é definir o modelo de dano e a parametrização adequada que forneça o resultado mais legítimo. Tal discussão será apresentada nos Tópicos 3.1 e 3.2. Para tal, dois modelos de dano foram testados: o modelo de Tuutti e o modelo de Heideck.
7) Calcular o Dano do Elemento (D_e), através da Equação 1. Em resumo, na formulação, sobre o maior dano existente será acrescido um valor que representa as outras patologias presentes. Já a segunda parte da equação (*m*/2*m* − 1) compara esse valor da primeira parte da equação com o maior valor de Dano possível para aquelas anomalias presentes, ou seja, o valor do dano caso todos os seus fatores fossem igual a 1.

$$D_e = D_{máx}\left(1 + \frac{\sum_{i=1}^{m} D_i - D_{máx}}{\sum_{i=1}^{m} D_i}\right) \times \frac{m}{2m-1} \quad (1)$$

Onde:

D_e: dano do elemento;

$D_{máx}$: Maior dano presente no elemento;

D_i:danos presentes no elemento;

m: número de patologias presentes no elemento.

Em posse do D_e calcula-se o Fator de Integridade do Elemento ($F_{int.e}$), que estima a porcentagem do elemento que se encontra em boas condições através da Equação 2.

$$\boldsymbol{F_{int,e} = 1 - De} \quad (2)$$

8) Encontrar o Dano da classe (D_c) através da Equação 3. Neste caso o mesmo raciocínio é seguido, em que sobre o maior Dano do Elemento existente acresce-se um valor que representa as outras patologias presentes.

$$\boldsymbol{D_c = D_{emáx}\left[\sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^{m} D_{e(i)} - D_{emáx}}{\sum_{i=1}^{m} D_{e(i)}}}\right]} \quad (3)$$

Onde:

D_c: Dano da Classe de elementos;

$D_{emáx}$: Dano do Elemento máximo pertencente àquela classe;

Para encontrar o Fator de Integridade da Classe usa-se a Equação 4, que segue o mesmo raciocínio do Fator de Integridade do Elemento.

$$F_{int,c} = 1 - Dc \tag{4}$$

9) Atribui-se então o Fator de Relevância de cada classe, que considera a importância de cada tipo de elemento em função da sua responsabilidade no comportamento estrutural e no bom desempenho da mesma. Então é calculado o Fator de Integridade da Estrutura, sua Confiabilidade e, por fim, sua Probabilidade de Falha. Este ultimo item está em desenvolvimento e não será abordado no presente trabalho.

3.1. Modelos de Dano

Um dos desafios desse procedimento é encontrar o modelo de dano mais adequado para a avaliação de edificações em concreto armado. Para tal, dois modelos de danos foram testados: o de Tuutti e o de Heideck.

O modelo de Tuutti já é bem aceito pelos profissionais da área e apresenta duas fases de comportamento linear: A iniciação, que envolve a lenta penetração de susbtâncias deletéricas (carbonatação e/ou penetração de cloretos) na microestrutura do concreto até que atinjam um limite cujo seu comportamento muda. Nessa fase então o problema ainda não é visível. E a propagação, período no qual há um aumento na velocidade do processo de degradação. Quando o pH do concreto desce a valores inferiores a 9-10, tornando-se um ambiente ácido, ou o teor de cloretos ultrapassa o valor crítico, inicia-se o processo de corrosão após a despassivação das armaduras até níveis inaceitáveis de deterioração. Castro (1994) observou o processo de iniciação leva cerca de 60% do tempo, e a maior parte dano ocorre durante a segunda fase, que representa menos da metade do tempo, cerca de 40% do processo.

O modelo de Heideck, também já aceito pela comunidade científica, considera a idade efetiva do imóvel, a vida útil e o coeficiente de depreciação. É composto por uma única linha curva, o que é uma vantagem ao modelo, sendo uma equação apenas. Uma análise mais profunda dos modelos foi realizada para decidir qual é o mais adequado e, ao compará-los através da sobreposição de um gráfico ao outro, nota-se que seus comportamentos são similares e que o modelo de Heideck se adaptou bem ao observado por Castro (1994).

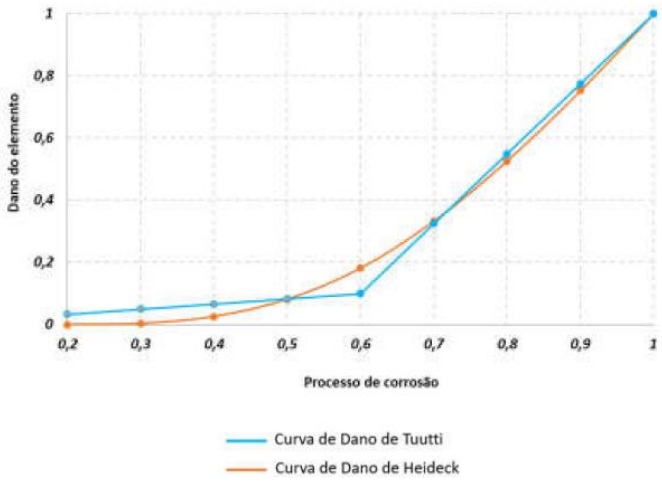


Figura 2 – Modelo de Dano de Tuutti e Heideck

Fundamentado no Modelo de Tuutti, encontrou-se a Equação 5, que representa a fase da iniciação, e a Equação 6, que representa a propagação.

$$Se\ Fi \leq tolerável \rightarrow D = 0,166 \times Fi \times Fd \times Fe \tag{5}$$

$$Se\ Fi > tolerável\ \rightarrow \leq D = (2{,}25Fi - 1{,}25) \times Fd\ \times Fe \quad (6)$$

Já fundamentado no Modelo de Heidecke, tem-se a Equação 7, que representa a parábola do modelo.

$$\boldsymbol{Se\ Fi\ > 0{,}2\ \rightarrow \leq Di = (1{,}9738\ Fi^2 - \ 1{,}1187\ Fi + 0{,}1513)F_p} \quad (7)$$

Sendo assim, essas foram as equações utilizadas no estudo de caso para determinar qual o modelo de dano que mais se adapta.

3.2. Escalas

Um outro incentivo da pesquisa era encontrar a escala mais apropriada para o método para os Fatores de Dano, de Intensidade e de Espalhamento. Duas escalas foram testadas e aplicadas aos modelos: uma linear, obedecendo o fundamento de Tuutti (1982) e as recomendações de Castro (1994); outra escala cúbica, que segue o modelo de Heidecke, baseado no trabalho de Oliveira (2019). Elas são apresentadas nos Quadro 1, Quadro 2 e Quadro 3.

Quadro 1 – Escalas Fator de Dano

Fator de Dano			
Escala de Importância	**Letreiro**	**Linear**	**Cúbica**
---	---*	0,2	---
Pouca	A	0,4	0,4226
Intermediária	B	0,6	0,6265
Importante	C	0,8	0,87
Muito importante	D	1	1

Quadro 2 – Escalas Fator de Intensidade

Fator de Intensidade			
Lesões	**Letreiro**	**Linear**	**Cúbica**
Sem lesões	---	0	0
Lesões leves	A	0,25	0,4226
Lesões toleráveis	B	0,50	0,6265
Lesões graves	C	0,75	0,87
Lesões críticas	D	1	1

Quadro 3 – Escalas Fator de Extensão

Extensão da patologia	**Escala**	
	Linear	**Cúbica**
< 2	0	0
02-10	0,25	0,4226
10-30	0,50	0,6265
30-70	0,75	0,87
≥ 70	1	1

Para aprofundar o estudo, ambos os modelos de integridade e escalas foram avaliados suas superfícies em um gráfico 3D (Figura 3). O modelo de integridade, composto pelos Fatores de Integridade (Equação 2 e Equação 4) nada mais é o complementar do modelo de dano, ou seja, quanto maior o dano, menor a integridade e vice-versa. Nele analisou-se o resultado do Dano para diferentes Fatores de Dano e de Intensidade. Chegou-se às seguintes conclusões:

- Nas quatro combinações seus comportamentos são similares e válidos;
- Na primeira fase, ou seja, quando F_i ≤ 0,6, o modelo de Tuutti é mais cauteloso, resultando em danos maiores;
- Na segunda fase o modelo de Heideck oferece uma curva mais brusca e com resultados menos espalhados. A superfície tende mais rapidamente ao fator de integridade zero. Ou seja, na segunda fase,

o modelo de Heideck é mais conservador;

- Em ambos os casos a escala cúbica apresenta resultados mais prudentes.

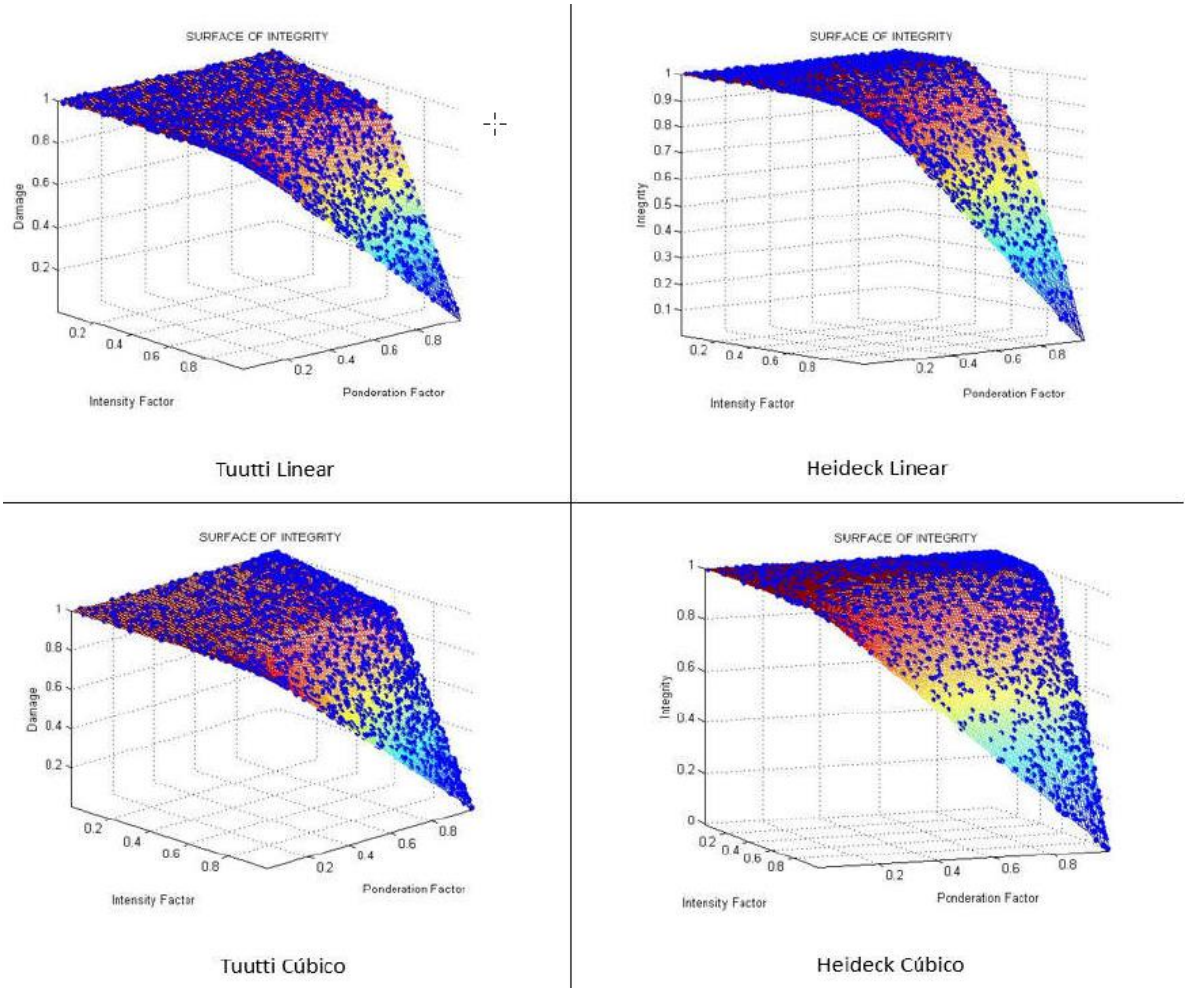


Figura 3 – Modelos de Integridade de Tuutti e Heideck com escalas linear e cúbica

4. ESTUDO DE CASO E RESULTADOS

A primeira etapa da metodologia consiste em obter o máximo possível de conhecimento sobre a edificação a ser estudada, e isso foi feito com o Residencial Universitário Campo Alegre I – RUCA I (Figura 4).



Figura 4 – Residencial Universitário Campo Alegre I – RUCA I

Edifício localizado no centro da cidade do Porto, Portugal, que aloja 156 estudantes em quartos individuais, com banheiros, cozinhas e áreas de convivência compartilhados, além de um vasto jardim. Possui estrutura em concreto armado e acabamento em tijolo. Sua estrutura forma um "U" composto por quatro módulos. Sua construção foi realizada em duas etapas e finalizada em 1994. Uma inspeção predial foi feita, o que possibilitou o levantamento de dados. Foram analisados os elementos que estavam expostos já que não havia autorização para fazer remoções para um estudo mais aprofundado. Enfim foram selecionados os Pilares 3, 4 e 10 da sacada do primeiro pavimento dos módulos C e D para a avaliação, como mostrado na Figura 5, que mostra suas localizações e a Figura 6 que mostra fotos desses elementos.

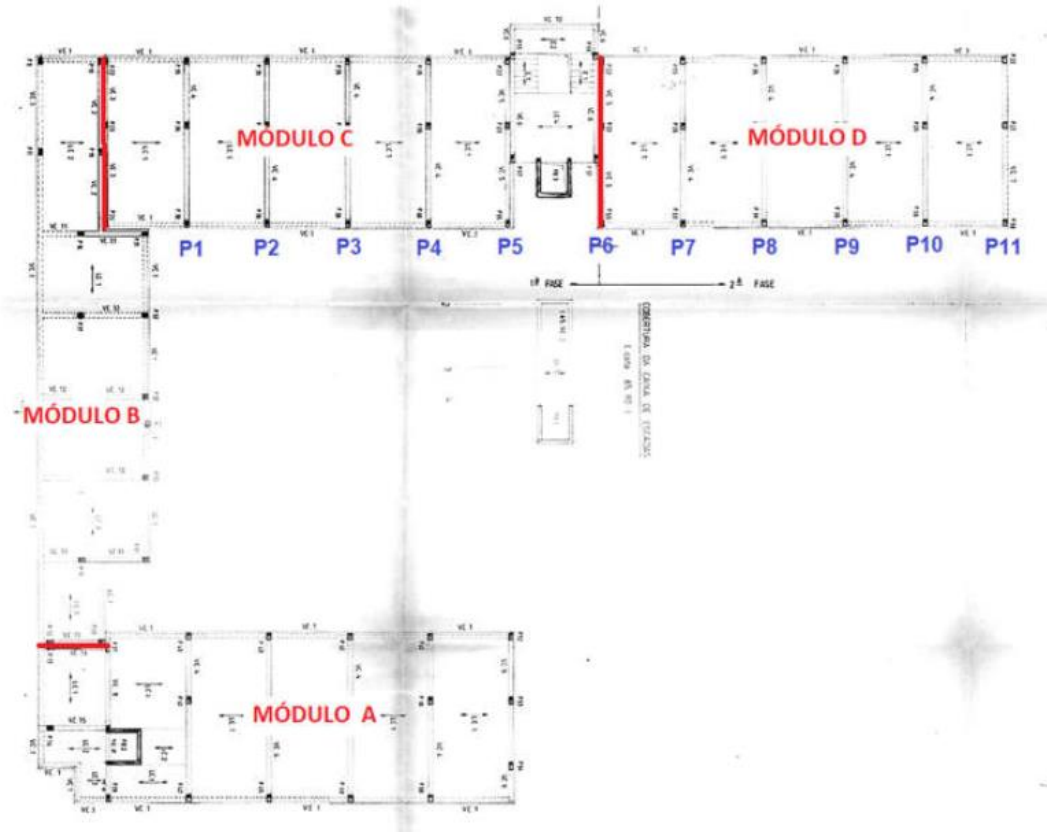


Figura 5 – Planta baixa estrutural RUCA I



Figura 6 – Pilares 3, 4 e 10, respectivamente

Enquanto o Fator de Dano é pré-definido, os Fatores de Intensidade e de Espalhamento foram levantados *in loco* e são os apresentados no Quadro 4, lembrando que eles estão de acordo com o item 3.2.

Quadro 4 – Avaliação dos Pilares 3, 4 e 5

LOCAL:		Corredor 1.º andar dos módulos C e D					
DATA:		02/2019					
ELEMENTOS:		**P3**		**P4**		**P10**	
DANOS	**Fd**	**Fi**	**Fe**	**Fi**	**Fe**	**Fi**	**Fe**
Carbonatação	B						
Cobrimento deficiente	B	D	C	B	D	D	C
Contaminação por cloretos	C						
Corrosão de armaduras	D	C	C			C	C
Desagregação	B	C	B				
Desplacamento	B	C	C	B	C	C	C
Desvio de geometria	C						
Eflorescência	A	C	C	C	C	C	C
Falha de concretagem	B						
Fissuras (0,4 a 1)*	C	C	C	A	C		
Manchas	B	D	D	D	D	D	D
Recalque	D						
Sinais de esmagamento	D						
Umidade na base	B						

Em concordância com o item 3, dois modelos de dano e duas escalas foram testadas, o que resulta em quatro combinações, exibidas nos letreiros do Quadro 5.

Quadro 5 – Letreiros das combinações testadas

Modelo de Dano	**Escala**	
	Linear	**Cúbica**
Tuutti	TL	TC
Heidecke	HL	HC

Os resultados obtidos são os apresentados no Quadro 6 e traduzidos na Figura 7. Pelo fato de ter sido analisado apenas uma classe de elementos (pilar), o Fator de Integridade da Estrutura (F_{int}) é o mesmo valor do $F_{int.c}$).

Seguidamente nota-se que:

- Os resultados foram similares, variando em no máximo 10%. Ainda assim há muitas informações para ter informações conclusivas;
- A classe, como um todo, está entre 50% e 55% comprometida.
- Em todas as variações o P3 foi considerado o mais deteriorado, e o P4 o menos;
- A escala cúbica é sempre mais conservadora, apresentando dano até 8% maior que com a escala linear;
- Mantendo a mesma escala, o resultado, quando varia, variou apenas 1% de um modelo para outro;

O estudo de caso, portanto, confirma a validação dos dois modelos.

Quadro 6 – Resultados Inspeção

Elemento	Dado	Escala			
		TL	TC	HL	HC
P3	Dano (D)	0,55	0,61	0,56	0,61
	Fator de Integridade (Fint.e)	0,45	0,39	0,44	0,39
P4	Dano (D)	0,43	0,50	0,42	0,51
	Fator de Integridade (Fint.e)	0,57	0,50	0,58	0,49
P10	Dano (D)	0,52	0,58	0,52	0,58
	Fator de Integridade (Fint.e)	0,48	0,42	0,48	0,42
Classe: Pilar	Dano (D)	0,45	0,50	0,45	0,50
	Fator de Integridade (Fint.c)	0,55	0,50	0,55	0,50

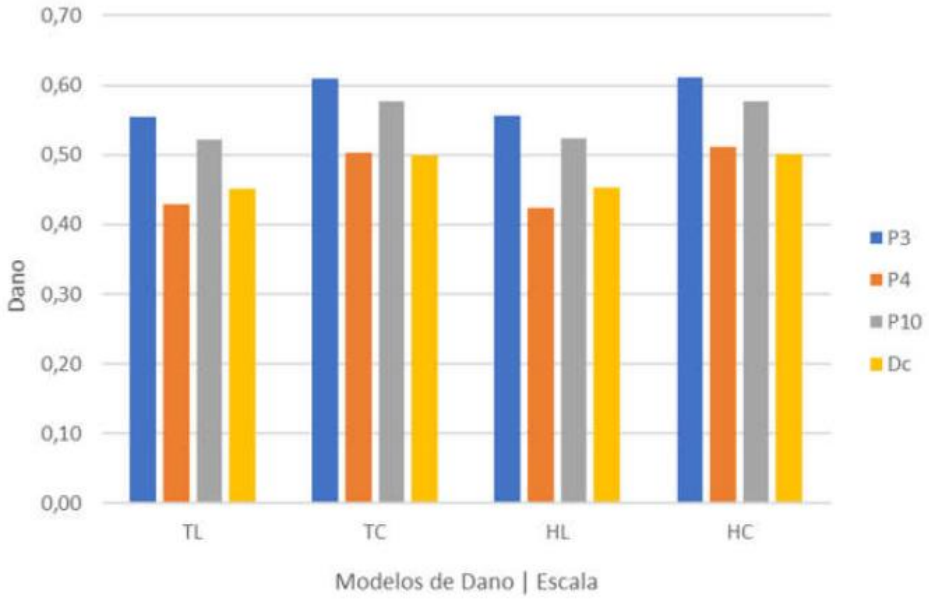


Figura 7 – Resultados Avaliação

5. CONCLUSÕES

Após todo o estudo, a aplicação da teoria no estudo de caso e em posse dos resultados, chegou-se às seguintes conclusões:

- O saldo encontrado aproxima-se da realidade e está coerente com o esperado e constatado pela experiência de profissionais do ramo;
- Os resultados dos modelos de dano foram muito similares, o que valida ambos;
- Quando o dano está ainda em fase inicial (não visível) o Modelo de Tuutti é o mais conservador. Já fase final, o Modelo de Heidecke apresenta os resultados mais conservadores; sendo assim, o fato de ser utilizado uma única expressão no Modelo de Heidecke simplifica o processo da metodologia, o que é vantajoso para o método;
- A escala cúbica é sempre mais conservadora;
- Portanto, entende-se que a escala cúbica e o Modelo de Heideck são os mais apropriados e progressistas para a metodologia desejada.

REFERÊNCIAS

CASTRO, E. K., 1994 – **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**. Dissertação de Mestrado em Estruturas. Publicação E.DM-004A/94. Brasília (DF): Faculdade de Tecnologia/Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB).

CEB-FIP, Comité Euro-International du Béton, 1978 – **International system of unified standard codes of practice for structures. Volume I. Common unified rules for different types of construction and material. Volume II. CEB-FIP model code for concrete structures: CEB-FIP International Recommendations**. 3.ª edição. CEB-FIP

CORONELLI, D., 2007 – **Condition rating of RC structures: A case study**. *Journal of Building Appraisal*. 3(1), 29-51. https://doi.org/10.1057/palgrave.jba.2950057

OLIVEIRA, I. P., 2019 – **Diretrizes para a conservação patrimonial a partir da avaliação de depreciação do ambiente construído**. Brasília (DF): Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/Departamento de Tecnologia em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (UnB).

PANTOJA, J. C. *et al.,* 2018 – **Metodologia probabilística para avaliação de edificações com estrutura existente em betão armado**. Encontro Nacional Betão Estrutural – BE2018.

SANGIORGIO, V.; PANTOJA, J. C.; VARUM, H. *et al*., 2018 – **Structural degradation assessment of rc buildings: calibration and comparison of semeiotic-based methodology for decision support system**. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 33(2), 04018109. https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0001249

TUUTTI, K., 1982 – **Corrosion steel in concrete**. Stockholm: Swedish Cement and Concrete Research Institute



ENCORE 2020

4º encontro de conservação
e reabilitação de edifícios

Ambiente e Economia Circular na Conservação e Reabilitação



As apresentações abordam a economia de recursos, economia de energia, materiais com baixa energia incorporada, bem como a redução da demolição e reutilização dos materiais de demolição são os principais tópicos temáticos discutidos nos trabalhos apresentados nesta secção.

INCORPORAÇÃO DE UM ALTO TEOR DE RESÍDUOS EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO – MISTURA DE RESÍDUOS DE LOIÇA SANITÁRIA E FIBRAS TÊXTEIS

INCORPORATION OF A HIGH VOLUME OF WASTES IN COATING MORTARS – MIX OF SANITARY WARE AND TEXTILE FIBRES WASTES





Catarina Brazão Farinha [(1)], Jorge de Brito [(2)], Maria do Rosário Veiga [(3)]

(1) LNEC, Portugal, cfarinha@lnec.pt
(2) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, jb@civil.ist.utl.pt
(3) LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt

RESUMO

A crescente produção de resíduos e a sua deposição são duas grandes preocupações ambientais. Sem soluções para a sua valorização os resíduos são muitas vezes encaminhados para aterro onde, dependendo da natureza do resíduo, podem demorar milhares de anos a decompor-se. Torna-se então necessário encontrar soluções para a sua reutilização, reciclagem ou valorização de outro tipo, tal como energética.

A incorporação de resíduos inertes em materiais hidráulicos como as argamassas e os betões é uma solução que permite dar um novo uso aos resíduos, prolongando o seu ciclo de vida. Esta incorporação permite reduzir a quantidade de recursos naturais utilizada e as quantidades de resíduos encaminhadas para aterro.

Os revestimentos de paredes são um dos elementos dos edifícios mais frequentemente sujeitos a intervenções. Assim, a reutilização de resíduos em revestimentos usados em reabilitação e em conservação pode ter um impacte significativo na redução das quantidades colocadas em aterro.

Neste estudo, é analisada a viabilidade da incorporação de loiça sanitária e fibras têxteis, ambos resíduos de fábrica, em argamassas de revestimento de paredes. A loiça sanitária substitui o agregado natural na totalidade e as fibras têxteis são adicionadas à mistura em 5% do volume total. A incorporação dos resíduos nas argamassas é feita individualmente e em conjunto. A argamassa com a mistura dos dois resíduos tem um volume de reciclados de 81%. Neste estudo, está incluída a análise do comportamento à água, mecânico e à fissuração destas argamassas.

Palavras-chave: Sustentabilidade / Reciclagem / Eco-Argamassas / Resíduos Industriais

1. INTRODUÇÃO

A crescente produção de resíduos e a sua deposição são dois problemas ambientais emergentes. A decomposição dos resíduos, dependendo da sua natureza, pode demorar milhares de anos. Durante esse processo natural os resíduos, para além de ocuparem espaço em aterros, que muitas vezes é limitado, são responsáveis por vários impactes ambientais. A deposição dos resíduos pode ser responsável pela poluição das águas subterrâneas, dos solos e do ar (Blengini e Garbarino, 2010).

É necessário reduzir as quantidades de resíduos e encontrar soluções de reutilização ou reciclagem para aqueles que são produzidos. Ao dar um novo uso aos resíduos, prolonga-se o seu ciclo de vida e retarda-se a sua deposição em aterro.

Os revestimentos de paredes são um dos elementos dos edifícios mais frequentemente sujeitos a intervenções. Assim, a reutilização de resíduos em revestimentos usados em reabilitação e em conservação podem ter um impacte significativo na redução das quantidades colocadas em aterro. O encapsulamento de resíduos em argamassas de revestimento tem sido estudado ao longo do tempo pelos autores deste artigo, em conjunto com outros (Braga *et al.,* 2012; Neno *et al.,* 2012; Jesus *et al.,* 2019; Pencho *et al.,* 2014; Oliveira *et al.,* 2013; Oliveira *et al.,* 2015; Silva *et al.,* 2008; Silva *et al.,* 2014; Pedro *et al.,* 2013; Brazão Farinha[1] *et al.,* 2019; Brazão Farinha[2] *et al.,* 2019). Durante estes estudos, verificou-se que os resíduos, para além das melhorias ambientais que apresentam (Brazão Farinha[3] *et al.,* 2019), têm também várias vantagens do ponto de vista técnico. Estas melhorias dependem de resíduo para resíduo, tornando-se necessário perceber as vantagens e desvantagens de cada resíduo de forma a tirar o melhor partido de cada um.

Este artigo foca-se na mistura de dois resíduos industriais que, enquanto incorporados individualmente, apresentaram características técnicas muito vantajosas, mas que de certa forma pioraram outras características. A mistura tem como objetivo eliminar as características menos positivas de cada um dos resíduos através da sua minimização com a introdução de outros.

Os resíduos estudados foram a loiça sanitária e as fibras têxteis. Em estudos anteriores, verificou-se que a introdução de loiça sanitária em argamassas, nomeadamente enquanto fíler, melhora significativamente o desempenho mecânico e o desempenho hídrico das argamassas (Brazão Farinha *et al.,* 2015). Assim estas argamassas apresentaram melhores resistências mecânicas e menores absorções de água. No entanto, ao incrementar a rigidez das argamassas, este resíduo foi responsável por uma perda de deformabilidade que resultou numa maior susceptibilidade à fissuração. Como é sabido, a fissuração das argamassas de revestimento é uma das suas anomalias mais frequentes que pode resultar na perda das suas capacidades funcionais, uma vez que estas perdem a sua capacidade de impermeabilização (Veiga, 1998), o que pode afectar a sua durabilidade. De forma a minimizar a tendência de fissuração das argamassas com loiça, foram introduzidas fibras têxteis, também provenientes de resíduos industriais. As fibras têm como função eliminar a tendência à fissuração das argamassas com loiça.

Desta forma, neste artigo, são apresentadas duas argamassas com loiça sanitária (como agregado ou como fíler), uma argamassa com fibras têxteis e a mistura destes resíduos. A argamassa da mistura dos resíduos não contem areia natural e tem uma redução do teor de cimento devido à incorporação das fibras. A mistura tem um volume de resíduos de cerca de 81%. Com esta percentagem alta de incorporação de resíduos pretende-se contribuir para o aumento do ciclo de vida dos resíduos e contribuir para a economia circular na reabilitação de edifícios.

O comportamento no estado fresco, assim como o desempenho mecânico, à água e à fissuração das argamassas são analisados neste artigo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais utilizados

Neste estudo, foram utilizados materiais naturais e reciclados. Como material natural, utilizou-se areia siliciosa, composta por uma combinação de várias areias da Areipor (APAS 14, APAS 30 e APAS 60).

Dois resíduos industriais foram incorporados em argamassas nesta investigação: a loiça sanitária e as fibras têxteis (Figura 1, Figura 2 e Figura 3). O resíduo de loiça sanitária foi moído e incorporado em argamassas em substituição do agregado natural (em 100%) ou como fíler substituindo 20% do agregado natural. As fibras têxteis, provenientes de resíduos de fábricas têxteis, foram utilizadas como adições nas argamassas. Estas fibras eram constituídas por fios acrílicos. O resíduo têxtil foi incorporado como 5% do volume total das argamassas e com 1,5 cm de comprimento.



Figura 1 – Loiça sanitária usada como agregado

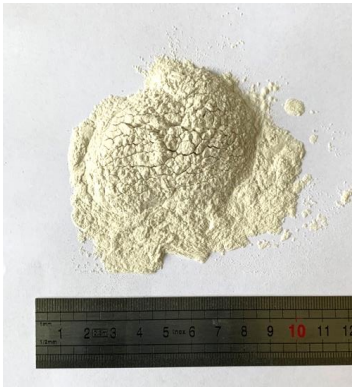


Figura 2 – Loiça sanitária usada como fíler



Figura 3 – Fibras têxteis

(Origem: Farinha, 2020)

Como ligante, foi utilizado o cimento Portland CEM II/B-L 32,5 N da cimenteira Secil.

Cinco argamassas foram analisadas nesta pesquisa: uma argamassa de referência constituída por areia e cimento, uma outra em que o agregado natural foi substituído por loiça sanitária (LS $_{agregado}$), uma terceira em que apenas 20% do agregado natural foi substituído por partículas muito finas de loiça sanitária, abaixo de 63 µm, e que se intitulou de "LS $_{fíler}$". A quarta argamassa analisada teve adição de fibras têxteis (FT) e, por fim, a quinta é uma combinação das duas argamassas anteriores (LS $_{agregado}$ + LS $_{fíler}$ + FT). A proporção entre o cimento e os agregados foi mantida em 1:4 (em volume) para todas as argamassas em análise. No Quadro 1, são apresentadas as proporções entre os vários constituintes das argamassas.

Quadro 1 – Quantidades em volume (m^3/m^3)

Argamassa	Cimento	Areia	Loiça agregado	Loiça fíler	Fibras têxteis
Referência	**0,20**	**0,80**	**-**	**-**	**-**
LS $_{agregado}$	0,20	-	0,80	-	-
LS $_{fíler}$	0,20	0,64	-	0,16	-
FT	0,19	0,76	-	-	0,05
Mistura (LS $_{agregado}$ + LS $_{fíler}$ + FT)	0,19	-	0,61	0,15	0,05

2.2. Métodos de ensaio

Para analisar a influência que os resíduos têm no comportamento das argamassas, foi necessário realizar alguns

ensaios específicos. Relativamente ao estado fresco, foram realizados dois ensaios: o ensaio de consistência por espalhamento e o ensaio de massa volúmica. O primeiro pretendeu avaliar a trabalhabilidade das argamassas, característica esta que permite às argamassas serem aplicadas convenientemente sobre um suporte rugoso. O ensaio de massa volúmica pretendeu dar indicações sobre a compacidade das argamassas. Para avaliar o comportamento à água das argamassas, foram realizados o ensaio de absorção de água por capilaridade e secagem. O primeiro simula um dos mecanismos de absorção de água dos rebocos e o segundo a libertação dessa mesma quantidade de água. O comportamento mecânico das argamassas foi avaliado através da sua resistência à flexão e compressão. De forma a avaliar a tendência para a fissuração das argamassas, foi analisada a sua deformabilidade, através do ensaio de módulo de elasticidade dinâmico e o seu comportamento pós-rotura, avaliado através do desenvolvimento das curvas de força/deslocamento dos ensaios de flexão e compressão.

No Quadro 2, são apresentados os ensaios realizados para cada um dos comportamentos analisados (no estado fresco, à água, mecânico e à fissuração), bem como a idade a que foram realizados e a normalização seguida para a realização dos mesmos.

Quadro 2 – Ensaios realizados

	Ensaios realizados	**Idades de ensaio (dias)**	**Normalização**
Comportamento ao estado fresco	Consistência por espalhamento	-	EN 1015-3
	Massa volúmica em estado fresco	-	Cahier 2669-4
Comportamento à água	Absorção de água por capilaridade	28	EN 1015-18
	Secagem	28	EN 16322
Comportamento mecânico	Resistência à flexão	28, 90, 365	EN 1015-11
	Resistência à compressão	28, 90, 365	EN 1015-11
Comportamento à fissuração	Módulo de elasticidade (por frequência de ressonância)	28, 90, 365	EN 14146
	Análise dos gráficos força / deslocamento	> 365	-

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

3.1. Comportamento em estado fresco

No Quadro 3, são apresentados os resultados dos ensaios realizados em estado fresco para as argamassas em análise.

Verificou-se que as incorporações de loiça sanitária (enquanto agregado) ou de fibras têxteis em argamassas foram responsáveis por um incremento de água de amassadura, apresentando a argamassa LS $_{agregado}$ e a FT razões água / cimento (a/c) de 1,4. No caso da argamassa LS $_{agregado}$, este incremento de água está associado à sua forma e à porosidade da loiça sanitária. A argamassa LS $_{filer}$ apresentou um comportamento diferente: os finos foram capazes de preencher os espaços vazios entre os agregados melhorando a trabalhabilidade das argamassas.

Quando os resíduos foram combinados na mistura (LS $_{agregado}$ + LS $_{filer}$ + FT), a trabalhabilidade foi influenciada por todos os resíduos, apresentando no entanto a mistura uma razão a/c menor do que a argamassa de referência (1,2 *versus* 1,3), o que sugere que os efeitos negativos do agregado de loiça e das fibras têxteis foram compensados pela introdução de loiça enquanto fíler.

Relativamente à massa volúmica, o resíduo que mais contribui para o seu decréscimo é a loiça sanitária enquanto agregado. A mistura dos resíduos, devido a este resíduo, apresentou também uma redução de massa de

aproximadamente 7%, por comparação com a argamassa de referência.

Quadro 3 – Ensaios em estado fresco

Argamassa	Razão água/cimento	Espalhamento (mm)	Massa volúmica (kg/m³)
Referência	**1,3**	**161,2 ± 1,8**	**1975 ± 7**
LS $_{agregado}$	1,4	174,5 ± 6,4	1780 ± 25
LS $_{filer}$	0,9	175,5 ± 0,7	2064 ± 9
FT	1,4	163,0 ± 3,1	2027 ± 10
Mistura (LS $_{agregado}$ + LS $_{filer}$ + FT)	1,2	162,3 ± 1,6	1843 ± 8

3.2. Comportamento à água

O comportamento à água das argamassas foi analisado através das curvas de absorção de água por capilaridade e das curvas de secagem. Na Figura 4, estão apresentadas as curvas de absorção e, no Quadro 4, os valores do coeficiente de capilaridade e volume total de água absorvido (por área de contacto) obtidos através destas curvas.

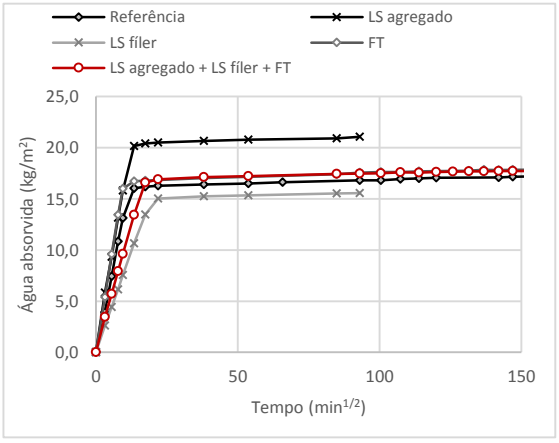


Figura 4 – Absorção de água por capilaridade

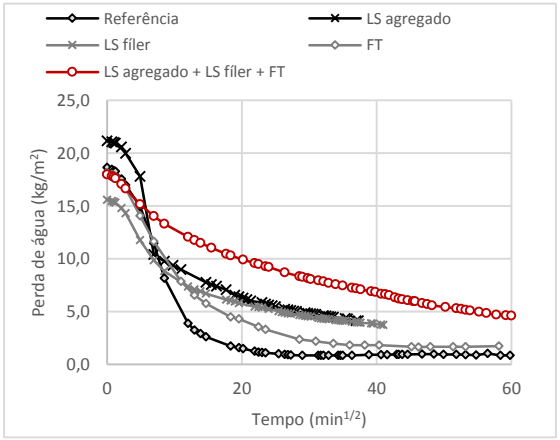


Figura 5 – Curva de secagem

Relativamente ao coeficiente de absorção de água por capilaridade, verificou-se que a introdução de loiça sanitária enquanto agregado (argamassa LS $_{agregado}$) e a incorporação de fibras (argamassa FT) foram responsáveis pelo incremento deste coeficiente. Isto significa que estas argamassas têm uma velocidade de absorção de água inicial maior do que a da argamassa de referência. Pelo contrário, quando se incorpora a loiça sanitária enquanto fíler (LS $_{filer}$), o coeficiente é reduzido. Na mistura dos resíduos (LS $_{agregado}$ + LS $_{filer}$ + FT), verifica-se que o coeficiente de absorção é menor do que o apresentado pela argamassa de referência, o que sugere que o efeito de fíler proporcionado pela loiça minimizou os outros efeitos dos resíduos. No entanto, ao fim de algum tempo de ensaio, a quantidade de água total absorvida pela mistura é semelhante à absorvida pela argamassa de referência. Esta semelhança significa que, embora a mistura tenha poros de dimensões menores (o que justifica o menor coeficiente de capilaridade), o volume de capilares é semelhante.

Na Figura 5, são apresentadas as curvas de secagem das argamassas aos 28 dias. Verifica-se que a mistura, provavelmente devido aos menores poros capilares, apresenta uma maior dificuldade de secagem do que a argamassa de referência. Esta maior dificuldade pode ser avaliada pelo índice de secagem que é dado pelo integral da curva de secagem e que está quantificado no Quadro 4. De acordo com Grilo *et al.* (2014), quanto menor este índice, maior é a facilidade de secagem das argamassas.

Quadro 4 – Ensaios de comportamento à água

Argamassa	**Coeficiente de absorção de água por capilaridade** ($kg/(m^2.min^{0.5})$)	**Absorção total de água por capilaridade** (kg/m^2)	**Índice de secagem**
Referência	**1,45 ± 0,03**	**17,31 ± 0,13**	**0,25**
LS $_{agregado}$	1,58 ± 0,10	21,14 ± 0,77	0,28
LS $_{fíler}$	0,78 ± 0,01	15,57 ± 0,17	0,34
FT	1,70 ± 0,01	18,00 ± 0,39	0,16
Mistura (LS $_{agregado}$ + LS $_{fíler}$ + FT)	0,97 ± 0,04	17,84 ± 0,58	0,57

3.3. Comportamento mecânico

Os ensaios de flexão e compressão foram realizados para analisar a influência que os resíduos têm no comportamento mecânico das argamassas.

No Quadro 5, são apresentados os resultados obtidos aos 28 e 365 dias de idade. Verificou-se que a argamassa com fíler de loiça sanitária (LS $_{fíler}$) apresentou resistências mecânicas superiores às da argamassa de referência de 109% e 187% aos 28 dias, respectivamente à flexão e à compressão. No entanto, dos 28 para os 90 dias, foi visível um decréscimo significativo destas resistências. Este decréscimo tinha sido notado num estudo anterior [14] e uma possível micro fissuração tinha sido apontada como a causa para este decréscimo.

Quadro 5 – Ensaios de comportamento mecânico

Argamassa	**Resistência à flexão (MPa)**			**Resistência à compressão (MPa)**		
	28 dias	90 dias	365 dias	28 dias	90 dias	365 dias
Referência	**2,10 ± 0,32**	**1,54 ± 0,19**	**1,94 ± 0,17**	**5,19 ± 0,45**	**3,58 ± 0,22**	**5,86 ± 0,58**
LS $_{agregado}$	1,41 ± 0,10	1,83 ± 0,19	-	5,85 ± 0,49	3,90 ± 0,43	-
LS $_{fíler}$	4,39 ± 0,24	2,27 ± 0,27	-	14,92 ± 0,29	9,55 ± 0,49	-
FT	1,77 ± 0,08	1,77 ± 0,24	1,24 ± 0,04	4,53 ± 0,33	4,52 ± 0,33	3,32 ± 0,31
Mistura (LS $_{agregado}$ + LS $_{fíler}$ + FT)	3,55 ± 0,25	3,19 ± 0,31	3,46 ± 0.48	9,63 ± 0,41	9,83 ± 0,43	10,47 ± 0,54

Na mistura de resíduos (LS $_{agregado}$ + LS $_{fíler}$ + FT), este efeito de fissuração parece ter sido eliminado. Existiram algumas oscilações de resistência, nomeadamente na resistência à flexão, mas não foram notados decréscimos de resistência como na argamassa LS $_{fíler}$. Isto significa que a incorporação de fibras foi capaz de evitar este fenómeno de micro fissuração dos provetes. Para além da eliminação desta tendência de perda de resistência, verificou-se que a mistura de resíduos resultou em argamassas mais resistentes, principalmente a longo prazo. Com efeito, aos 365 dias, a mistura apresenta acréscimos de resistência à flexão e à compressão de cerca de 80%.

3.4. Comportamento à fissuração

O comportamento à fissuração foi analisado, não só pela tendência das resistências mecânicas ao longo do tempo, mas também pelo módulo de elasticidade e pela análise das curvas força / deslocamento, obtidas nos ensaios de flexão e compressão.

No Quadro 6, são apresentados os resultados do módulo de elasticidade dos 28 aos 365 dias. A argamassa com incorporação de fíler apresentou um módulo de elasticidade de cerca de 18 GPa, cerca de 8 GPa maior do que o da a argamassa de referência. Este incremento excessivo de rigidez foi responsável pela maior suscetibilidade à fissuração das argamassas. As argamassas LS $_{agregado}$ e FT apresentaram módulos de elasticidade semelhantes ao

da argamassa de referência. A mistura de resíduos apresentou um módulo de elasticidade intermédio, mas mais próximo do da argamassa de referência, cerca de 12 GPa, melhorando a deformabilidade da argamassa por comparação com a argamassa LS $_{\text{fíler}}$.

Quadro 6 – Ensaios de comportamento à fissuração

Argamassa	**Módulo de elasticidade (GPa)**		
	28 dias	90 dias	365 dias
Referência	**10,2 ± 0,7**	**8,0 ± 0,3**	**9,7 ± 0,3**
LS $_{\text{agregado}}$	8,2 ± 0,4	8,1 ± 0,2	-
LS $_{\text{fíler}}$	18,6 ± 0,3	17,3 ± 0,3	-
FT	8,6 ± 0,5	7,6 ± 0,4	6,6 ± 0,3
Mistura (LS $_{\text{agregado}}$ + LS $_{\text{fíler}}$ + FT)	12,8 ± 0,7	11,0 ± 0,5	11,1 ± 0,2

Relativamente às curvas de força deslocamento, representadas na Figura 6 e Figura 7, verifica-se que tanto na flexão como na compressão a rotura da mistura ocorre para um deslocamento superior à argamassa de referência, e para um valor de força superior, como se tinha visto nos ensaios de resistência mecânica. Após a rotura à flexão, o comportamento da mistura e da argamassa de referência são semelhantes. Na rotura à compressão, verifica-se uma rotura mais dúctil na mistura, indiciada por um decréscimo de força acompanhado por uma maior deformação.

Com estes ensaios, verifica-se que, embora a loiça, quando introduzida como fíler, piore significativamente a deformabilidade das argamassas e, consequentemente, tenha uma maior tendência para fissurar, a combinação de fibras têxteis com este resíduo elimina esta tendência. A mistura de resíduos apresenta uma deformabilidade idêntica à da argamassa de referência.

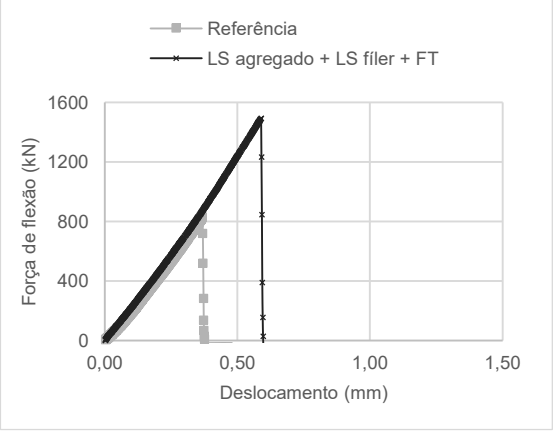


Figura 6 – Curva de força de flexão / deslocamento

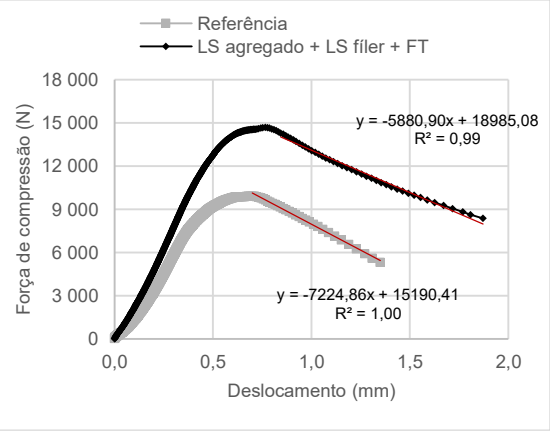


Figura 7 – Curva de força de compressão / deslocamento

4. CONCLUSÕES

Este estudo pretende avaliar o comportamento no estado fresco, à água, mecânico e à fissuração de uma argamassa que mistura um resíduo de loiça sanitária (como agregado e como fíler) com fibras têxteis, também estas resíduos de fábrica. Para analisar os diferentes comportamentos das argamassas, foram escolhidos ensaios específicos que se revelaram adequados e que forneceram as informações necessárias para a caracterização dos mesmos comportamentos.

Esta mistura pretendeu colmatar alguns problemas técnicos apresentados pelas argamassas modificadas pela introdução de loiça, nomeadamente no que diz respeito à fissuração. Com este estudo, concluiu-se que a mistura:

- apresenta **melhor trabalhabilidade** do que a argamassa de referência, necessitando de menor quantidade de água de mistura;
- mantém-se **mecanicamente mais resistente** do que a argamassa de referência, o que se deve essencialmente ao efeito de fíler da loiça sanitária;
- absorve uma menor quantidade de água do que a argamassa de referência nas primeiras horas de contacto com a água, tornando-se **menos permeável**;
- tem uma **deformabilidade semelhante** à da argamassa de referência, o que em princípio indicia um comportamento à fissuração também semelhante.

Os objetivos delineados inicialmente de melhorar a argamassa com loiça pela introdução de fibras têxteis foram conseguidos. Encontrou-se uma mistura de resíduos com 81% de volume reciclado que apresenta características técnicas e ambientais superiores às de uma argamassa convencional, designada por argamassa de referência. Assim, encontrou-se uma eco-argamassa que consegue simultaneamente reduzir a quantidade de recursos naturais utilizados (nomeadamente a areia), encapsular resíduos de loiça que seriam encaminhados para aterro e que seriam responsáveis por outros problemas ambientais e, ao mesmo tempo, melhorar o desempenho técnico das argamassas.

REFERÊNCIAS

BLENGINI, G. A.; GARBARINO, E., 2010 – **Resources and waste management in Turin (Italy): the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix**. *Journal of Cleaner Production*. vol. 18, no. 10-11, pp. 1021–1030.

BRAGA, M.; DE BRITO, J.; VEIGA, R., 2012 – **Incorporation of fine concrete aggregates in mortars**. *Construction and Building Materials*. vol. 36, pp. 960-968.

BRAZÃO FARINHA, C., 2020 – **High-performance wall rendering cementitious mortars with industrial wastes**. Tese de Doutoramento. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

BRAZÃO FARINHA, C.; BRITO, J.; VEIGA, R., 2015 – **Incorporation of fine sanitary ware aggregates in coating mortars.** *Construction and Building Materials*. vol. 83, pp. 194-206.

BRAZÃO FARINHA[1], C.; BRITO, J.; VEIGA, R., 2019 – **Assessment of glass fibre reinforced polymer waste reuse as filler in mortars**. *Journal of Cleaner Production*. vol. 210, pp. 1579-1594.

BRAZÃO FARINHA[2], C.; BRITO, J.; VEIGA, R., 2019 – **Influence of forest biomass bottom ashes on the fresh, water and mechanical behaviour of cement-based mortars**. *Resources, Conservation and Recycling*. vol. 149, no. April, pp. 750-759.

BRAZÃO FARINHA[3], C.; BRITO, J.; VEIGA, R., 2019 – **Life cycle assessment of mortars with incorporation of industrial wastes**. *Fibers*. vol. 7, no. 7, pp. 1-19.

CEN, 1999 – **Methods of test for mortar for masonry – Part 11: determination of flexural and compressive strength of hardened mortar**. Brussels: CEN. EN 1015-11:1999.

CEN, 1999 – **Methods of test for mortar for masonry – Part 3: determination of consistence of fresh mortar (by flow table)**. Brussels: CEN. EN 1015-3:1999.

CEN, 2002 – **Methods of test for mortar for masonry – Part 18: determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar**. Brussels: CEN. EN 1015-18:2002.

CEN, 2004 – **Natural stone test methods. Determination of the dynamic elastic modulus of elasticity (by measuring the fundamental resonance frequency)**. Brussels: CEN. EN 14146:2004.

CEN, 2013 – **Conservation of cultural herigate – Test methods – Determination of drying properties**. Brussels: CEN. EN 16322:2013.

CSTB, 1993 – **Certification CSTB des enduits monocouches d'imperméabilisation, Modalités d'essais**. 1993. Paris: CSTB. Cahier 2669-4 (1993).

GRILO, J.; FARIA, P.; VEIGA, R.; SANTOS SILVA, A.; SILVA, V.; VELOSA, A., 2014 – **New natural hydraulic lime mortars – Physical and microstructural properties in different curing conditions**. *Construction and Building Materials*. vol. 54, pp. 378-384.

JESUS, S.; MAIA, C.; BRAZÃO FARINHA, C.; BRITO, J.; VEIGA, R., 2019 – **Rendering mortars with incorporation of very fine aggregates from construction and demolition waste**. *Construction and Building Materials*, vol. 229.

NENO C.; DE BRITO, J.; VEIGA, R., 2014 – **Using fine recycled concrete aggregate for mortar production**. *Materials Research*. vol. 17, no. 1, pp. 168-177.

OLIVEIRA, R.; BRITO, J.; VEIGA, R., 2013 – **Incorporation of fine glass aggregates in renderings**. *Construction and Building Materials.* vol. 44, pp. 329-341.

OLIVEIRA, R.; BRITO, J.; VEIGA, R., 2015 – **Reduction of the cement content in rendering mortars with fine glass aggregates**. *Journal of Cleaner Production*. vol. 95, pp. 75-88.

PEDRO, D.; BRITO, J.; VEIGA, R., 2013 – **Mortars made with fine granulate from shredded tires**. *Journal of Materials in Civil Engineering*. vol. 25, no. 4, pp. 519-529.

PENACHO, P.; BRITO, J.; VEIGA, R., 2014 – **Physico-mechanical and performance characterization of mortars incorporating fine glass waste aggregate**. *Cement and Concrete Composites*. vol. 50, pp. 47-59.

SILVA, A.; BRITO, J.; VEIGA, R., 2014 – **Incorporation of fine plastic aggregates in rendering mortars**. *Construction and Building Materials*. vol. 71, pp. 226-236.

SILVA, J.; BRITO, J.; VEIGA, R., 2008 – **Fine ceramics replacing cement in mortars partial replacement of cement with fine ceramics in rendering mortars**. *Materials and Structures.* vol. 41, no. 8, pp. 1333-1344.

VEIGA, R., 1998 – **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes – Contribuição para o estudo da sua resistência à fissuração**. Tese de Doutoramento. Lisboa: LNEC.

CONTROLO DA FISSURAÇÃO DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO ATRAVÉS DA INTRODUÇÃO DE RESÍDUOS DE FIBRAS TÊXTEIS

CONTROL OF CRACKING OF COATING MORTARS THROUGH INCORPORATION OF TEXTILE FIBRE WASTE

Catarina Brazão Farinha [(1)], Cinthia Pederneiras [(2)], Jorge de Brito [(3)], Maria do Rosário Veiga [(4)]

(1) LNEC, Portugal, cfarinha@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, cpederneiras@lnec.pt
(3) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, jb@civil.ist.utl.pt
(4) LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt

RESUMO

A fissuração é uma anomalia que afecta uma grande parte dos revestimentos exteriores. Esta anomalia não só se reflecte no aspecto estético das construções como também pode dar origem a outras anomalias. Por exemplo, o incremento das infiltrações de água causadas pela fissuração pode potenciar o desenvolvimento de microrganismos ou plantas.

A incorporação de fibras em argamassas é uma solução para a redução da fissuração. Aliada a estas anomalias técnicas frequentes, há outra preocupação: a crescente geração de resíduos. Neste sentido, abrangendo as duas temáticas, são introduzidas neste estudo fibras têxteis, resultantes de resíduos industriais, em argamassas de revestimento com o objectivo de minorar a sua fissuração. São estudadas três percentagens de incorporação das fibras (5, 10 e 20% do volume total) em argamassas à base de cimento e argamassas à base de cal aérea e cimento.

Neste estudo, são apresentados os ensaios de módulo de elasticidade, resistência à flexão, resistência à compressão e análise das curvas força / deslocamento antes e pós rotura. Os resultados são analisados e retiradas conclusões sobre a eficácia das fibras na melhoria do comportamento à fissuração dos dois tipos de rebocos.

Palavras-chave: Fissuração/ Argamassa/ Revestimento/ Fibras Têxteis/ Deformabilidade

1. INTRODUÇÃO

A fissuração é uma das anomalias que mais afecta os revestimentos de paredes. Para além de ter um impacto visual que afecta as populações (Veiga[1], 1998), a fissuração pode afectar a estanqueidade dos revestimentos (Veiga[2], 1998) e dar origem a outras anomalias. A fissuração dos revestimentos favorece o aparecimento de colonização biológica, como os bolores (Brazão Farinha, 2018). A colonização biológica, por sua vez, é responsável pela acumulação de água, o que contribui ainda mais para a penetração da água no seu interior.

A fissuração dos revestimentos está relacionada com vários aspectos que vão desde as condições de aplicação das argamassas, às condições atmosféricas, às características do suporte, à compatibilidade entre o revestimento e o suporte ou às características da argamassa. Neste artigo, são focadas apenas as características das argamassas.

As fibras são uma das soluções usadas e são incorporadas nas argamassas com o objectivo de melhorar a sua deformabilidade e, consequentemente, diminuir a fissuração das argamassas (Veiga, 2000; Pederneiras *et al.*, 2018; Araya-Letelier *et al.*, 2018). As fibras são materiais que funcionam como elementos de "pregagem" que pretendem distribuir as tensões pela matriz cimentícia (Gonilho-Pereira *et al.*,2013). A adição de fibras em argamassas e betões é responsável por uma melhoria da retracção plástica destes elementos (Di Bella *et al.*, 2014; Hwang *et al.*, 2016), ductilidade (Pederneiras *et al.*, 2018; Hwang *et al.*, 2016; Spadea *et al.*, 2015; Orasutthikul *et al.*, 2017; Veiga, 2004) e, em certos casos são também responsáveis por uma melhoria de resistência à flexão e ao impacto (Araya-Letelier *et al.*, 2018; Di Bella *et al.*, 2014; Veiga, 2004).

Neste artigo, são estudadas fibras provenientes de resíduos industriais, adicionando à temática da fissuração e da durabilidade a temática dos resíduos, da sua deposição e gestão. As fibras utilizadas neste estudo são provenientes de desperdícios da indústria têxtil. Ao incorporar as fibras nas argamassas de revestimento, aumenta-se o ciclo de vida destes materiais dando-lhes um novo uso. Nesta pesquisa, foi analisada a incorporação de fibras com dois comprimentos (1,5 e 3,0 cm) com teores de incorporação de 5, 10 e 20% (em volume) em argamassas com ligante de cimento e com ligante de cal aérea e cimento. As melhorias da incorporação das fibras, por comparação com argamassas não reforçadas, são apresentadas neste artigo em ambos os revestimentos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais utilizados

Neste artigo, são apresentadas várias argamassas de três estudos distintos: "1", "2" e "3". No primeiro, foram adicionadas fibras têxteis (Figura 1) em argamassas com ligante de cimento. A percentagem de incorporação foi de 5% do volume total. No segundo estudo, que vem na continuação do primeiro, o teor de fibras incorporado (Figura 2) foi aumentado para 10 e 20% (do volume total). O traço das argamassas utilizado nos estudos 1 e 2 foi de 1:4 (cimento: agregados). O terceiro estudo é complementar ao segundo e o ligante utilizado é constituído por cal aérea e cimento. As argamassas deste estudo têm um traço volumétrico de 1:1:6 (cal: cimento: agregados), o qual corresponde a um traço ligante: agregado também de 1:3. No estudo 3, as fibras foram também adicionadas a 10 e 20% (Figura 2). Nos três estudos, as fibras foram adicionadas em dois comprimentos distintos: 1,5 e 3,0 cm. A areia utilizada nos três estudos foi uma mistura de areias calibradas da *Areipor* (APAS 14, APAS 30 e APAS 60), que resulta numa areia final com granulometria bem distribuída. O cimento utilizado nos três estudos foi CEM II-B/L 32,5 N da Secil. A cal aérea utilizada no estudo 3 provém da empresa Portuguesa Baptista e é da classe CL80-S, de acordo com a EN 459-1.

No Quadro 1, são apresentadas as designações das argamassas analisadas neste artigo. A designação das

argamassas é composta pelo teor de fibras e o ligante utilizados e o seu comprimento em cm.



Figura 1 – Fibras têxteis (utilizadas no estudo 1)



Figura 2 – Fibras têxteis (utilizadas nos estudos 2 e 3)

Quadro 1 – Designação das argamassas

Ligante	Comprimento da fibra	Taxa de incorporação	Designação
Cimento	Sem fibras	0%	Referência_Estudo1
			Referência_Estudo2
	1,5 cm	5%	5%Cim1,5
	3,0 cm		5%Cim3,0
	1,5 cm	10%	10%Cim1,5
	3,0 cm		10%Cim3,0
	1,5 cm	20%	20%Cim1,5
	3,0 cm		20%Cim3,0
Cimento e cal	Sem fibras	0%	Referência_Estudo3
	1,5 cm	10%	10%Cim+Cal1,5
	3,0 cm		10%Cim+Cal3,0
	1,5 cm	20%	20%Cim+Cal1,5
	3,0 cm		20%Cim+Cal3,0

2.2. Métodos de ensaio

Neste artigo, os ensaios realizados às argamassas com fibras são divididos no estado fresco e endurecido. A influência que a adição de fibras têxteis teve nestas características das argamassas, por comparação com argamassas de referência, é analisada e discutida neste artigo. No Quadro 2, são apresentados os ensaios realizados às argamassas, as idades em que foram realizados e a normalização seguida para a sua execução.

Quadro 2 – Ensaios realizados

Ensaios realizados	Idades de ensaio (dias)	Normalização
Consistência por espalhamento	-	EN 1015-3
Massa volúmica em estado fresco	-	Cahier 2669-4
Módulo de elasticidade (por frequência de ressonância)	28, 90	EN 14146
Resistência à flexão	28, 90	EN 1015-11
Resistência à compressão	28, 90	EN 1015-11
Análise dos gráficos tensão / deformação	> 365 dias – Estudo 1 28 dias – Estudos 2 e 3	-

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

3.1. Ensaios em estado fresco

No estado fresco, foram analisadas a trabalhabilidade e a massa volúmica das argamassas, com e sem introdução de fibras. Os resultados obtidos em ambos os testes são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Ensaios em estado fresco

Argamassa	Razão água / ligante	Espalhamento (mm)	Massa volúmica (kg/m3)
Referência_Estudo1	**1,3**	**161,2 ± 1,8**	**1975 ± 7**
5%Cim1,5	1,4	163,0 ± 3,1	2027 ± 10
5%Cim3,0	1,4	158,8 ± 4,6	2033 ± 6
Referência_Estudo2	**0,9**	**139,5 ± 4,2**	**2005 ± 4**
10%Cim1,5	1,1	142,3 ± 2,0	1943 ± 2
10%Cim3,0	1,0	142,7 ± 1,6	1961 ± 1
20%Cim1,5	1,1	142,2 ± 3,7	1932 ± 12
20%Cim3,0	1,1	140,7 ± 2,7	1946 ± 9
Referência_Estudo3	**1,0**	**140,0 ± 1,2**	**1999 ± 8**
10%Cim+Cal1,5	1,0	142,8 ± 1,9	1961 ± 6
10%Cim+Cal3,0	1,0	140,8 ± 1,0	1977 ± 3
20%Cim+Cal1,5	1,1	140,8 ± 2,6	1924 ± 7
20%Cim+Cal3,0	1,1	142,0 ± 1,4	1936 ± 6

Para os estudos 1 e 2, verificou-se que a introdução de fibras, com ligante de cimento, diminuiu a trabalhabilidade das argamassas. Para manter a mesma trabalhabilidade do que a argamassa de referência, com a adição de fibras foi necessário aumentar a dosagem de água e consequentemente a razão água / ligante. Este incremento de necessidade de água é devido à absorção de água das fibras têxteis que, ao absorverem a água de mistura, diminuem a água disponível para lubrificar os restantes constituintes das argamassas. Relativamente ao comprimento das fibras, apenas se notou uma diferença no estudo 2 com 10% de volume de fibras do comprimento 1,5 cm para 3,0 cm, onde se notou uma diferença da razão água / cimento de 1,1 para 1,0. No que respeita ao volume de incorporação de fibras, torna-se difícil comparar os resultados obtidos em estado fresco dos estudos 1 e 2 entre si, por exemplo na trabalhabilidade. O ensaio de consistência por espalhamento, onde é definida a quantidade de água de amassadura, consoante a trabalhabilidade pretendida, depende da sensibilidade do executante. Esta diferente sensibilidade foi verificada na comparação entre estes dois estudos. As argamassas de referência com traços volumétricos iguais têm, consoante os estudos, espalhamentos significativamente diferentes. No estudo 1, o espalhamento da argamassa de referência foi considerado 161 mm enquanto no estudo 2 foi considerado de aproximadamente 140 mm. Sabe-se também que, embora os ensaios tenham sido ambos realizados no mesmo local (Unidade de Revestimento de Paredes, LNEC), lotes diferentes de areia e cimento, aliados à sensibilidade humana, possam também estar na origem das diferenças obtidas.

No estudo 3, onde o ligante utilizado foi uma mistura de cal aérea e cimento, a razão água / ligante para a adição de fibras de 10% (independentemente do comprimento) e a trabalhabilidade das argamassas foi similar à da argamassa de referência, não tendo as fibras modificado a consistência das argamassas. Quando o teor de fibras aumentou para 20%, já foi verificada uma diminuição da trabalhabilidade.

Relativamente à massa volúmica em estado fresco, os resultados variam consoante os estudos. No estudo 1, esta massa foi incrementada com a incorporação das fibras. Nos estudos 2 e 3, pelo contrário, foi verificado um decréscimo de massa com adição de fibras. Existem dois efeitos necessários a ter em conta no ensaio de massa

volúmica. Por um lado, a maior quantidade de água de mistura (das argamassas com fibras) faz aumentar, nomeadamente no ligante de cimento, a massa da pasta. Por outro lado, as fibras podem ser responsáveis por um aumento de espaços vazios entre as partículas que têm como consequência uma diminuição da massa volúmica. No entanto, tem de ser referido que as diferenças entre as massas volúmicas das argamassas reforçadas com fibras e as argamassas de referência são abaixo de 4%, o que não é significativo.

3.2. Ensaios em estado endurecido

No estado endurecido, são apresentados os ensaios de módulo de elasticidade dinâmico (por frequência de ressonância), o ensaio de resistência à flexão e o ensaio de resistência à compressão. Para os estudos 1 e 2, os resultados são apresentados aos 28 e aos 90 dias e, para o estudo 3, apenas aos 28 dias. Os resultados dos ensaios estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Ensaios em estado endurecido

Argamassa	**Módulo de elasticidade (GPa)**		**Resistência à flexão (MPa)**		**Resistência à compressão (MPa)**	
	28 dias	90 dias	28 dias	90 dias	28 dias	90 dias
Referência_Estudo1	**10,2 ± 0,7**	**8,0 ± 0,3**	**2,10 ± 0,32**	**1,54 ± 0,19**	**5,19 ± 0,45**	**3,58 ± 0,22**
5%Cim1,5	8,6 ± 0,5	7,6 ± 0,4	1,77 ± 0,08	1,77 ± 0,24	4,53 ± 0,33	4,52 ± 0,33
5%Cim3,0	8,7 ± 0,3	7,8 ± 0,4	1,51 ± 0,12	1,59 ± 0,11	4,57 ± 0,19	3,85 ± 0,36
Referência_Estudo2	**16,2 ± 0,9**	**15,9 ± 0,4**	**2,56 ± 0,26**	**3,24 ± 0,08**	**9,66 ± 0,57**	**9,54 ± 0,07**
10%Cim1,5	12,7 ± 0,7	12,3 ± 0,4	3,36 ± 0,06	3,07 ± 0,22	8,97 ± 0,67	8,81 ± 0,23
10%Cim3,0	13,1 ± 0,3	12,8 ± 0,5	3,48 ± 0,40	3,02 ± 0,28	9,39 ± 0,40	8,69 ± 1,02
20%Cim1,5	10,9 ± 0,6	11,0 ± 0,4	2,18 ± 0,01	2,22 ± 0,18	6,17 ± 1,61	7,28 ± 0,22
20%Cim3,0	11,6 ± 0,6	11,5 ± 0,2	2,47 ± 0,18	2,34 ± 0,08	8,02 ± 0,70	7,86 ± 0,42
Referência_Estudo3	**9,8 ± 0,3**	**-**	**1,76 ± 0,13**	**-**	**5,22 ± 0,22**	**-**
10%Cim+Cal1,5	7,4 ± 0,2	-	1,40 ± 0,04	-	3,80 ± 0,21	-
10%Cim+Cal3,0	8,8 ± 0,1	-	1,87 ± 0,08	-	4,54 ± 0,25	-
20%Cim+Cal1,5	6,6 ± 0,2	-	1,56 ± 0,46	-	3,29 ± 0,77	-
20%Cim+Cal3,0	7,0 ± 0,3	-	1,52 ± 0,18	-	3,85 ± 0,15	-

Para todos os estudos em análise, verificou-se que o módulo de elasticidade dinâmico das argamassas reforçadas com fibras têxteis foi reduzido, quando comparado com o módulo de elasticidade das respectivas argamassas de referência. Estes resultados (independentemente da idade de ensaio) significam que as argamassas com fibras são mais deformáveis do que as argamassas de referência. Relativamente ao comprimento das fibras, verificou-se também que as fibras de menor comprimento foram aquelas que menor módulo de elasticidade apresentaram. A maior deformabilidade das argamassas reforçadas com fibras têxteis com 1,5 cm de comprimento em detrimento do reforço com fibras de 3,0 cm de comprimento foi verificada tanto para o ligante de cimento (estudos 1 e 2) como para a mistura de ligantes de cal e cimento (estudo 3). Dentro de cada estudo, verificou-se que, quanto maior a adição de fibras, mais deformáveis se tornaram as argamassas. Comparando os estudos entre si, verifica-se que as argamassas do estudo 1 apresentam módulos de elasticidade da ordem de 8-10 GPa e as argamassas do estudo 2 módulos de elasticidade da ordem de 11-16 GPa. Estas discrepâncias devem-se às diferentes razões água / ligantes escolhidas para as argamassas. No estudo 1, a razão água / cimento variou entre 1,3 e 1,4 enquanto no estudo 2 variou entre 0,9 e 1,1. Quando foi utilizada cal, em conjunto com o ligante de cimento (estudo 3), os módulos de elasticidade apresentaram valores na ordem de 7-10 MPa. Do ponto de vista de deformabilidade, o ensaio de módulo de elasticidade indica que as argamassas com incorporação de cal (estudo 3) são as mais deformáveis, nomeadamente as que contêm 20% de fibras, seguidas das argamassas do

estudo 1 com 5% de volume de fibras e, por fim, as argamassas do estudo 2.

A resistência mecânica das argamassas reforçadas com fibras têxteis foi analisada através da resistência das argamassas à flexão e à compressão. Os resultados obtidos são resumidos no Quadro 4. No estudo 1, verificou-se que a incorporação de 5% de fibras têxteis foi responsável por maiores resistências aos 90 dias, por comparação com a argamassa de referência, tanto à flexão como à compressão. Quando o teor de fibra aumenta para 10% (estudo 2), as argamassas apresentam aos 28 dias resistências à flexão maiores do que as argamassas de referência, mas aos 90 dias já apresentam resistências ligeiramente inferiores (em 7%). No que respeita a compressão, as resistências são inferiores em cerca de 7%, por comparação com a argamassa de referência. No estudo 2, também se avaliou a incorporação de 20% de fibras. Com este teor de fibras, a redução de resistências já foi superior, tanto na flexão como na compressão. A redução foi superior para a fibra com 1,5 cm de comprimento, que apresentou uma redução aos 90 dias de resistência à compressão de 24%. Relativamente às argamassas com cal e cimento (estudo 3), apenas a argamassa com 10% de introdução de fibras melhorou o valor de resistência à flexão das argamassas, por comparação com a argamassa de referência, apresentando um valor máximo de tensão de 1,87 MPa, 6% superior ao valor apresentado pela argamassa de referência. À compressão, todas as argamassas do estudo 3 apresentaram um valor de resistência inferior ao da argamassa de referência.

Dentro de cada estudo, verifica-se que a resistência é inferior para maior volume de fibras incorporado, o que está em concordância com os valores obtidos no ensaio de módulo de elasticidade dinâmico.

Relativamente ao comprimento das fibras, a influência do comportamento varia de estudo para estudo. No estudo 1, as fibras mais curtas são aquelas que melhores resistências apresentam. Nos estudos 2 e 3, as fibras mais longas (com 3,0 cm) foram aquelas que melhores resistências apresentaram.

Nas Figuras 3, 4 e 5, são apresentadas as curvas de força / deslocamento obtidas no ensaio de resistência à flexão, respectivamente para os estudos 1, 2 e 3. Com o desenvolvimento destas curvas, é possível perceber a melhoria que as fibras têxteis têm no comportamento pós-rotura das argamassas. As argamassas de referência (representadas a preto em todos os estudos) apresentam uma rotura frágil, que se caracteriza por uma curva que, após atingir a resistência máxima, cai e não denota qualquer capacidade de carga após esta rotura. As argamassas reforçadas com fibras apresentam um comportamento distinto, mais dúctil. Após atingirem a rotura, são capazes de ainda deformar mantendo uma carga residual. No estudo 1, verificou-se que a argamassa mais dúctil foi a com adição de 5% de fibras têxteis com 1,5 cm de comprimento. No estudo 2, a argamassa com melhor desempenho do ponto de vista da ductilidade, foi aquela que incorporou o maior volume de fibra (20%) para o comprimento de 3,0 cm. No estudo 3, também foi a maior incorporação de fibras que resultou numa maior ductilidade (20%) mas neste estudo foi a fibra mais curta que apresentou melhor comportamento (20%Cim+Cal1,5). Também neste ensaio, não foi notada uma clara evidência de qual o comprimento de fibra que apresenta melhor desempenho. O comprimento melhor variou de argamassa para argamassa.

Por outro lado, no ensaio de módulo de elasticidade, foram os comprimentos mais curtos das fibras aqueles que melhores desempenhos apresentaram, isto é, apresentaram módulos de elasticidade mais baixos o que indicia maior deformabilidade.

Este comportamento mais dúctil de pós-rotura das argamassas reforçadas com fibras têxteis, verificado através das curvas de força / deslocamento, indica que estes materiais fibrosos são capazes de, mesmo após a rotura, evitar o alargamento das fissuras e a propagação das mesmas. Assim, em caso de fissuração, as argamassas reforçadas apresentaram fissuras com aberturas menores, designadas por “microfissuras” (abaixo de 0,2 mm) (Veiga[1], 1998), e evitam a sua propagação (Gonilho-Pereira *et al.*, 2013; Juarez *et al.*, 2015), apresentando assim um comportamento à fissuração mais favorável do que as argamassas não reforçadas.

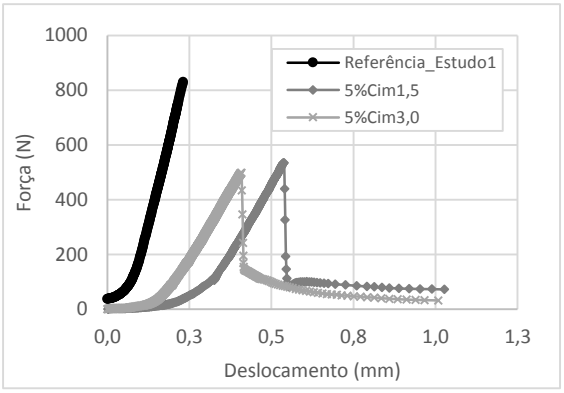


Figura 3 – Curvas de força / deslocamento (Estudo 1)

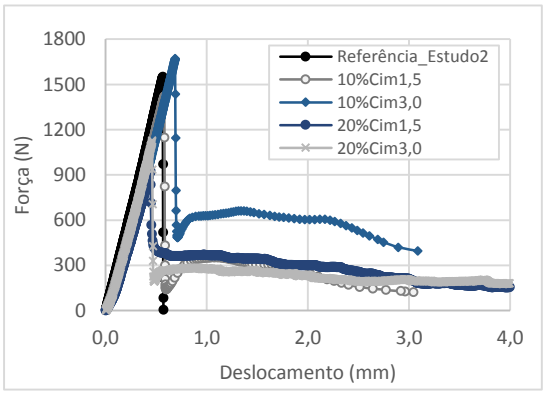


Figura 4 – Curvas de força / deslocamento (Estudo 2)

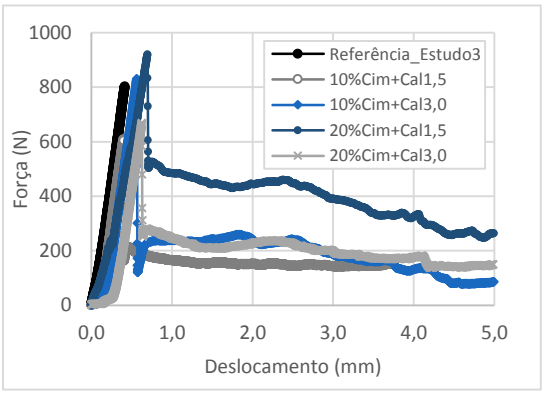


Figura 5 – Curvas de força / deslocamento (Estudo 3)

4. CONCLUSÕES

Neste artigo, analisou-se o modo como a adição de resíduos de fibras têxteis influenciou o comportamento à fissuração das argamassas, através de ensaios de resistências mecânicas, de deformabilidade e de avaliação pós-rotura.

Foi possível com a análise conjunta destes estudos verificar que:

- de um modo geral, a introdução de fibras piora a trabalhabilidade das argamassas, sendo necessário incorporar uma maior quantidade de água para que a mesma trabalhabilidade seja alcançada;
- a análise da trabalhabilidade é subjectiva, dependendo da sensibilidade humana, que é variável de pessoa para pessoa e, como tal, torna-se difícil de medir e de quantificar. Com este estudo, essa discrepância de sensibilidades foi verificada;
- a incorporação de resíduos de fibras têxteis é responsável por diminuir ligeiramente a resistência mecânica das argamassas. Contudo, até 10% de incorporação, essa diminuição não é significativa;
- a deformabilidade das argamassas é melhorada com a incorporação de fibras, o que pode prevenir a fissuração das argamassas, nomeadamente devido à retracção e a variações térmicas;
- o reforço das argamassas com fibras têxteis melhora significativamente o comportamento de pós-rotura das argamassas, apresentando as argamassas modificadas um comportamento mais dúctil, observado através das curvas de força / deslocamento do ensaio de resistência à flexão;
- a incorporação de fibras evita o alargamento e a propagação das fissuras quando a argamassa atinge a rotura;
- não se conseguiu concluir sobre o tamanho ideal das fibras porque este varia consoante o teor de

incorporação de fibras. Para as argamassas dos estudos 1 e 3, o comprimento que melhor desempenho apresentou é o das fibras curtas. No estudo 2, foram as fibras longas que melhor desempenho apresentaram;

- relativamente ao ligante de cimento, verifica-se que a incorporação de 10% é aquela que melhor comportamento pós-rotura apresenta, sendo capaz de suportar uma carga residual de 40% do valor de carga máxima após a rotura. No ligante à base de cal e cimento, é a maior percentagem de fibras (20%) aquela que apresenta melhor desempenho. A argamassa 20%Cim+Cal1,5 foi capaz de suportar, após rotura, uma carga com um valor de 50% do valor de rotura máxima.

De uma forma geral, conclui-se que a incorporação de resíduos de fibras têxteis, em argamassas de revestimento, são uma solução para aumentar a deformabilidade das argamassas e, como tal, diminuir a fissuração das mesmas. Ao mesmo tempo, aumenta-se o ciclo de vida dos resíduos têxteis, contribuindo para uma economia circular.

REFERÊNCIAS

ARAYA-LETELIER, G.; ANTICO, F. C.; CARRASCO, M. *et al*., 2017 – **Effectiveness of new natural fibers on damage-mechanical performance of mortar**. *Construction and Building Materials*, vol. 152, pp. 672-682.

BRAZÃO FARINHA, C.; NUNES, L.; BRITO, J.; VEIGA, R., 2018 – **Avaliação da influência de resíduos com material orgânico na susceptibilidade de argamassas ao desenvolvimento de bolores**. Congresso Construção, Porto.

CEN, 1999 – **Methods of test for mortar for masonry – Part 11: determination of flexural and compressive strength of hardened mortar**. Brussels: CEN. EN 1015-11:1999.

CEN, 1999 – **Methods of test for mortar for masonry – Part 3: determination of consistence of fresh mortar (by flow table).** Brussels: CEN. EN 1015-3:1999.

CEN, 2004 – **Natural stone test methods. Determination of the dynamic elastic modulus of elasticity (by measuring the fundamental resonance frequency)**. Brussels: CEN. EN 14146:2004.

CEN, 2010 – **Building lime – Part 1: definitions, specifications and conformity criteria**. Brussels: CEN. EN 459-1:2010.

CSTB, 1993 – **Certification CSTB des enduits monocouches d'imperméabilisation, Modalités d'essais**. 1993. Paris: CSTB. Cahier 2669-4 (1993).

DI BELLA, G.; FIORE, V.; GALTIERI, G.; BORSELLINO, C.; VALENZA, A., 2014 – **Effects of natural fibres reinforcement in lime plasters (kenaf and sisal vs. Polypropylene).** *Construction and Building Materials*, vol. 58, pp. 159-165.

GONILHO-PEREIRA, C.; FARIA, P.; FANGUEIRO, R. *et al.*, 2013 – **Performance Assessment of Waste Fiber-Reinforced Mortar**. *Materials Science Forum*, pp. 617-622.

HWANG, C.L.; TRAN, V. A.; HONG, J. W.; HSIEH, Y. C., 2016 – **Effects of short coconut fiber on the mechanical properties, plastic cracking behavior, and impact resistance of cementitious composites.** *Construction and Building Materials*, vol. 127, pp. 984-992.

JUAREZ, C. A.; FAJARDO, G.; MONROY, S. *et al*., 2015 – **Comparative study between natural and PVA fibers to reduce plastic shrinkage cracking in cement-based composite**. *Construction and Building Materials*, vol. 91, pp. 164-170.

ORASUTTHIKUL, S.; UNNO, D.; YOKOTA H., 2017 – **Effectiveness of recycled nylon fiber from waste fishing net with respect to fiber reinforced mortar**. *Construction and Building Materials*, vol. 146, pp. 594-602.

PEDERNEIRAS, C.; VEIGA, R.; BRITO, J., 2018 – **Effects of the incorporation of waste fibres on the cracking resistance of mortars: a review**. *International Journal of Green Technology*, pp. 38–46.

SPADEA, S.; FARINA, I.; CARRAFIELLO, A.; FRATERNALI, F., 2015 – **Recycled nylon fibers as cement mortar reinforcement.** *Construction and Building Materials*, vol. 80, pp. 200-209.

VEIGA, R., 2000 – **Influence of application conditions on the cracking susceptibility of renderings**. *Concrete Science and Engineering*. vol. 2, no. September, pp. 134-140.

VEIGA, R., 2004 – **Cracking behaviour of renders: evaluation and improvement (in Portuguese)**. *Cadernos Edifícios n.º3, Revestimentos em edifícios recentes*, pp. 7-27.

VEIGA[1], R., 1998 – **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes -– Contribuição para o estudo da sua resistência à fissuração**. Tese de Doutoramento. Lisboa: LNEC.

VEIGA[2], R., 1998 – **A methodology to evaluate the cracking susceptibility of renders: equipment, tests and criteria. Experimental data**. 5th International Masonry Congress.

REGIME APLICÁVEL À REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS OU FRAÇÕES AUTÓNOMAS. CONTRIBUTOS PARA A APLICAÇÃO DO DECRETO-LEI Nº 95/2019

LEGAL REGIME FOR THE REFURBISMENT OF BUILDINGS OR BUILDING UNITS. CONTRIBUTIONS TO THE APPLICATION OF DECREE-LAW NO. 95/2019




João Branco Pedro [(1)], Joana Mourão [(2)]

(1) LNEC, Portugal, jpedro@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, jmourão@lnec.pt

RESUMO

O Decreto-Lei nº 95/2019 estabeleceu o *Regime Aplicável à Reabilitação de Edifícios ou Frações Autónomas* (RAREFA), com vista a adequar o quadro legal às exigências e especificidades da reabilitação de edifícios. O RAREFA definiu três princípios fundamentais a observar nas operações de reabilitação e realizou uma alteração integrada em seis domínios regulamentares.

Com vista a contribuir para o adequado entendimento do Decreto-Lei nº 95/2019 e dos diplomas que o regulamentam, nesta comunicação são analisados a delimitação do âmbito de aplicação e o modo como podem ser operacionalizados os princípios a observar na reabilitação estabelecidos pelo novo regime.

Para responder a estas questões foram analisados os diplomas legais, abordados alguns interlocutores de municípios e ordens profissionais, e ponderadas possíveis soluções para resolver os desafios identificados.

Como resultado conclui-se que, embora sejam definidos critérios gerais quanto ao âmbito de aplicação, é necessário determinar caso a caso se cada projeto de especialidade está ou não abrangido pelo RAREFA. Conclui-se também que os princípios definidos no RAREFA estão em linha com a doutrina mais atual sobre a matéria, mas é importante utilizar instrumentos que ajudem a avaliar em que medida são observados nas intervenções.

Palavras-chave: Reabilitação de Edifícios / Requisitos Técnicos da Construção / Licenciamento Municipal de Obras / Proteção do Património Edificado Corrente / Sustentabilidade

1. INTRODUÇÃO

O Decreto-Lei nº 95/2019 estabeleceu o *Regime Aplicável à Reabilitação de Edifícios ou Frações Autónomas* (RAREFA), com vista a adequar o quadro legal da construção às exigências e especificidades da reabilitação de edifícios.

O novo regime visa que, nas intervenções de reabilitação, sejam conciliadas *«a melhoria das condições de habitabilidade com uma resposta responsável e proporcionada em termos de respeito pela preexistência e pela sustentabilidade ambiental»* (Preâmbulo). Para o efeito foram definidos três princípios fundamentais a observar nas operações de reabilitação: proteção do existente, sustentabilidade ambiental e melhoria proporcional e progressiva. Foi também realizada uma alteração integrada em seis domínios regulamentares: exigências funcionais da habitação e da edificação em conjunto, acessibilidade, segurança contra incêndios, segurança estrutural, comportamento térmico e eficiência energética, e comportamento acústico. Com a aprovação do Decreto-Lei nº 95/2019 foi revogado o Decreto-Lei nº 53/2014, de 8 de abril, que tinha estabelecido o *Regime Excecional e Temporário para a Reabilitação de Edifícios* (RERE).

Com vista a contribuir para o adequado entendimento do Decreto-Lei nº 95/2019 e dos diplomas que o regulamentam, são analisados nesta comunicação o âmbito de aplicação e os princípios orientadores das intervenções de reabilitação. Quanto ao âmbito de aplicação, são abordadas as questões: Quais os critérios a considerar na determinação do âmbito de aplicação? Em que circunstâncias é necessário justificar o recurso ao RAREFA? Relativamente aos princípios de reabilitação, são abordadas as questões: Quais as implicações de cada princípio? Como verificar o cumprimento dos princípios?

Para responder a estas questões foram analisados os diplomas legais, abordados alguns interlocutores de municípios e ordens profissionais, e ponderadas possíveis soluções para resolver os desafios identificados. Como resultado, a comunicação está organizada em cinco secções: introdução, organização do RAREFA, análise do âmbito de aplicação, análise dos princípios e notas finais.

2. ORGANIZAÇÃO DOS DIPLOMAS LEGAIS E REGULAMENTARES

Através do Decreto-Lei nº 95/2019 foram realizadas diversas alterações no quadro legal e regulamentar da construção de edifícios que se organizam em seguida por domínio regulamentar:

– *Requisitos funcionais da habitação e da edificação em conjunto*

  Aprovação da **Portaria nº 304/2019**, que *«define os requisitos funcionais da habitação e da edificação em conjunto, aplicáveis às operações de reabilitação em edifícios ou frações com licença de construção emitida até 1 de janeiro de 1977, sempre que estes se destinem a ser total ou predominantemente afetos ao uso habitacional»* (sumário). Estes requisitos são alternativos aos que lhes correspondem no *Regulamento Geral das Edificações Urbanas* (RGEU), aprovado pelo Decreto-Lei nº 38 382, de 7 de agosto de 1951.

– *Segurança contra incêndios em edifícios*

  Alteração do artigo 14º-A, sobre edifícios e recintos existentes, do **Decreto-Lei nº 220/2008**, que estabelece o *Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios*.

  Publicação do **ARICA:2019** – Método de Avaliação da Segurança ao Incêndio em Edifícios Existentes, que operacionaliza o referido artigo 14º-A (Coelho *et al.*, 2019).

– *Comportamento térmico e eficiência energética em edifícios*

  Alteração do artigo 30º, sobre comportamento térmico e eficiência dos sistemas técnicos de edifícios existentes, e aditamento do artigo 29º-A, sobre situações singulares em operações de reabilitação, ambos do **Decreto-Lei nº 118/2013**, que aprovou o *Sistema de Certificação Energética dos Edifícios* (SCE), o *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação* e o *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviço*.

  Aprovação da **Portaria nº 297/2019**, que procede à quarta alteração à Portaria nº 349-B/2013, que define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré certificados e certificados do SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.

  Aprovação da **Portaria nº 303/2019**, que fixa os custos-padrão, definidos por tecnologia, sistema ou elemento construtivo, que permitem quantificar o custo das intervenções para operações de reabilitação.

– *Requisitos acústicos em edifícios*

  Alteração do artigo 5º, sobre requisitos acústicos dos edifícios aplicáveis aos edifícios habitacionais e mistos, do **Decreto-Lei nº 129/2002**, que aprova o *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios* (RRAE).

  Aprovação da **Portaria nº 305/2019**, que fixa as *Normas Técnicas dos Requisitos Acústicos em Edifícios Habitacionais Existentes*.

– *Acessibilidades em edifícios*

  Alteração do artigo 2º, sobre o âmbito de aplicação, e aditamento do artigo 9º-A, sobre a intervenção em edifícios de habitação existentes, ambos do **Decreto-Lei nº 163/2006**, que aprova o *Regime da Acessibilidade aos Edifícios e Estabelecimentos que Recebem Público, Via Pública e Edifícios Habitacionais*.

  Aprovação da **Portaria nº 301/2019**, que define o método de projeto para a melhoria da acessibilidade das pessoas com mobilidade condicionada em edifícios habitacionais existentes.

– *Segurança estrutural em edifícios*

  Aprovação do **Despacho Normativo nº 21/2019**, que aprova as condições para a utilização dos Eurocódigos Estruturais nos projetos de estruturas de edifícios.

  Aprovação da **Portaria nº 302/2019**, que define os *«termos em que as obras de ampliação, alteração ou reconstrução estão sujeitas à elaboração de relatório de avaliação de vulnerabilidade sísmica, bem como as situações em que é exigível a elaboração de projeto de reforço»* (sumário).

  Publicação da ***Metodologia para a Avaliação da Segurança Sísmica de Edifícios Existentes Baseada em Análises de Fiabilidade Estrutural*** (Sousa, Costa e Costa, 2019) e dos **Aspetos gerais da aplicação em Portugal do Eurocódigo 8 – Parte 3 – Anexo C (Informativo) – Edifícios de alvenaria** (Candeias *et al.*, 2020).

O Decreto-Lei nº 95/2019 alterou também o artigo 59º do Decreto-Lei nº 123/2009, que define o *Regime Jurídico da Construção, do Acesso e da Instalação de Redes e Infraestruturas de Comunicações Eletrónicas*. Esta alteração apenas consagra a dispensa que já estava prevista no artigo 8º do RERE, pelo que não é objeto de análise nesta comunicação.

Verifica-se que o RAREFA foi concretizado através de 8 novos diplomas, 5 diplomas alterados, 5 diplomas revogados e dois novos métodos. Foi, portanto, realizada uma revisão profunda do quadro legal e regulamentar da construção. Esse quadro é reconhecidamente complexo e, inevitavelmente, o RAREFA não pode deixar de reproduzir essa caraterística.

3. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

3.1. Data de construção

O âmbito temporal de aplicação de cada domínio regulamentar abrangido pelo RAREFA é determinado pela data de entrada em vigor da última grande alteração das exigências que atualmente vigoram nesse domínio regulamentar.

Assim, nos termos do artigo 2º do Decreto-Lei nº 95/2019, os seguintes domínios regulamentares aplicam-se quando o procedimento de controlo prévio da construção (*i.e.*, licenciamento ou comunicação prévia) dos edifícios ou frações ocorreu antes de:

– *Comportamento térmico e eficiência energética em edifícios*

  1 de janeiro de 1991, data da entrada em vigor do Decreto-Lei nº 40/90, de 6 de fevereiro, que aprovou o primeiro Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, entretanto já revogado, estando em vigor a terceira geração de regulamentos neste domínio, aprovado pelo Decreto-Lei nº 118/2013;

– *Requisitos acústicos em edifícios*

  12 de julho de 2002, data da entrada em vigor do Decreto-Lei nº 129/2002;

– *Acessibilidades em edifícios*

  9 de fevereiro de 2007, data da entrada em vigor do Decreto-Lei nº 163/2006; a data pode ser posterior nas situações abrangidas pela norma transitória constante no artigo 23º do mesmo Decreto-Lei;

– *Segurança contra incêndios em edifícios*

  1 de janeiro de 2009, data da entrada em vigor do Decreto-Lei nº 220/2008.

Por data do *procedimento de controlo prévio aplicável à construção* entende-se a data do requerimento ou comunicação apresentados na entidade licenciadora pelo requerente da operação urbanística de que resultou a construção do edifício ou fração.

Também nos termos do artigo 2º do Decreto-Lei nº 95/2019, os *Requisitos funcionais da habitação e da edificação em conjunto* são aplicáveis nos edifícios ou frações autónomas com licença de construção emitida antes de **1 de janeiro de 1977** (data aproximada da entrada em vigor do Decreto-Lei nº 650/75)[1].

No RAREFA, apenas a *Segurança estrutural* difere dos restantes domínios. A análise da vulnerabilidade sísmica e a eventual elaboração de projeto de reforço é **independente da data da construção original**.

Naturalmente que os edifícios ou frações posteriores à data de entrada em vigor da legislação atualmente em vigor deverão continuar a cumpri-la quando são objeto de operações de reabilitação, não sendo, portanto, abrangidos pelo RAREFA.

3.2. Uso

Nos termos do artigo 2º do Decreto-Lei nº 95/2019, o RAREFA aplica-se às operações de reabilitação realizadas em edifícios ou frações autónomas, sempre que estes se destinem a ser total ou predominantemente **afetos ao**

[1] Este domínio regulamentar difere dos anteriores porque é verificada a data da licença de construção em vez da data do requerimento ou comunicação que resultou a construção do edifício ou fração.

uso habitacional, isto é, *«pelo menos 50% da sua área*[2] *destina-se a habitação e a usos complementares, designadamente estacionamento, arrecadação ou usos sociais*[3]*»*.

Assim, entende-se que são abrangidas as operações urbanísticas nas frações e edifícios indivisos com pelo menos 50% da área destinada à habitação e a usos complementares, assim como espaços comuns de edifícios coletivos com pelo menos 50% da área destinada à habitação e a usos complementares.

A generalidade dos domínios regulamentares abrangidos pelo RAREFA está alinhada com esta limitação, referente ao uso, com duas exceções que se analisam em seguida:

– *Segurança contra incêndios em edifícios*

  O artigo 14º-A do Decreto-Lei nº 220/2008 pode ser aplicado à generalidade dos edifícios, ou suas frações, **qualquer que seja a sua utilização**. Consequentemente, o ARICA:2019, ou outros métodos que sejam publicados no âmbito deste enquadramento legal, aplicam-se também a qualquer edifício, **independentemente do seu uso**. Foi, contudo, excluído do âmbito do ARICA:2019 os edifícios ou locais de risco com uma elevada concentração de pessoas (Coelho *et al.*, 2019, p. 3).

– *Segurança estrutural*

  O Despacho Normativo nº 21/2019 determina a utilização dos Eurocódigos Estruturais nos projetos de estruturas de edifícios, **independentemente do seu uso**. Na mesma linha, a Portaria nº 302/2019, abrange edifícios **qualquer que seja a sua utilização**.

3.3. Tipo de obra

O RAREFA aplica-se a operações de reabilitação realizadas em edifícios ou frações autónomas. Enquadram-se nas *operações de reabilitação* os seguintes tipos de obras:[4]

«i) ***Obras de alteração****;*

ii) ***Obras de reconstrução ou de ampliação****, na medida em que sejam condicionadas por circunstâncias preexistentes que impossibilitem o cumprimento da legislação técnica aplicável»* (artigo 3º do Decreto-Lei nº 95/2019).

Ficam, portanto, excluídas do âmbito do RAREFA as **obras de conservação**, pois, sendo obras de restauro, reparação ou limpeza, destinadas a manter uma edificação nas condições existentes à data da sua construção, reconstrução, ampliação ou alteração, não têm de cumprir a legislação superveniente. Ficam também, como é natural, excluídas as **obras de construção** nova.

Em todos os domínios regulamentares do RAREFA é seguido o princípio geral estabelecido no Decreto-Lei nº 95/2019 quanto à aplicação por tipo de obra, conforme se analisa em seguida:

---

[2] Não sendo definido no Decreto-Lei nº 95/2019 o tipo de área, considera-se mais adequado utilizar a área bruta.

[3] São exemplos de «usos sociais» a sala de condóminos e a lavandaria comum.

[4] Os tipos obras seguem as definições do Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (Decreto-Lei nº 555/99):

  – *Alteração*: Obras de que resulte a modificação das características físicas de uma edificação existente, ou sua fração, designadamente a respetiva estrutura resistente, o número de fogos ou divisões interiores, ou a natureza e cor dos materiais de revestimento exterior, sem aumento da área total de construção, da área de implantação ou da altura da fachada;

  – *Reconstrução*: Obras de construção subsequentes à demolição, total ou parcial, de uma edificação existente, das quais resulte a reconstituição da estrutura das fachadas;

  – *Ampliação*: Obras de que resulte o aumento da área de implantação, da área total de construção, da altura da fachada ou do volume de uma edificação existente.

– *Requisitos funcionais da habitação e da edificação em conjunto*

Nos termos do artigo 2º da Portaria nº 304/2019, as obras de **alteração** são divididas em obras de pequena e de grande reorganização espacial, de acordo com os critérios definidos na Portaria. Em ambos os casos, as obras de alteração beneficiam da flexibilização das exigências permitida pela Portaria. Porém, nas obras de pequena reorganização espacial, apenas os espaços, instalações e elementos construtivos que forem objeto de intervenção têm de cumprir o disposto na Portaria, podendo manter-se situações preexistentes, independentemente da sua situação regulamentar, se não forem intervencionadas. Já nas obras de grande reorganização espacial, toda a habitação, incluindo os respetivos espaços, instalações e elementos construtivos, deve observar o disposto na Portaria.

Nas obras de **ampliação** e de **reconstrução**, apenas as partes preexistentes beneficiam da flexibilização das exigências permitida pela Portaria. Já as partes ampliadas ou reconstruídas devem cumprir o disposto no RGEU. Isto significa que, em geral, se deve conciliar as exigências da Portaria na parte existente, com as exigências do RGEU, na parte ampliada ou reconstruída. Adicionalmente, a parte ampliada ou reconstruída não deve criar ou agravar desconformidades das partes existentes ou do conjunto da habitação relativamente à legislação aplicável (*e.g.*, não deve ser adicionado um quarto a uma habitação que já tem três quartos e apenas uma instalação sanitária).

Contudo, sempre que existam fortes condicionantes determinadas pela necessidade de coerência com o edifício existente, é admitido que nas partes ampliadas ou reconstruídas se aplique o disposto na Portaria para as obras de grande reorganização espacial, devendo o projetista fundamentar tal facto na memória descritiva do projeto ao abrigo dos princípios previstos no Decreto-Lei nº 95/2019.

Além das operações urbanísticas anteriores, as **alterações de uso** também são abrangidas pela Portaria nº 304/2019 desde que seja mantida a função predominantemente habitacional do edifício e a licença de construção tenha sido emitida antes de 1 de janeiro de 1977. Porém, apenas são aplicáveis as normas constantes da Portaria que expressamente o prevejam, o que se limita ao nº 4 do artigo 4º que define requisitos relativos ao pé-direito.

– *Segurança contra incêndios em edifícios*

O artigo 14º-A do Decreto-Lei nº 220/2008 aplica-se em todas as operações urbanísticas realizadas em edifícios, ou suas frações autónomas, e recintos, construídos ao abrigo do direito anterior. Abrange, portanto, as obras de **alteração**, de **ampliação** e de **reconstrução**.

O âmbito de aplicação do ARICA:2019 está alinhado com o do referido artigo, mas são excluídas as obras de reconstrução precedidas de demolição do edifício preexistente, mesmo que se mantenham as paredes exteriores. Esta limitação decorre de ter sido entendido que no caso de demolição integral deixavam de subsistir preexistências que condicionavam o cumprimento dos requisitos de regulamentação de segurança ao incêndio aplicáveis à nova construção, que, portanto, devem ser observados.

Para recorrer ao ARICA ou a outro método reconhecido pela ANEPC, o projetista deve justificar na memória descritiva que a aplicação da regulamentação de segurança ao incêndio é manifestamente desproporcionada face aos princípios previstos no Decreto-Lei nº 95/2019.

– *Comportamento térmico e eficiência energética em edifícios*

O artigo 29º-A do Decreto-Lei nº 118/2013 estabelece que os requisitos especiais definidos pela Portaria nº

297/2019 são aplicáveis nas obras de **alteração**, de **ampliação** e de **reconstrução**.[5] A aplicação desses requisitos carece, contudo, de fundamentação da excecionalidade, podendo o projetista evocar os princípios definidos no Decreto-Lei nº 95/2019. Os requisitos considerados na Portaria variam consoante o tipo de intervenção, que é definido com base no tipo de edifício (coletivo ou unifamiliar) e no custo da intervenção face ao valor do edifício. O custo da intervenção é calculado com base nos custos-padrão estabelecidos na Portaria nº 303/2019.

– *Requisitos acústicos em edifícios*

De acordo com o artigo 5º do Decreto-Lei nº 129/2002, nas obras de **alteração** e de **ampliação**, as partes preexistentes podem cumprir os requisitos acústicos definidos na Portaria nº 305/2019, em alternativa ao disposto no RRAE.

Nas obras de **ampliação**, relativamente à parte ampliada, e nas obras de **reconstrução**, é aplicável o disposto no RRAE. Contudo, quando existirem fortes condicionantes determinadas pela necessidade de coerência com o edifício preexistente, pode ser aplicado o disposto na referida Portaria.

Sempre que forem aplicados os requisitos acústicos definidos na Portaria, o projetista deve justificar a sua adoção na memória descritiva, ficando a mesma sujeita a apreciação pela entidade competente pela aprovação do projeto.

– *Acessibilidades em edifícios*

Nos termos do artigo 9º-A do Decreto-Lei nº 163/2006, o *Método de Projeto para a Melhoria da Acessibilidade das Pessoas com Mobilidade Condicionada em Edifícios de Habitação Existentes*, estabelecido pela Portaria nº 301/2019, é aplicável à totalidade da área intervencionada nas obras de **alteração** e à parte preexistente nas obras de **ampliação**.

No âmbito desta Portaria uma obra pode ser classificada, quanto ao nível de intervenção, como simples, média ou profunda. As medidas a adotar aplicam-se de forma diferenciada consoante o nível de intervenção: apenas aos espaços, instalações e elementos construtivos que forem objeto de intervenção, nas intervenções simples; a toda a habitação, nas intervenções médias; e ao edifício e logradouros, nas intervenções profundas. O projetista deve explicar, na memória descritiva, as medidas adotadas para cumprir os objetivos de acessibilidade definidos no Método de Projeto.

Excecionalmente, quando existirem fortes condicionantes determinadas pela necessidade de coerência com o edifício existente, ou quando for impraticável a satisfação de alguma ou algumas das especificações das *Normas Técnicas de Acessibilidade* (NTA) anexas ao Decreto-Lei nº 163/2006, o Método de Projeto referido pode também ser aplicado nas partes ampliadas das obras de **ampliação** ou nas partes reconstruídas das obras de **reconstrução**. Por analogia às partes reconstruídas, o método também pode ser aplicado na parte preexistente das obras de **reconstrução**. O projetista deve justificar, na memória descritiva, a necessidade de recorrer ao Método de Projeto em alternativa ao cumprimento das NTA. A justificação fica sujeita a apreciação pela entidade competente pela aprovação do projeto. Esta justificação não dispensa a explicação das medidas adotadas na aplicação do Método de Projeto, já referida.

– *Segurança estrutural*

Como anteriormente referido, o artigo 1º da Portaria nº 302/2019 estabelece os termos em que obras de

[5] Apesar de serem definidos requisitos para este tipo de obras, o certificado SCE continua a apenas ser exigido nos edifícios ou frações sujeitos a grandes intervenções.

ampliação, **alteração** e **reconstrução** estão sujeitas à elaboração de relatório de avaliação de vulnerabilidade sísmica, bem como as situações em que é exigível a elaboração de projeto de reforço sísmico de acordo com os Eurocódigos Estruturais. Entende-se que, tendo a estrutura de um edifício um comportamento conjunto, a avaliação deve abranger todo o edifício, não sendo, portanto, feita a distinção entre parte preexistente e parte ampliada ou reconstruída.

Tal como decorre do nº 3 do artigo 9º do Decreto-Lei nº 555/99, quando uma intervenção integrar partes distintas que se enquadram em diferentes tipos de obra, pode aplicar-se em cada parte o respetivo enquadramento regulamentar (*e.g.*, num corpo preexistente podem apenas ser realizados trabalhos de conservação, enquanto que noutro corpo pode ser realizada uma reconstrução com preservação da fachada).

3.4. Justificação de condicionantes

Como referido nas secções anteriores, em algumas situações a aplicação do RAREFA pode carecer de justificação. Nesse caso, cabe ao projetista justificar o recurso ao RAREFA e à entidade licenciadora apreciar essa justificação.

Os projetistas devem identificar, em concreto, as condicionantes determinadas pela preexistência que justificam recorrer aos requisitos menos exigentes definidos no RAREFA. Os motivos podem ser de natureza variada, como por exemplo: ser **impraticável** do ponto de vista técnico (*e.g.*, obriga a realizar trabalhos que não são tecnicamente realizáveis), ser **desproporcionado** do ponto de vista económico (*e.g.*, obriga a um investimento muito elevado em face da melhoria obtida), ser **prejudicial** do ponto de vista ambiental ou cultural (*e.g.*, obriga a destruir elementos de valor cultural), ser **incoerente** do ponto de vista estético (*e.g.*, obriga a quebrar a harmonia da composição com elementos ou volumes dissonantes), ou ser **indesejável** do ponto de vista construtivo (obriga à introdução de elementos construtivos de comportamento muito diferente dos existentes). Considera-se que, sempre que seja removida a edificação originária (*e.g.*, reconstrução total) e as condicionantes por ela impostas (*e.g.*, reorganização fundiária de lotes pequenos), deixa de existir motivo para recorrer ao RAREFA.

No RAREFA é explicitado que a justificação apresentada pelo projetista deve ser integrada na memória descritiva do projeto entregue com o requerimento apresentado para controlo prévio e a justificação deve remeter para os princípios definidos no Decreto-Lei nº 95/2019. Considera-se que a justificação será mais fundamentada se assentar num diagnóstico da situação preexistente.

Cabe às entidades licenciadoras, no exercício da sua competência discricionária, analisar as justificações de cada caso e aceitá-las, ou não, em consonância com essa análise. Para transparência dos processos e informação dos requerentes, as decisões das entidades licenciadoras devem explicitar os fundamentos que tiveram na sua origem.

4. PRINCÍPIOS A OBSERVAR NA REABILITAÇÃO

4.1. Análise dos princípios

Princípio da proteção e valorização do existente

«1 – A atuação sobre o edificado existente deve sempre integrar a preocupação de uma adequada preservação e valorização da preexistência, bem como a sua conjugação com a melhoria do desempenho, que deve sempre orientar qualquer intervenção de reabilitação.

2 – A proteção e valorização das construções existentes assenta no reconhecimento dos seus valores: a) Artísticos ou estéticos; b) Científicos ou tecnológicos; e c) Socioculturais.

3 – Os valores a que se refere o presente artigo assumem particular expressão no edificado corrente através das

> *características arquitetónicas, construtivas e espaciais, que se refletem na sua singularidade e expressão de conjunto, na coerência construtiva e funcional, na adequação aos modos de vida, bem como no seu reconhecimento pela comunidade.» (artigo 4º do Decreto-Lei nº 95/2019).»*

Este princípio consagra que as intervenções de reabilitação de edifícios devem conciliar a preservação e a valorização do existente com a adequação aos atuais padrões de segurança, habitabilidade e conforto. Aponta também os valores a proteger e valorizar, assim como as caraterísticas do edificado que os podem representar.

Com base neste princípio, o RAREFA permite a conservação de elementos e características do edifício que, face às exigências da construção nova, poderiam ter de ser removidos.

A aplicação prática deste princípio coloca um interessante desafio: como reconhecer os valores presentes num edifício e, de acordo com a intervenção preconizada, verificar a sua preservação com coerência e equidade. Em cada caso, caberá ao projetista reconhecer os valores, sem prejuízo dos já identificados em instrumentos de gestão territorial, e propor medidas para a sua proteção e valorização, total ou parcial. Caberá à entidade licenciadora apreciar essas medidas. Para facilitar e qualificar o diálogo entre o projetista e a entidade licenciadora, é vantajoso que estas tarefas assentem em elementos e critérios de avaliação objetivos, e reconhecidos pela comunidade técnica. Note-se que o reconhecimento de valores implica um diagnóstico criterioso e que a apreciação de medidas de reabilitação implica uma avaliação dos impactes sobre esses valores, igualmente criteriosa.

Princípio da sustentabilidade ambiental

> *«1 – A atividade de reabilitação deve ser orientada para a minimização do seu impacto ambiental, assumindo o desígnio da preservação dos recursos naturais e da biodiversidade, com particular incidência na redução da extração e processamento de matérias-primas, produção de resíduos e emissão de gases nocivos.*
>
> *2 – A reabilitação de edifícios contribui para a sustentabilidade ambiental através do aumento da vida útil dos edifícios e deve privilegiar a reutilização de componentes da construção, a utilização de materiais reciclados, a redução da produção de resíduos, a utilização de materiais com reduzido impacto ambiental, a redução de emissão de gases com efeito estufa, a melhoria da eficiência energética e a redução das necessidades de energia, incluindo a energia incorporada na própria construção, bem como o aproveitamento de fontes de energia renováveis.» (artigo 5º do Decreto-Lei nº 95/2019).»*

Este princípio consagra que se deve minimizar o impacte ambiental das intervenções de reabilitação de edifícios e reconhece as vantagens ambientais destas intervenções ao rentabilizarem a utilização dos recursos já investidos na construção dos edifícios.

Como complemento, é enumerado um conjunto de orientações a privilegiar na reabilitação de edifícios com vista a contribuir para a sustentabilidade ambiental, que devem igualmente ser aplicadas transversalmente no domínio da construção nova. Decorre também do referido que as intervenções de reabilitação ao preservarem elementos que já são parte integrante do edifício e continuam a apresentar um desempenho adequado ao uso, tem um importante contributo para a eficiência material e energética.

Com base neste princípio, o RAREFA promove um adequado desempenho energético do edifício, em particular na prestação de conforto térmico.

A legislação concretiza este princípio na dimensão da energia operacional, ao apresentar exigências específicas de comportamento térmico e eficiência energética. Porém, não se encontra o mesmo apoio nas dimensões da energia incorporada, eficiência material e contributo para a economia circular, que são igualmente importantes para a sustentabilidade ambiental dos edifícios.

Note-se que existe informação diversa sobre o ciclo de vida de cada produto da construção, mas poderá não ser fácil obtê-la e utilizá-la durante o projeto e na sua apreciação (*e.g.*, depende do acesso a base de dados que nem

sempre são de acesso aberto, não são específicas do setor da construção em Portugal, raramente consideram materiais tradicionais e, nem sempre cobrem todos os materiais e componentes a considerar ou não os desagregam de forma a ser fácil comparar componentes com vários materiais). Já a conservação ou reutilização direta de materiais, não carece de consulta de bases de dados para demonstrar o contributo para a conservação de energia incorporada.

Princípio da melhoria proporcional e progressiva

> *«1 – A melhoria da qualidade de vida e da habitabilidade deve estar subjacente a todas as intervenções no edificado existente, sendo alcançada de forma gradual e proporcional à natureza da intervenção a realizar, devendo adotar-se as medidas mais adequadas que são tanto mais profundas quanto maior for a intervenção.*
>
> *2 – As intervenções sobre o edificado existente devem ter em consideração uma relação custo-benefício, entendida em sentido lato, segundo diferentes perspetivas: a) Curto e longo prazo; b) Financeira, social e cultural; c) Individual e coletiva; d) Comunidade local e de uma visão global, considerando a região, país e o planeta.» (artigo 6º do Decreto-Lei nº 95/2019).»*

Este princípio consagra que o nível de satisfação das exigências regulamentares deve ser proporcional à profundidade da intervenção, podendo essas exigências ser alcançadas de forma gradual, em intervenções sucessivas.

Com base neste princípio, o RAREFA distingue as exigências regulamentares de acordo com a extensão da intervenção (*e.g.*, pequena ou grande reorganização espacial na Portaria nº 304/2019) ou de acordo com os custos (*e.g.*, custo da intervenção na Portaria nº 297/2019).

A aplicação deste princípio permite adequar e fasear a satisfação dos objetivos de qualidade nos edifícios, mas coloca a questão de decidir quais as melhorias que se justifica fazer consoante a profundidade e orçamento da intervenção.

O diploma identifica quatro perspetivas que devem ser ponderadas na avaliação de custo-benefício que suporta as decisões, e que se exemplificam em seguida:

a) Confronto entre os encargos a curto prazo face às suas vantagens a longo prazo;

b) Confronto entre os custos financeiros e vantagens sociais ou patrimoniais;

c) Confronto entre os custos para o promotor individual e as vantagens para a comunidade;

d) Confronto entre as opções locais e as suas repercussões globais.

Este princípio vai ao encontro das expetativas dos promotores, pois não obriga a alcançar o desempenho ideal sempre que é feita qualquer intervenção. Contudo, à semelhança dos princípios anteriores, a sua aplicação prática não é imediata.

4.2. Verificação dos princípios

A consagração dos princípios da reabilitação de edifícios no Decreto-Lei nº 95/2019 estabeleceu um importante referencial. Porém, considera-se que a sua adequada aplicação requer instrumentos que ajudem os projetistas a justificar a evocação desses princípios e as entidades licenciadoras a verificar o seu cumprimento.

Observa-se que os princípios remetem para uma doutrina cujo alcance e aplicação pode não ser imediata para todos os técnicos envolvidos. Esta doutrina pode também não se encontrar sempre de acordo com os objetivos dos promotores, requerendo mediação em sede de controlo prévio.

Acresce que a ponderação em conjunto dos vários princípios é complexa, pois obriga a considerar diversos pontos de vista (*i.e.*, preservação cultural, eficiência ambiental e coesão social), que podem mesmo conduzir a

soluções difíceis de conciliar. Por exemplo, a proteção de valores artísticos existentes pode não ser fácil de conciliar com a máxima eficiência energética, ou a melhoria proporcional e progressiva pode levar a que não sejam atingidos imediatamente os atuais padrões de segurança, habitabilidade e conforto.

Assim, entende-se que é importante complementar a definição dos princípios com normas ou guias que os aprofundem e concretizem (CEN, 2017), e com métodos de apoio à decisão. Neste contexto, tem vindo a ser desenvolvido, no âmbito de um projeto de investigação, o método de avaliação multicritério de impactes culturais e ambientais da reabilitação de edifícios habitacionais urbanos, designado de IMPACTE REHURB (Mourão, 2020).

Na atual fase de desenvolvimento, este método avalia as intervenções de reabilitação face aos objetivos «Preservação de valores técnicos e culturais» e «Eficiência no uso de recursos energéticos». Para o efeito o modelo de avaliação organiza-se em 6 domínios, 20 fatores e mais de 50 elementos de avaliação (Figura 1). Este método observa os mesmos princípios que o RAREFA evoca, adicionando pontos de vista, critérios e elementos de avaliação específicos. Em fase posterior, será incluído o objetivo «Oferta de habitação adequada», com o consequente complemento do modelo de avaliação.

O método foi testado em casos reais e discutido com diversos especialistas, estando planeada a consulta das principais entidades do setor. Para facilitar a sua aplicação, foi desenvolvida uma folha de cálculo, que organiza a informação e automatiza os cálculos necessários para a classificação de impactes.

Quando concluído, o método poderá ser utilizado pelos projetistas para identificar valores durante o diagnóstico, autoavaliar diferentes opções na fase de projeto, e evidenciar os impactes da solução proposta junto da entidade licenciadora. Caso pretenda, uma entidade licenciadora com funções de gestão territorial (*e.g.*, um município) poderá exigir que os projetos atinjam determinadas classificações mínimas, em termos culturais, ambientais e sociais, ou em domínios de avaliação que se considerem especialmente relevantes na área urbana em que se insere o edifício a reabilitar.

Domínio	*Fator*
Morfologia Urbana	Tecido Urbano consolidado
	Cérceas da envolvente
	Alçado de conjunto
Tipologia Arquitetónica	Organização espacial
	Comunicações
	Caracterização estética
Sistema Construtivo	Elementos primários
	Elementos secundários
	Instalações e redes
Materiais	Materiais existentes
	Materiais adicionados
Componentes para conforto passivo	Controlo de humidade
	Inércia térmica
	Isolamento térmico
	Exposição e controlo solar
	Iluminação natural
	Ventilação natural
Sistemas para conforto ativo	Climatização e AQS
	Energia renovável

Figura 1 – Domínios e fatores do modelo de avaliação

5. CONCLUSÕES

Com base na análise apresentada, pode concluir-se que:

1) O Decreto-Lei nº 95/2019 define critérios para determinar se o disposto neste diploma é, ou não, aplicável a uma intervenção de reabilitação. Assim, é necessário determinar, por domínio regulamentar, se o projeto está ou não abrangido pelo RAREFA e se é ou não necessária uma justificação na memória descritiva. Uma intervenção num edifício pode simultaneamente ser abrangida pelo RAREFA em alguns domínios regulamentares e não ser noutros. Esta diferença não se afigura inconveniente, pois os diversos domínios regulamentares correspondem a diferentes projetos de especialidade. Naturalmente que será sempre necessário o normal trabalho de compatibilização entre especialidades por parte do coordenador de projeto.

2) O Decreto-Lei nº 95/2019 define princípios gerais da reabilitação de edifícios que estão em linha com a doutrina mais atual sobre a matéria. A implementação dessa doutrina não é garantida apenas pelas exigências regulamentares do regime, carecendo de apreciação e devendo ser objeto de verificação. Assim, para a sua adequada aplicação por projetistas e entidades licenciadoras, é importante aprofundar e concretizar os princípios em documentação de apoio, e operacionalizar a sua verificação através de métodos de avaliação legitimados pela comunidade técnica.

AGRADECIMENTOS

A António Cabaço, Catarina Mouraz, Cláudio Cruz e J. Grandão Lopes, pelo apoio no aperfeiçoamento do conteúdo e da redação. Parte dos resultados apresentados foram obtidos no âmbito do projeto de investigação «Avaliação de impactes culturais e ambientais da reabilitação urbana e de edifícios» financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (SFRH/BPD/118089/2016).

REFERÊNCIAS

CANDEIAS, P.; COSTA, A.C.; CATARINO, J. M. *et al*., 2020 – **Aspetos gerais da aplicação em Portugal do Eurocódigo 8 – Parte 3 – Anexo C (Informativo) – Edifícios de alvenaria**. In *RPEE*, Série III. N.º 12 (março de 2020) pp. 99-120.

CEN/TC 346, 2017 – **Conservation of cultural heritage. Guidelines for improving the energy performance of historic buildings**. Brussels: CEN. EN 16883: 2017.

COELHO, A. L.; PEDRO, J. B.; FERREIRA, T.; VICENTE, M., 2019 – **ARICA:2019. Método de avaliação da segurança ao incêndio em edifícios existentes. Descrição, âmbito e condições de aplicação**. Relatório 327/2019. Lisboa: LNEC.

MOURÃO, J., 2020 – **Avaliação de impactes culturais e ambientais da reabilitação de edifícios habitacionais urbanos. Processo de apoio técnico e método de avaliação IMPACTE REHURB**. Lisboa: LNEC.

SOUSA, R. R.; COSTA, A. C.; COSTA, A. G., 2019 – **Metodologia para a avaliação da segurança sísmica de edifícios existentes baseada em análises de fiabilidade estrutural**. Relatório 81/2019. Lisboa: LNEC.

PLACAS DE CIMENTO-MADEIRA COM RESÍDUO DE BANANEIRA PARA A REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

CEMENT-WOOD BOARDS WITH BANANA TREE WASTE FOR BUILDINGS REHABILITATION





Bruno Fernandes [(1)], Vítor Silva [(2)], Paulina Faria [(3)]

(1) DEC/FCT, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal, bma.fernandes@campus.fct.unl.pt
(2) DEC/FCT, Universidade NOVA de Lisboa, vmd.silva@fct.unl.pt
(3) DEC/FCT, Universidade NOVA de Lisboa e CERIS/IST, Universidade de Lisboa, Portugal, paulina.faria@fct.unl.pt

RESUMO

O pseudocaule de bananeira é um resíduo que é gerado na indústria da banana, por ter de ser cortado e removido da árvore regularmente, e que não tem grande aplicação em Portugal. Na reabilitação de edifícios recorre-se muitas vezes à utilização de placas compósitas com base em cimento (CBPB) para compartimentação ou revestimento, interior ou exterior. As placas de partículas de madeira aglutinadas por cimento são um dos casos. A empresa VIROC produz e comercializa este t ipo de placas. As partículas de madeira são obtidas a partir de toros de madeira de pinho nacional. Com vista à circularidade da economia e pelo interesse de incorporar resíduos em materiais de construção para reduzir a sua energia incorporada e contribuir para reduzir o impacte da indústria da construção, foi proposto à VIROC avaliar a viabilidade de produção deste tipo de placas recorrendo a uma substituição parcial das partículas de madeira virgem por partículas de pseudocaule de bananeira. Procurando simular a produção industrial das placas VIROC, produziram-se em laboratório provetes de placas com 0%, 25%, 50% e 75% de substituição em massa de partículas de madeira por fibras de pseudocaule, que foram caracterizadas por ensaios físico-mecânicos, de acordo com a normalização em vigor para este tipo de placas. Neste artigo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos. Face à formulação apenas com aparas de madeira a introdução das fibras promoveu, principalmente, o aumento do módulo de elasticidade em flexão e a redução do inchamento em espessura dos painéis. A campanha experimental apresentou resultados promissores, tendo sido possível cumprir, na maior parte dos casos, os requisitos definidos na normalização europeia das CBPB. Assim, a substituição parcial de madeira virgem pelas fibras de bananeira apresenta viabilidade e pode contribuir para a circularidade da economia.

Palavras-chave: Economia Circular / Resíduo de Origem Vegetal / Fibra de Pseudocaule de Bananeira / Requisito / Caracterização Laboratorial

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, tem-se vindo a dar cada vez mais importância à necessidade de utilizar resíduos e subprodutos como alternativa, pelo menos parcial, aos recursos naturais na produção dos materiais de construção. Existe inclusive legislação nacional que já exige a incorporação de resíduos. Tal deve-se, por um lado, aos recursos naturais serem finitos e, por outro lado, à dificuldade na gestão dos resíduos. Assim, criar alternativas para os diferentes setores produtivos de maneira a reduzir o consumo excessivo de recursos naturais, utilizando simultaneamente resíduos e subprodutos industriais, é uma tarefa fulcral para um futuro mais sustentável e promissor para gerações futuras.

De acordo com Moraes e Henkes (2013), estima-se que a cada ano cerca de 10 toneladas de matéria-prima seja extraída do solo por habitante. Dos vários setores existentes, a construção civil possui das maiores relações de interdependência com o meio ambiente. Há assim a necessidade de reduzir o seu impacte negativo, indo de encontro à utilização de resíduos existentes para a criação de novos materiais de construção. A forma de construir também necessita ser repensada e pode ser otimizada. Através de investigação e investimentos no setor tecnológico, é possível alterar o futuro que se está a traçar. Os governos também devem estar dispostos a criar incentivos para que haja mais pesquisa e investimentos principalmente na área de estudos de novos materiais. Por exemplo na reabilitação construtiva de edifícios, são consumidos muitos m^2 de placas por exemplo compósitas de cimento e fibras.

Os resíduos de origem vegetal, dos quais os resíduos da bananeira são um exemplo muito volumoso na ilha da Madeira, começam também a ganhar importância e visibilidade com o apoio dos vários estudos que se têm vindo a desenvolver em torno deste tema, comprovando os seus benefícios ao nível de vários setores, abrangendo áreas desde a medicina, até à construção civil.

De acordo com os dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2018), a banana é o segundo fruto mais consumido a nível mundial, seguido do tomate, atingindo um número recorde da sua produção em 2018, de 115 milhões de toneladas, o que representa aproximadamente 5 200 milhões de pseudocaule da bananeira. Através destes dados é fácil perceber a dimensão de resíduos que a produção deste fruto gera. Contudo, apesar da quantidade de resíduos deste tipo gerados, são apenas utilizados pelos seus produtores para efeitos de fertilização dos terrenos ou, em alguns casos, as folhas da bananeira, funcionam como cobertura de algumas habitações de construção mais vernáculas.

As bananeiras são plantas herbáceas, ou seja, têm caules não lenhosos ou flexíveis. A sua origem remonta à Ásia, no entanto, espalharam-se abundantemente pelas regiões tropicais e subtropicais do mundo inteiro. Cada bananeira produz apenas um cacho de bananas, terminando assim o seu ciclo de vida, necessitando de ser cortada *a posteriori*. É uma planta de rápido crescimento atingindo a sua plenitude em menos de dois anos, período durante o qual esta se vai reproduzindo, criando assim descendentes. Consequentemente as bananeiras mais antigas necessitam de ser removidas e as mais novas de serem afastadas para que possam crescer com as condições necessárias. Assim, durante o seu período de exploração e ao terminar o seu tempo de vida, são gerados resíduos vegetais, nomeadamente a folha da bananeira e o seu pseudocaule.

Segundo a FAO (2018), as bananeiras não necessitam de muitos cuidados e apreciam ambientes húmidos; daí os maiores registos de produção desta fruta estarem associados a países como Índia, China, Filipinas, Equador, Brasil, Estados Unidos. De acordo com o Quadro 1, a Índia é o maior produtor a nível mundial. Em Portugal a ilha da Madeira apresenta uma produção elevada.

Quadro 1 – Quantidade de banana produzida em alguns países (FAO, 2018)

País produtor	Quantidade produzida (toneladas)
Índia	30 000 000
China	11 000 000
Filipinas	8 000 000
Equador / Brasil	7 000 000

A planta é composta essencialmente pelas suas raízes, o seu pseudocaule, as folhas e o seu fruto (banana). Apresentam caule subterrâneo denominado rizoma, de onde saem as raízes primárias de grande comprimento para procura de água, visando a hidratação dos seus tecidos (Borges *et al*., 2004).

Na parte exterior do pseudocaule encontram-se as fibras de pseudocaule, Figura 1 (a). Este nome advém de o fato da bananeira ter um "falso tronco", o palmito, envolto numa sobreposição das fibras. Como tal, apenas pode ser observado após a remoção de todas as fibras do pseudocaule, Figura 1 (b), ou através de um corte transversal, Figura 1 (c).



(a) (b) (c)

Figura 1 – (a) Fibras de pseudocaule da bananeira; (b) Palmito da bananeira após remoção das fibras envolventes; (c) Corte do pseudocaule da bananeira, adaptado de Borges *et al.* (2004)

2. CAMPANHA EXPERIMENTAL, MATERIAIS E PROVETES

2.1. Enquadramento experimental

Através de uma parceria entre a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa (FCT NOVA) e a empresa de produção de painéis de madeira-cimento VIROC do grupo Investwood, procurou-se avaliar o potencial de aplicação de resíduo de pseudocaule da bananeira na produção de placas compósitas de madeira-cimento para aplicação na construção.

As fibras do pseudocaule da bananeira, Figura 2 (a), com o passar do tempo vão-se desfolhando, Figura 2 (b). Esta planta transporta nos seus canais a água que vai alimentar as folhas e as bananas. Como tal, cada fibra que se vai separando do pseudocaule acaba por secar, Figura 2 (c), tornando-se vital a sua remoção pois dá origem a matéria morta.



(a) (b) (c)

Figura 2 – (a) Amostras secas de fibras do pseudocaule da bananeira; (b) Descasque das fibras do pseudocaule da bananeira; (c) Corte transversal da fibra depois de seca, com vista para os canais de passagem da água

Este artigo tem como principal objetivo analisar a viabilidade de desenvolver painéis compósitos de madeira-cimento, com substituições parciais de partículas de pinho bravo por fibras de pseudocaule da bananeira, que apresentem boas propriedades físicas e mecânicas. Para serem atingidos os objetivos analisaram-se as condições necessárias de viabilidade do fabrico destes painéis e, com base em resultados introdutórios e estudos prévios obtidos, realizou-se um plano sequencial do tipo de placas a produzir. Para o fabrico destas placas seguiram-se as normas e métodos adotados pela empresa, tendo sido necessário desenvolver todo um processo de produção manual, uma vez que não foi possível a utilização dos equipamentos adotados na fábrica. Houve a necessidade de encontrar um processo de trituração a partir do qual se obtivessem fibras adequadas, fabricar moldes para a conceção dos provetes e propor um processo de fabrico expedito e eficaz. Depois de definidas todas as soluções necessárias ao processo de produção, foram fabricadas placas com diferentes composições, tendo como variáveis a percentagem de fibras de madeira e pseudocaule da bananeira.

2.2. Materiais

2.2.1. Fibras de pseudocaule da bananeira e de madeira

As amostras de pseudocaule da bananeira utilizadas neste trabalho são provenientes da ilha da Madeira, recolhidas por um produtor local, no município da Ribeira Brava.

Para aplicação nos painéis compósitos, secaram-se os pseudocaules recolhidos das bananeiras para, à posteriori serem reduzidos às dimensões pretendidas para as fibras, com recurso a um moinho de lâminas Retsch SK 100, Figura 3. A moagem foi fácil e realizada de forma rápida. Porém, numa fase inicial foram necessários cortes manuais do pseudocaule, com dimensões de 10 mm x 10 mm, para que o equipamento os conseguisse triturar.



Figura 3 – Aspeto das fibras de pseudocaule da bananeira moídas

Para o fabrico dos provetes de painéis CBPB, as aparas de pinho bravo utilizadas foram fornecidas pela empresa VIROC, devidamente aparadas nas suas máquinas. Por questões relacionadas com a oxidação destas fibras, os provetes tiveram de ser efetuados num intervalo de tempo de 48 horas, a partir do momento em que foram recolhidas da fábrica.

2.2.2. Cimento, sulfato de alumínio e silicato de sódio

O cimento Portland e restantes constituintes dos CBPB foram também fornecidos pela VIROC. Foram utilizados em dosagens definidas pela empresa, não descritas neste artigo por questões de sigilo industrial.

O sulfato de alumínio tem como principal função desfibrar as partículas de madeira e atuar como acelerador de presa, apresentando melhores resultados comparativamente a aditivos à base de cloreto para algumas espécies de madeira, tais como o *Pinus pinaster*. No caso do silicato de sódio, este é utilizado na indústria do cimento para várias aplicações, tais como: redutor de humidade no processo de produção do clínquer, ativador de cimento de escória, acelerador de presa no betão projetado, aditivo protetor de fibras vegetais em compósitos de cimento

e sistema de proteção de superfície do betão. Contudo, a mais-valia deste químico na mistura é a redução do tempo de presa.

2.3. Produção dos provetes de placas com base em madeira e cimento

Como referido anteriormente, não se encontraram registos de estudos ou de tentativas de produção de painéis compósitos de cimento com junção das fibras de pseudocaule de bananeira. Assim, neste trabalho, o método de fabrico dos provetes teve em conta o processo adotado pela VIROC. Deu-se início ao processo de produção dos provetes pela peneiração e separação das aparas de madeira e de bananeira em resíduos de dimensões superiores e inferiores a 1 mm. Os painéis possuem uma distinção na deposição dos agregados que varia ao longo da sua espessura. A Figura 4 ilustra um corte transversal de uma amostra fornecida pela VIROC, que demonstra a diferente disposição granulométrica. Nas suas superfícies superior e inferior é possível constatar a presença das partículas de menor dimensão (< 1 mm), aumentado as suas dimensões no sentido das faces para o seu interior, sendo este composto por dimensões aleatórias.

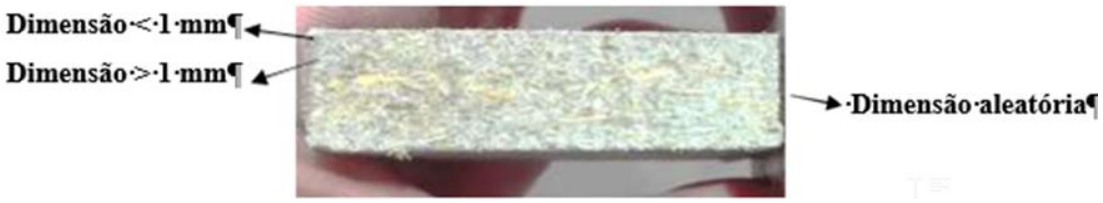


Figura 4 – Corte transversal de uma amostra de painel VIROC

O passo seguinte consistiu na mistura, cujas quantidades foram todas controladas e calculadas tendo em consideração as proporções definidas pela VIROC. Definiram-se as quantidades de cada material a usar na produção de cada provete, relacionando o volume de cada um, a uma massa (kg).

As misturas foram feitas em baldes distintos, para melhor organização, tendo em consideração as diferentes granulometrias a utilizar em cada camada. Para uma mistura mais homogénea possível recorreu-se a um berbequim para amassadura de argamassa Figura 5 (a) durante 3 minutos, com uma mistura final manual, Figura 5 (b), cujo resultado pode ser observado na Figura 5 (c). A sequência da aplicação do material por camadas e o aspeto do provete antes de ser prensado encontra-se ilustrada na Figura 6.



(a) (b) (c)

Figura 5 – (a) Mistura com berbequim de argamassa; (b) Mistura manual; (c) Aspeto da mistura final



Figura 6 – Sequência de deposição do material por camadas e aspeto final de um "colchão" de provete antes da prensagem

Para realizar os provetes foram necessárias placas de metal, com as dimensões dos respetivos provetes e com uma espessura de 4 mm, que foram também disponibilizadas pela VIROC. Além das placas foram necessários ainda doze perfis de aço para que, após a prensagem dos provetes, fosse possível a sua fixação. Seguidamente, os provetes entre as placas foram colocados numa estufa a 50 ^{0}C, com 50% de HR, durante 10 horas. Na Figura 7 encontra-se o esquema adotado para prensar os provetes e a respetiva fixação, de maneira a existir uma força de compressão durante a primeira etapa da cura.



Figura 7 – Sobreposição dos "colchões" e respetivas fixações para prensagem

Terminando assim todos os processos relativos a questões de cura dos provetes, foi necessário efetuar cortes nas placas produzidas para as dimensões estabelecidas pelas normas de ensaio e requisitos, para realização de ensaios de caraterização. A Figura 8 ilustra as dimensões das placas após a prensagem e a cura, ainda sem nenhum processo de corte.

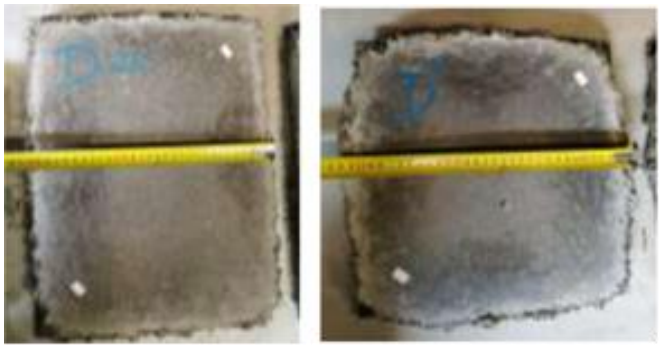


Figura 8 – Aspeto dos provetes, após a cura

No Quadro 2 são apresentadas as composições de fibras dos provetes de painéis (em massa) e as siglas que os representam. Os provetes B e B´ diferenciam-se pela sua área.

Quadro 2 – Siglas, composição e área dos provetes de placas

Nome do provete	**Composição do provete**	**Área do provete [mm]**
B0	100% pinho bravo com adição de 0% de fibra de bananeira	400 x 300
B25	75% pinho bravo com adição de 25% de fibra de bananeira	
B50	50% pinho bravo com adição de 50% de fibra de bananeira	
B75	25% pinho bravo com adição de 75% de fibra de bananeira	
B'0	100% pinho bravo com adição de 0% de fibra de bananeira	300 x 300
B'25	75% pinho bravo com adição de 25% de fibra de bananeira	
B'50	50% pinho bravo com adição de 50% de fibra de bananeira	
B'75	25% pinho bravo com adição de 75% de fibra de bananeira	

3. PROCEDIMENTOS DE ENSAIO E RESULTADOS

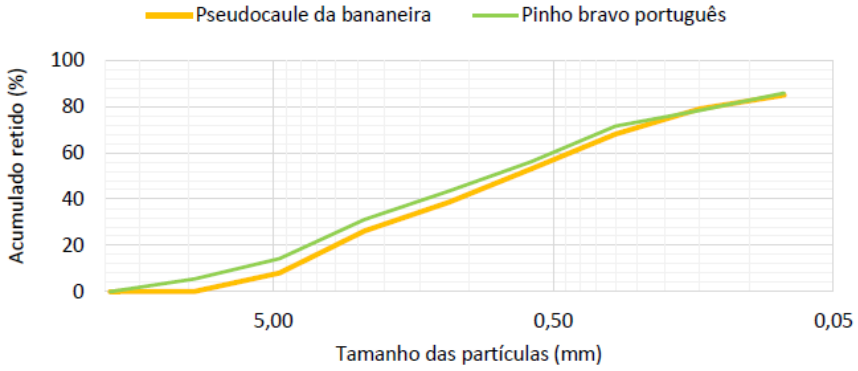
3.1. Quantidade de açúcar presente na fibra do pseudocaule da bananeira

A presença de açucares prejudica o correto fabrico dos painéis com cimento, de maneira que foi necessário analisar a viabilidade do uso das fibras de bananeira, precavendo eventuais problemas durante e após a fase de produção dos provetes. De acordo com informações técnicas da VIROC, a percentagem máxima de açúcar que pode estar presente no pinho bravo é de 0,4%. Assim, antes e após um tratamento prévio que consistiu numa lavagem manual das fibras de bananeira, durante 15 minutos, avaliou-se a diminuição dos níveis de açúcar sem e após o tratamento. Obtiveram-se valores de 0,25% para o pinho bravo, de 0,16% para as fibras de bananeira com tratamento e de 0,08% para as fibras sem qualquer tratamento.

Foi possível constatar que a utilização das fibras de bananeira cumpre os requisitos. Os teores de açúcar mais elevados correspondem às fibras de pinho bravo, de árvores cortadas recentemente e armazenadas no parque de materiais da VIROC durante um período, podendo variar consoante o ritmo de produção que a fábrica tenha. As fibras de bananeira não tratadas apresentam uma redução de 30%, face às fibras de madeira.

3.2. Análise granulométrica

Para determinar a curva granulométrica de cada tipo de fibra, foram selecionadas várias amostras representativas de cada material. O processo consistiu em agitar a amostra através de um conjunto definido de peneiros com diferentes aberturas. O ensaio durou 15 minutos e foi realizado mecanicamente com um equipamento SOILTEST modelo CL-394B. Foram avaliadas as massas das quantidades retidas em cada peneiro, conduzindo assim às curvas granulométricas, que se encontram na Figura 9.



3.3. Massa volúmica e teor de humidade

Para a determinação da massa volúmica dos provetes das placas recorreu-se à norma NP EN 323 (2002). Os únicos equipamentos requeridos para este processo foram uma craveira e balança digitais, para determinar a massa e o volume de cada provete e obter o seu quociente. Foram analisados cada provete da espécie B'0, B'25, B'50 e B'75. Os resultados da massa volúmica dos provetes são elevados devido ao fato das dimensões granulométricas das fibras de bananeira (abaixo de 1 mm), serem inferiores às do pinho bravo, ocupando mais espaços vazios e aumentando a compacidade das placas.

Os valores dos teores de humidade são um parâmetro essencial de ser avaliado, uma vez que a humidade pode afetar a processabilidade, vida útil, usabilidade e qualidade de um produto. O processo tinha como ponto de partida uma pesagem inicial de todos os provetes, antes de um processo de secagem. A secagem consistiu na colocação das amostras numa estufa com circulação de ar, regulável a 103 ± 2 ^{0}C.

No Quadro 3 observam-se as massas volúmicas e as médias de teor de humidade dos provetes, em comparação com resultados dos painéis VIROC.

Quadro 3 – Massa volúmica e teor de humidade dos provetes ensaiados

Amostra	Massa volúmica [kg/m³]	Teor de humidade [%]
VIROC	1350	11
B'0	1699	11,2
B'25	1788	9
B'50	1934	8,2
B'75	1890	8

3.4. Resistência à flexão e módulo de elasticidade em flexão

A determinação da espessura dos provetes imediatamente antes dos ensaios mecânicos foi realizada com recurso a uma craveira digital. Os ensaios de módulo de elasticidade à flexão e de resistência à flexão foram realizados com base na norma NP EN 310 (2002). Recorreu-se a um equipamento Zwick Roell ZO10, com célula de carga de 10 kN. O ensaio foi realizado nos provetes B0, B25, B50 e B75 após os cortes, 3 dias após o último processo de cura na câmara climática. Relativamente ao módulo de elasticidade em flexão, este valor representa a resposta do material durante o ensaio de flexão, medindo-se a flecha (deslocamento) a meio-vão, ou seja, a meia distância entre os suportes. Apresentam-se na Figura 10 os resultados médios da resistência à flexão dos provetes de painéis e os respetivos módulos de elasticidade, comparativamente a valores dos painéis VIROC.

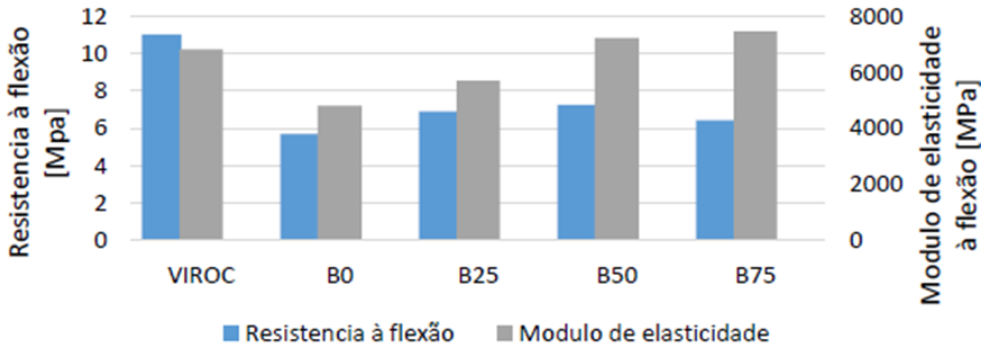


Figura 10 – Resistência à flexão e módulo de elasticidade em flexão dos provetes

3.5. Resistência à tração perpendicular às faces da placa

Realizado através da norma NP EN 319 (2002), este ensaio possibilita determinar a resistência à tração perpendicular às faces da placa, em inglês denominado *internal bond*, relativo a aglomerado de partículas, aglomerado de fibras e aglomerado de partículas ligadas por cimento. Os resultados apresentam-se na Figura 11 (a), juntamente com os obtidos após ensaios ciclos que serão referidos em 3.7.

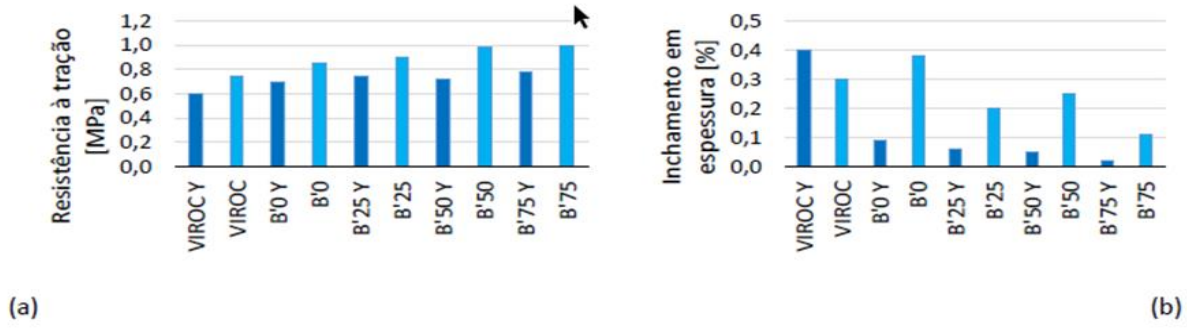


Figura 11 – Resistência à tração perpendicular (a) e inchamento em espessura após imersão em água (b) dos provetes ensaiados antes e após envelhecimento acelerado por ensaios cíclicos (diferenciados pela sigla Y)

Os valores médios de resistência à tração dos provetes B'0 sofreram um aumento de 18% face aos B´75. O aumento da resistência está também relacionado com a maior massa volúmica dos provetes B'75, face aos B'0. Através de uma análise visual de pós-rutura dos provetes, comprovou-se que a zona de rutura acontece no intervalo entre camadas, onde existe uma ligeira fragilidade (Figura 12), tal como acontece nas placas de VIROC.



Figura 12 – Zona de rutura de um provete após ensaio de tração perpendicular

3.6. Inchamento em espessura após imersão em água

O ensaio de inchamento em espessura após imersão em água foi realizado de acordo com a NP EN 317 (2002) e os resultados são apresentados na Figura 11 (b), juntamente com os obtidos após ensaios cíclicos, que serão referidos em 3.7. Foi possível observar-se uma tendência para a diminuição do inchamento com o aumento da percentagem de fibras de bananeira; B'75 apresenta, notoriamente, um menor inchamento em espessura. O maior inchamento de provetes com maior presença de pinho bravo pode estar relacionado fisicamente com as caraterísticas anatómicas da fibra (elevada porosidade) e quimicamente com o maior percentual de hemicelulose (Melo, Stangerlin, Sousa *et al.*, 2015), uma vez que é o componente químico responsável por conferir deformabilidade ao material.

3.7. Resistência à tração e inchamento em espessura após ensaios cíclicos

A resistência à humidade foi determinada através dos ensaios de resistência à tração e do inchamento em espessura após imersão em água, realizados após ciclos, de acordo com a NP EN 321 (2001). Os resultados apresentam-se na Figura 11 (a) e (b), respetivamente, respeitantes aos provetes com a letra "Y" acrescentada à nomenclatura já definida anteriormente.

De acordo com o historial de ensaios realizados pelo departamento técnico da VIROC, é normal uma redução de cerca de 0,3 MPa dos valores de resistência à tração, causadas pela degradação das propriedades das fibras. Através da Figura 11 é possível constatar que a redução dos valores dos ensaios realizados após os ciclos aproximam-se dos 0,3 MPa. Foi no caso dos provetes B'50 Y e B'75 Y que se observou uma maior redução na resistência à tração. Houve, assim, uma degradação acrescida das fibras da bananeira, devido ao processo artificial de envelhecimento e de degradação pelos ensaios cíclicos. No entanto, verificou-se uma redução do inchamento em espessura dos provetes com o aumento do teor em fibras de bananeira após ensaios cíclicos, o que é bastante positivo.

4. CONCLUSÕES

Os valores obtidos podem ter tido influência do fabrico laboratorial e não industrial, uma vez que se obtiveram ligeiras variações de espessura nos provetes, uma maior compacidade e uma menor diferenciação entre as camadas exteriores e interior das placas. No entanto, de um modo geral a viabilidade destes painéis foi comprovada, respeitando, na maioria dos casos, as normas de requisitos dos painéis compósitos de madeira-

cimento e por vezes superando as propriedades químicas e mecânicas apresentadas pelos painéis só com aparas de madeira do tipo VIROC. Assim conclui-se que a introdução de fibras de pseudocaule da bananeira possui um elevado potencial para a produção de painéis compósitos do tipo VIROC a utilizar na reabilitação de edifícios, principalmente onde este resíduo exista com abundância, como é o caso da ilha da Madeira.

REFERÊNCIAS

CEN, 2001 – **Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Dry and moist products of medium and low thermal resistance**. Brussels: CEN. EN 12664:2001.

FAO, 2018 – **Banana market review: preliminary results for 2018**. Rome: United Nations.

MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; SOUSA A. P. *et al*., 2015 – **Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados madeira-bambu**. *Ciência Rural*. 45(1), 35-42.

MORAES, N. C.; HENKES, J. A., 2013 – **Avaliação do programa de gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição no Município de Caçapava, SP**. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*. 2 (1), 113-134.

NP EN 310:2002– **Placas de derivados de madeira. Determinação do módulo de elasticidade em flexão e da resistência à flexão**. Caparica: Instituto Português da Qualidade, 2002.

NP EN 317:2002 – **Aglomerado de partículas de madeira e aglomerado de fibras de madeira. Determinação do inchamento em espessura após imersão em água**. Caparica: Instituto Português da Qualidade, 2002.

NP EN 319:2002 – **Aglomerado de partículas de madeira e aglomerado de fibras de madeira. Determinação da resistência à tracção perpendicular às faces da placa**. Caparica: Instituto Português da Qualidade, 2002.

NP EN 322:2002 – **Placas de derivados de madeira. Determinação do teor de água**. Caparica: Instituto Português da Qualidade, 2002.

NP EN 323:2002 – **Placas de derivados de madeira. Determinação da massa volúmica**. Caparica: Instituto Português da Qualidade, 2002.

REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS BASEADA NA METODOLOGIA BIM

BUILDING ENERGETIC REHABILITATION SUPPORTED BY BIM METHODOLOGY





Maria João Falcão Silva [(1)], Paula Couto [(2)], Fernando Pinho [(3)]

(1) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, pcouto@lnec.pt
(3) CERIS, FCT-UNL, Portugal, ffp@fct.unl.pt

RESUMO

A reabilitação de edifícios tem vindo a crescer nos últimos anos, sendo atualmente uma das áreas com maior investimento, tanto por parte do setor público, como do setor privado. O parque edificado português é de um modo geral um parque envelhecido, encontrando-se degradado e a necessitar de intervenções de reabilitação. Estas intervenções de reabilitação vão permitir aumentar o ciclo de vida do edifício e uma maior adaptabilidade a eventuais novas funcionalidades, aumentando os padrões de qualidade e consumindo menos quantidade de materiais e energia, comparativamente com o recurso à construção nova. Neste sentido, entende se que a reabilitação de edifícios se evidencia como uma área em que um dos princípios orientadores deverá ser a sustentabilidade. A reabilitação energética apresenta um elevado potencial de poupança a diferentes níveis, permitindo otimizar o consumo de energia dos habitantes, com soluções que corrijam a baixa qualidade construtiva e a inadequação funcional.

O trabalho desenvolvido aborda um tema muito pertinente e atual, que se prende com a forma de como podem ser incorporadas as ferramentas digitais no apoio a intervenções sustentáveis de reabilitação energética de um edifício com valor patrimonial, utilizando uma abordagem apoiada na metodologia BIM. Para além de um levantamento sumário do estado da arte, são testadas algumas soluções e efetuadas diferentes análises do ponto de vista do desempenho energético do edifício, o que permite concluir sobre a solução mais eficiente e quais as vantagens da utilização do BIM para estes fins, logo em fases iniciais de projeto. As principais conclusões do estudo são apresentadas, bem como a perspetiva dos desenvolvimentos futuros do trabalho.

Palavras-chave: Reabilitação Energética / Metodologia BIM / Edifícios Público / Sustentabilidade

1. INTRODUÇÃO

A reabilitação de edifícios, tem vindo a assumir, nos anos mais recentes, um papel mais importante no setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) na medida em que, para além de permitir a resolução de anomalias visíveis bem como da degradação física do edificado, permite melhorar as condições de conforto, aumentando a eficiência energética e hídrica do edifício, bem como reduzindo a poluição ao longo do seu ciclo de vida (Dinis, 2010).

Da fusão entre a reabilitação e a sustentabilidade torna-se possível prolongar a vida útil de um edifício sem que seja necessária a construção de um novo edifício de raiz, o que se traduz numa redução dos recursos naturais utilizados bem como da produção de resíduos (emissões de carbono incluídas), potenciando a consideração de soluções construtivas mais amigas do ambiente (Mota, 2013; Martins, 2014). A preocupação com a sustentabilidade, baseada nos conceitos de projetos que considerem fatores sociais, económicos e ambientais nas suas estratégias tem crescido cada vez mais no setor AECO. Avaliar a sustentabilidade de um edifício implica uma análise integrada de muitas variáveis que requerem tempo no desenvolvimento de um projeto e da integração entre as diversas especialidades (Silva, 2019).

O Building Information Modeling (BIM) surge como uma metodologia inovadora que procura dar resposta a novas exigências do processo de conceção construção e manutenção de edifícios. O BIM permite a representação digital de um objeto construído pelas suas características físicas e funcionais, envolvendo a aplicação, manipulação e manutenção de informação relativa a todo o ciclo de vida de um determinado edifício através de um modelo de dados, visual, completo e consistente (Eastman, Teicholz, Sacks *et al*., 2011; Alsayyar, Jrade, 2015). Considera-se que, atendendo ao facto de ser uma tecnologia inovadora, o BIM aplicada à reabilitação sustentável se concretiza como uma mais valia. A utilização da dimensão BIM 6D permite executar análises energéticas detalhadas, avaliar o impacto ambiental, fazer medições e verificações durante a construção para que seja possível de uma forma mais eficiente eleger quais os processos mais adequados na tomada de decisão para um melhor desempenho energético do edifício (Silva, Falcão Silva, Couto *et al*., 2018).

2. ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL

2.1. Reabilitação energética

A reabilitação energética de edifícios, pode ser encarada como uma vertente cada vez mais importante da reabilitação de edifícios. Esta assume particular relevo entre as intervenções deste tipo tentando integrar medidas de economia e de utilização racional da energia consumida. Para a realização da uma reabilitação energética de edifícios é necessária ter em consideração a reabilitação térmica da envolvente dos mesmos, realizada através do reforço do isolamento térmicos nas zonas opacas, reforço do isolamento térmico e controlo de ganhos energéticos a partir dos vãos envidraçados (Silva, Falcão Silva, Couto *et al*., 2018). Reabilitar do ponto de vista energético consiste também em otimizar a eficiência dos sistemas de iluminação e climatização de forma a reduzir o custo associado ao consumo de energia e, se possível, recorrer à introdução de dispositivos que permitam o aproveitamento de energia a partir de fontes renováveis (Paiva, Aguiar, Pinho, 2006). Atendendo ao crescimento do consumo energético em Portugal nas últimas décadas, em parte devido às opções construtivas adotadas no passado, o papel da reabilitação energética de edifícios afigura-se como tendo grande importância (Silva, 2019).

2.2. BIM

O Building Information Modelling (BIM) traduz um processo colaborativo em constante mudança e desenvolvimento, baseado num processo de partilha de informação entre todos os intervenientes, ao longo das fases do ciclo de vida de um empreendimento. O BIM pode ser uma mais-valia oferecendo novas ferramentas para o setor através da colaboração digital e gestão eficiente da informação (Antonopoulou, Bryan, 2017). No BIM desenvolve-se, em software específico, um modelo de informação digital 3D com dados de arquitetura, estruturas, redes prediais, planeamento ou custo (Lino, Azenha, Lourenço, 2012). O desenvolvimento e evolução de softwares BIM que permitem a integração da modelação 3D com a realização de avaliações energéticas do edifício num só programa, permite ao projetista a tomada de decisões mais conscientes, precisas e informadas sobre o comportamento térmico do projeto, permitindo escolher o tipo de materiais que podem ser utilizados, os sistemas de energia renováveis mais eficientes, ou o tipo de vãos envidraçados mais adequados à exposição solar do edifício em causa, fazendo o estudo da avaliação energética de forma relativamente rápida, fácil e económica. Este procedimento permite por suportar uma escolha acertada e quase personalizada consoante as necessidades do edificado em causa e dos gestores do ativo (Silva, 2019).

2.3. BIM na reabilitação energética

A maioria dos softwares BIM inclui características que podem ser úteis em projetos de reabilitação, com a integração de um conjunto de dados como informações históricas, fotografias, valores patrimoniais associado a componentes específicos ou espaços, interoperabilidade, para partilha de dados e reutilização através de uma equipa multidisciplinar, potencial para interagir com outros sistemas corporativos de bases de dados e arquivos (Antonopoulou, Bryan, 2017). Avaliar a sustentabilidade de um edifício implica uma análise de muitas variáveis que requerem tempo no processo de desenvolvimento do produto e da atuação de várias especialidades. Com a utilização do BIM, é possível obter uma avaliação consistente, e fidedigna que permite a decisão em tempo real, preferencialmente na etapa de projeto. A utilização da dimensão BIM 6D permite executar análises energéticas detalhadas, avaliar o impacto ambiental, fazer medições e verificações durante a construção para que seja possível de uma forma mais eficiente eleger quais os processos mais adequados na tomada de decisão para um melhor desempenho energético do edifício (Eastman, Teicholz, Sacks *et al*., 2011). A utilização de ferramentas que permitam análises energéticas apoiadas na metodologia BIM, contribuirá para uma melhoria ao nível da sustentabilidade do projeto quer em construção nova quer em reabilitação. Neste sentido, através da análise antecipada dos consumos de energia do projeto e os seus respetivos custos de utilização, facultando resultados credíveis e consistentes, possibilitando desta forma, fazer tomadas de decisão antecipadas e otimizar as análises de custo do ciclo de vida de um edifício (Santos, Couto, 2015).

3. REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO PÚBLICO

3.1. Caso de estudo

O edifício, composto principalmente por salas de escritórios e laboratórios, está localizado na Quinta do Marquês, Oeiras, sendo parte integrante do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) e concentra diversos laboratórios de investigação (Figura 1). Foi construído no final da década de 60, e é constituído por 3 pisos (Cave, Piso 0, Piso 1) e um sótão, que apenas é utilizado para a apoio técnico, perfazendo uma área construída de aproximadamente 7370m^2 (Silva, Falcão Silva, Couto *et al*., 2018).

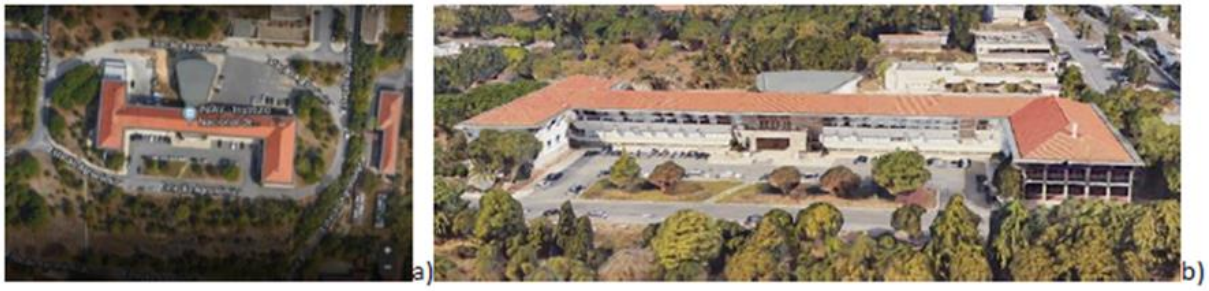


Figura 1 – Edifício do INIAV: a) Vista aérea (Google maps, 2019); b) perspetiva geral, adaptado (Silva, 2019)

Foram estudadas duas soluções para melhoria do desempenho energético do edifício sem colocar em causa a sua identidade, designadamente: i) Reforço do paramento exterior com isolamento térmico (sistema ETICS); ii) intervenção nos vãos envidraçados (introdução de vidros duplos com caixilhos de alumínio, mantendo o material da caixilharia existente). Complementarmente estudou-se ainda uma solução combinada incorporando i) e ii) simultaneamente. Neste sentido, nas simulações energéticas, foram analisadas quatro alternativas: i) Solução existente (S1) correspondente ao edifício após intervenção prévia, datada de 2015, na cobertura (com colocação de painel sandwich com 8 cm de espessura na cobertura), sistema de ventilação, sistema de climatização e luminárias com sistema LED; ii) propostas de Intervenção no paramento exterior do edifício (S2) com colocação de um sistema de isolamento térmico compósito exterior (ETICS) constituído por placas de poliestireno expandido (EPS) com 6cm de espessura e revestido por ligante sintético armado com rede de fibra de vidro; iii) proposta de intervenção na envolvente envidraçada do edifício (S3) com substituição dos vãos envidraçados existentes com caixilharia de alumínio e vidro simples, para uma caixilharia de alumínio com alteração para vidros duplos, conferindo assim uma maior estanquicidade ao ar e conforto térmico; iv) proposta de intervenção total do edifício (S4) correspondente a união das duas soluções propostas (S2 + S3).

3.2. Guião para simulação e avaliação energética

A simulação energética do edifício foi desenvolvida com base nas suas características, de forma a que os valores de consumo de energia resultantes da simulação sejam comparáveis aos valores reais, permitindo que o estudo se aproxime da realidade. Na simulação, são consideradas as horas de trabalho reais do edifício, o sistema de iluminação, a taxa de ocupação do edifício, as potências do equipamento instalado no interior, bem como as características dos elementos do edifício e os dados climatológicos. O procedimento para uma análise de energia suportada pela metodologia BIM é explicado.

FASE 1 – MODELAÇÃO DO EDIFÍCIO

Para a modelação do edifício foi selecionado o software ArchiCAD da Graphisoft, por, para além da modelação geométrica de edifícios, incorporar uma funcionalidade que permite, fazer análises energéticas. Uma das fases mais importantes para a simulação energética do modelo é a escolha dos materiais aplicados nos objetos do modelo (Figura 2). Esses materiais representam materiais reais e, com base nas propriedades paramétricas disponibilizadas pelo BIM, permitem a determinação do seu comportamento por alteração das suas características através da especificação de diversas informações. As informações mais importantes para as simulações energéticas são as propriedades térmicas, designadamente: i) espessura; ii) coeficiente de transmissão térmica; iii) calor específico; iv) densidade. A resistência térmica do elemento é calculada automaticamente a partir da espessura e do coeficiente de transmissão térmica. Após definir os tipos de materiais e suas propriedades de acordo com as características do edifício existente, foi realizada a modelação do edifício (Figura 3).

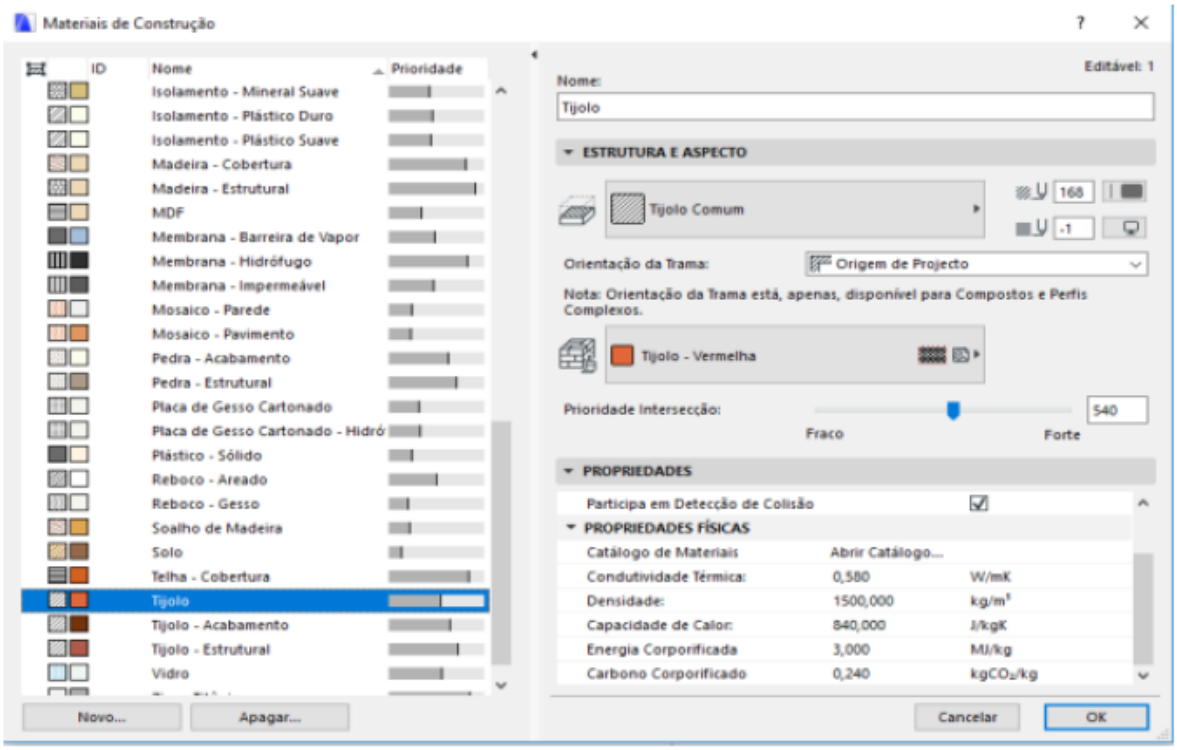


Figura 2 – Menu do software com materiais de construção e suas características individuais, adaptado de (Silva, 2019)

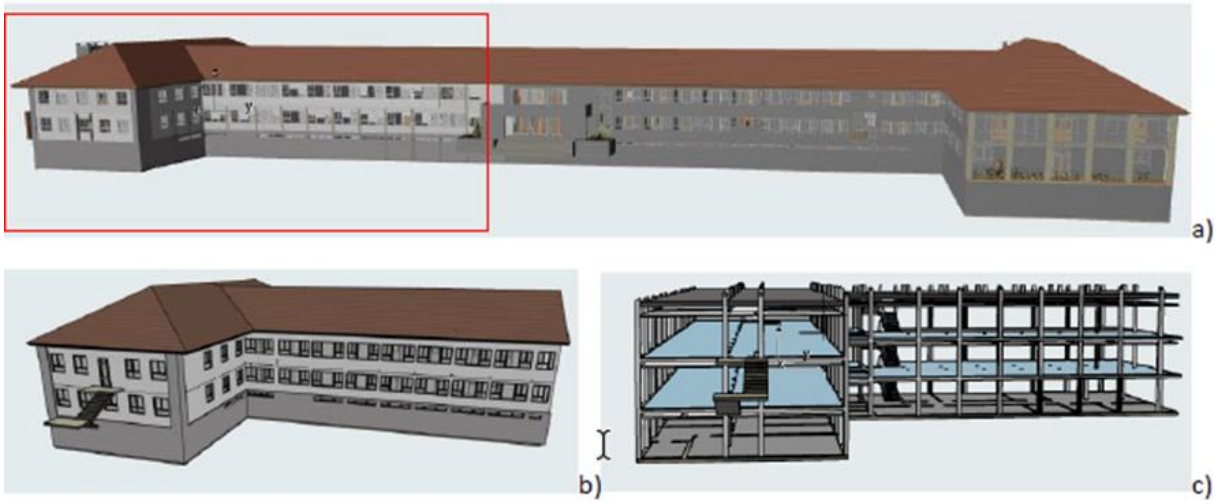


Figura 3 – Modelo BIM do edifício: a) global; b) arquitetura; c) estruturas, adaptado de (Silva, 2019)

A cada elemento do modelo são atribuídas características geométricas e físicas, assim como definidos os tipos de materiais e as propriedades térmicas conforme as características do existente. Para além da introdução dos elementos construtivos do edifício, foram introduzidas também no programa informações relacionadas com a sua localização, a sua orientação solar, para que na simulação fossem aplicadas diretamente as condições onde o edificado está implantado (Silva, Falcão Silva, Couto *et al*., 2018).

FASE 2 – CRIAÇÃO DE ZONAS DE ESPAÇO INTERNO

Depois de concluída a primeira fase de modelação do edifício, procedeu-se à criação de zonas correspondentes a unidades espaciais do projeto, que, normalmente, representam compartimentos, setores de um edifício, blocos de um conjunto habitacional, ou áreas funcionais de um edifício. As zonas formam a base do processo de Revisão do Modelo na função *Avaliação Energética* podendo ser visualizadas em formato 3D (Figura 4).

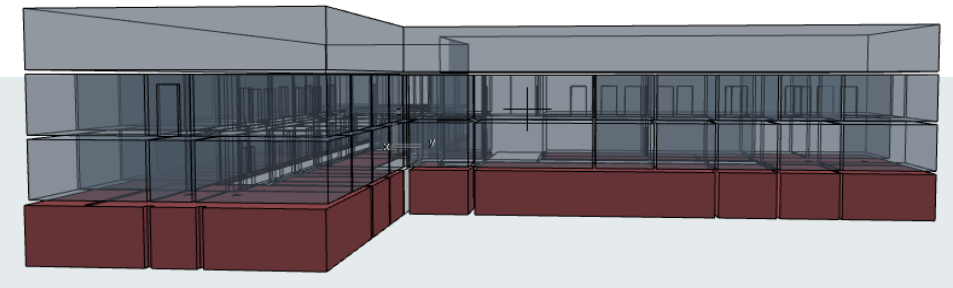


Figura 4 – Visualização 3D de zonas técnicas, adaptado de (Silva, 2019)

A cada zona no projeto é atribuída uma Categoria de Zona (Figura 5), as Categorias de Zonas são atributos ArchiCAD, cuja a sua função principal é utilizar cores para distinguir visualmente diferentes espaços no projeto, ou seja, com esta ferramenta é possível, por exemplo, agrupar todos os escritórios presentes no modelo numa categoria específica denominada de "Escritório" e visualizá-los com a cor definida para a categoria atribuída, o mesmo acontece para todas as zonas criadas no programa.

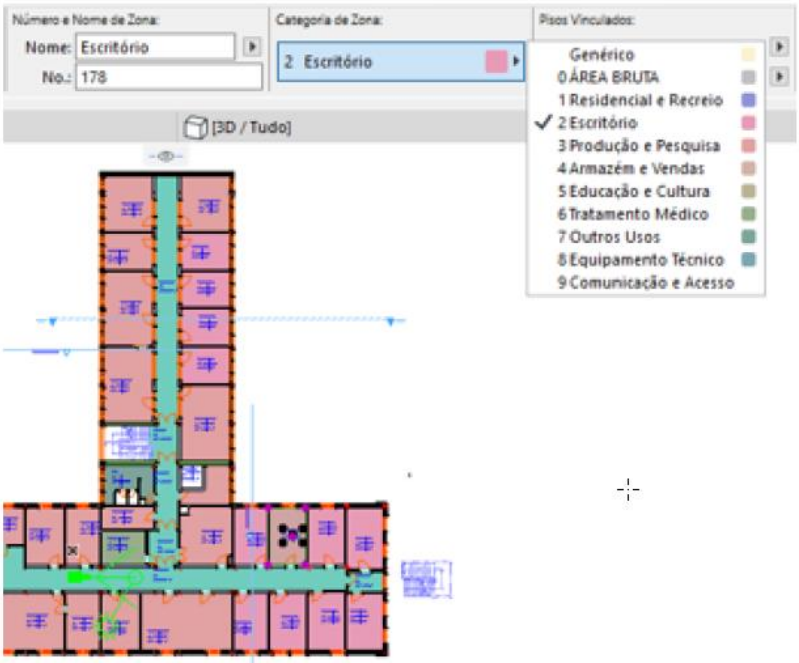


Figura 5 – Categorização das zonas térmicas, adaptado de (Silva, 2019)

Para o estudo da avaliação energética, as zonas têm de ser criadas através do método de reconhecimento automático, (Aresta Interna), pois as zonas devem ser diretamente adjacentes às superfícies dos elementos da envolvente, não sendo por esse motivo aplicável os dois outros métodos existentes.

FASE 3 – CRIAÇÃO DE BLOCOS TÉRMICOS

Na terceira fase de preparação do modelo para simulação energética, é necessário que as zonas criadas sejam agrupadas em blocos térmicos para efeitos de Avaliação energética. Os blocos térmicos são um conjunto de uma ou mais divisões ou espaços num edifício com semelhanças em termos de orientação, perfil de operação e requisitos de temperatura interna. As zonas não têm de ser contíguas para serem combinadas num mesmo bloco térmico.

A cada bloco térmico são atribuídos os perfis de operação adequados à sua função específica, e sistemas do edifício correspondentes, desde ventilação natural, fontes de aquecimento como por exemplo, aquecedores de espaço elétricos ou sistema de arrefecimento ou unidades de ar condicionado.

Para o caso de estudo, os blocos térmicos foram criados por categorias e funções, tendo sido criado um total de 6 blocos térmicos para as 91 zonas existentes (Quadro 1), designadamente: i) bloco térmico 1, corresponde às zonas de arrumos, ou seja, todas as divisões que estiverem classificadas com a categoria de zona Armazéns são colocadas no bloco térmico com o nome arrumos; ii) bloco térmico 2, corresponde às zonas dos laboratórios, ou seja, neste bloco térmico estão agrupados todos os laboratórios e respetivas características, existentes na ala de saúde animal; iii) bloco térmico 3, corresponde às zonas dos escritórios, onde estão agrupados todos os escritórios existentes na ala de saúde animal; iv) bloco térmico 4, corresponde às zonas de circulação daquela ala, ou seja, estão incluídos todos os corredores do edifício e zona de escadas; v) bloco térmico 5, corresponde a todas as instalações sanitárias pertencentes à ala do edifício pertencente à saúde animal; vi) bloco térmico 6, corresponde às áreas técnicas, ou seja, áreas onde estão instaladas maquinaria técnica, como é o caso da cobertura onde está instalado o sistema das unidades de tratamento de ar (UTA).

Quadro 1 – Distribuição dos blocos térmicos por piso

Blocos térmicos	Arrumos	Laboratórios	Escritórios	Zonas de circulação	Instalações sanitárias	Áreas técnicas
Piso -1	23	-	-	-	-	1
Piso 0	-	20	12	1	1	1
Piso 1	-	21	7	1	1	1
Cobertura	-	-	-	-	-	-
Total	23	41	19	2	2	2

FASE 4 – ANÁLISE AUTOMÁTICA DA GEOMETRIA DO MODELO E DAS PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

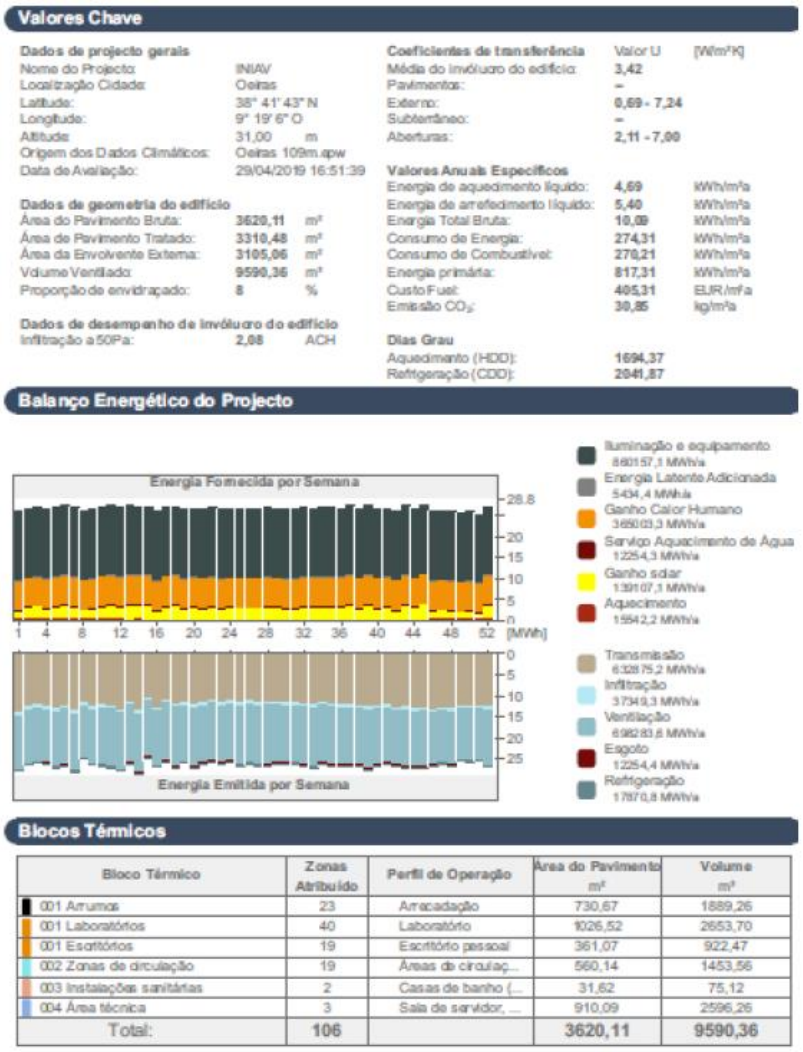
Depois de os blocos térmicos serem definidos, o modelo BIM é transformado num Modelo de Energia de Edifício (BEM) pela funcionalidade de análise automática da geometria do modelo e propriedades do material do ArchiCAD, ou seja, o modelo BEM estima o consumo de energia do edifício com base na simulação de energia e fluxos de massa, contribuindo para a tomada de decisão nas fases iniciais do projeto (Prada-Henrnández, Rojas-Quintero, Vallejo-Borda *et al.,* 2015). Esta fase contempla: i) Análise das estruturas e dos vãos visíveis de acordo com as suas orientações e posições relativamente a zonas e gera os limites de espaço nos mesmos. Os limites de espaço descrevem a geometria do edifício num formato que funciona para a introdução de simulação energética; ii) apresentação de listagens de limites de espaço. Estruturas e vãos são listados automaticamente com as suas propriedades relevantes para a avaliação energética.

FASE 5 – ANÁLISE AUTOMÁTICA DA GEOMETRIA DO MODELO E DAS PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Nesta fase, é possível introduzir dados importantes para a simulação, como as definições ambientais em que é possível colocar a localização do projeto, dados climáticos, proteção contra o vento, nível do terreno e tipo de solo, perfis operacionais nos perfis de iluminação e construção, equipamentos relacionados, os sistemas prediais de aquecimento, refrigeração e ventilação também são inseridos, sendo possível apresentar no modelo os fatores de fonte de energia e os custos de energia associados ao edifício, o consumo e os custos de energia associados ao edifício.

Após a introdução de todos os parâmetros necessários para elaborar a avaliação energética do modelo em estudo, ele é simulado. Esta simulação calcula o balanço de energia do edifício por hora emitindo um relatório de avaliação de energia, contendo informações como desempenho estrutural relacionado à energia, consumo anual de energia, balanço de energia e pegada de carbono do projeto. A avaliação energética obtida no programa é validada pela norma ANSI/ASHRAE 140-2007: Método Padrão de Testes para Avaliação de Programas Informáticos de Análise Energética de Edifícios. No desenvolvimento da análise são apresentados os blocos

térmicos de aquecimento e arrefecimento, de iluminação e outros equipamentos do modelo analisado, para cada mês, sendo possível identificar os pontos críticos do projeto. O relatório fornecido pelo software (Figura 6) apresenta dados bastante detalhados e personalizáveis, permitindo uma primeira análise rápida dos consumos energéticos, bem como monitorizar o desempenho energético de todo o projeto e controlar o comportamento de espaços optimizando-os para um determinado objetivo específico dentro do edifício.



Bloco Térmico	Zonas Atribuído	Perfil de Operação	Area do Pavimento m²	Volume m³
001 Arrumos	23	Arrecadação	730,67	1889,26
001 Laboratórios	40	Laboratório	1026,52	2653,70
001 Escritórios	19	Escritório pessoal	361,07	922,47
002 Zonas de circulação	19	Áreas de circulaç...	560,14	1453,56
003 Instalações sanitárias	2	Casas de banho (...	31,62	75,12
004 Área técnica	3	Sala de servidor, ...	910,09	2596,26
Total:	106		3620,11	9590,36

Figura 6 – Exemplo de relatório de avaliação desempenho energético, adaptado de (Silva, 2019)

3.3. Análise dos resultados obtidos

A análise dos resultados obtidos permite uma comparação entre os valores mais relevantes de um ponto de eficiência energética, permitindo entender a melhor solução a ser adotada para o edifício (Figura 7 a Figura 11).

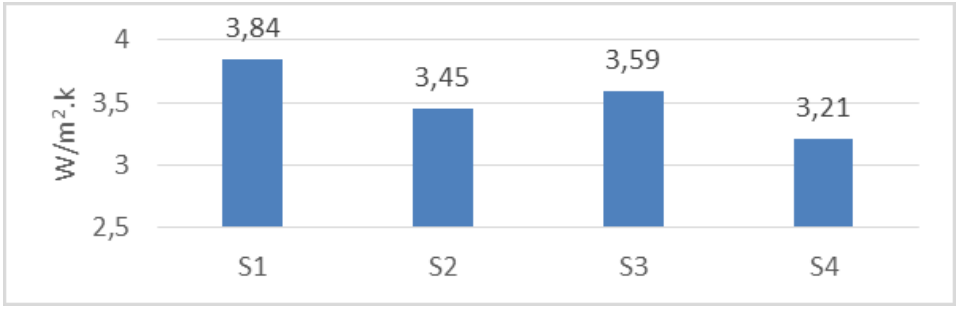


Figura 7 – Coeficiente de transmissão térmica para as soluções considerada, adaptado de (Silva, 2019)

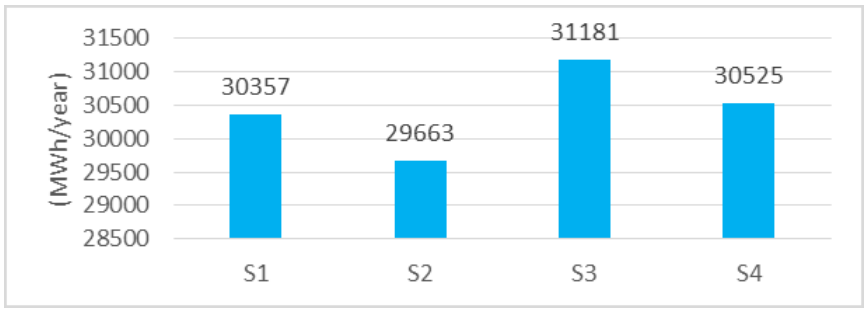


Figura 8 – Necessidades anuais de arrefecimento do edifício, adaptado de (Silva, 2019)

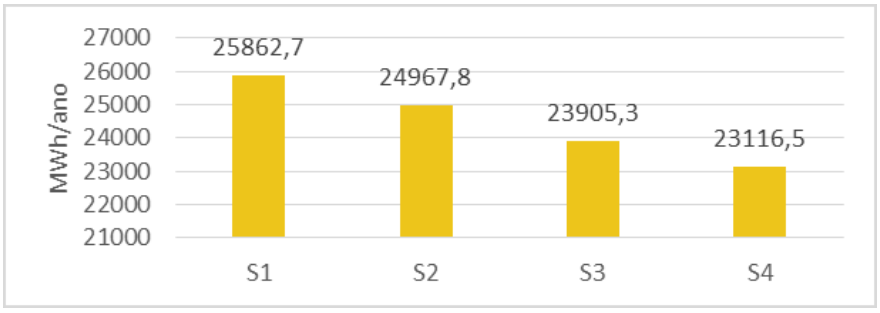


Figura 9 – Necessidades anuais de aquecimento do edifício, adaptado de (Silva, 2019)

Analisando os valores médios de coeficiente de transmissão térmica para cada solução adotada é visível que a solução S4 tem um valor mais baixo e, portanto, é a solução que oferece o melhor compromisso a nível térmico. Da análise dos gráficos relacionados ao balanço energético do edifício correspondente às necessidades de arrefecimento, fica claro que a melhor solução é o S2. No entanto, ao analisar os gráficos relacionados com as necessidades de aquecimento, verifica-se que a melhor solução é a S4, porque é a que apresenta menor consumo anual.

Tendo em conta o clima português e o fato do edifício em estudo ser um edifício de serviços, existindo uma predisposição para o aumento diário da sua temperatura interna, não apenas pelo calor humano produzido pelos seus utentes mas também devido a todo o equipamento técnico (maquinaria) que se encontra em operação diária, não se considera haver motivo para consumos tão altos em termos de requisitos de aquecimento. É importante escolher uma solução que corresponda a necessidades de refrigeração baixas, sendo, portanto a melhor solução a adotar a S2.

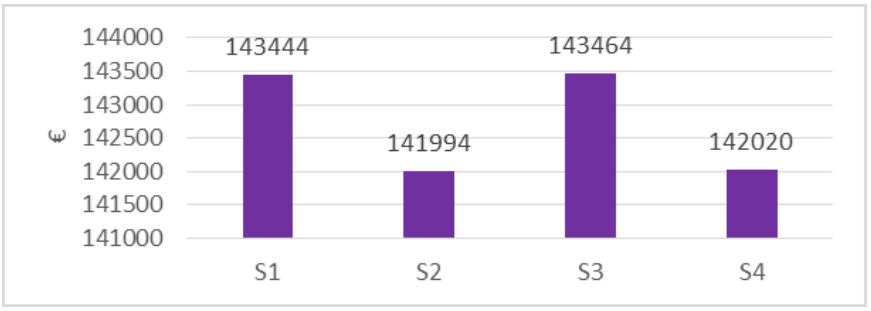


Figura 10 – Custo anual de energia para as soluções estudadas, adaptado de (Silva, 2019)

Analisando os valores médios do custo anual de energia para cada solução adotada verifica-se uma quase coincidência entre a solução S2 e a solução S4, pelo que, apesar do bom compromisso técnico de ambas, a decisão deverá ser fundamentada com base em outros indicadores.

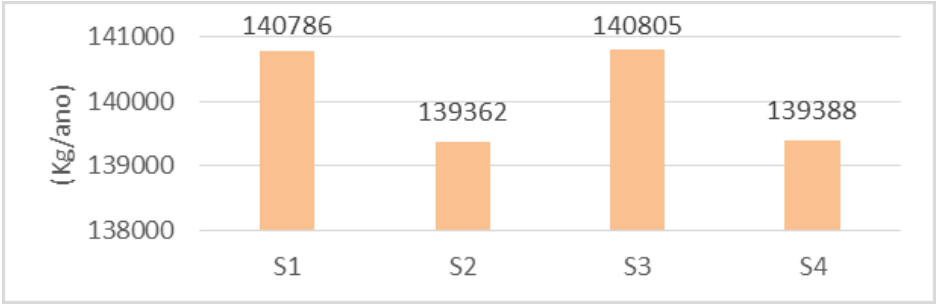


Figura 11 – Emissões de CO_2 para as soluções estudadas, adaptado de (Silva, 2019)

Ao nível da emissão de CO_2 a solução S2 continua a ser aquela que apresenta um menor valor e também aquela que apresenta menor custo de energia face às restantes soluções apresentadas. Apesar de o valor de U não ser o melhor, dado que a solução S4 apresenta o melhor valor, comparando os restantes indicadores a solução S2 é a que apresenta valores mais consistentes para uma tomada de decisão economicamente mais vantajosa e mais sustentável.

4. CONCLUSÕES

Com o trabalho desenvolvido apresentam-se os benefícios da utilização da metodologia BIM num processo de análise energética de um edifício alvo de reabilitação. Foram discriminadas as soluções alternativas de intervenção para reabilitação do edifício com vista a melhorar a eficiência energética do edifício, sendo dado particular ênfase às suas características essenciais para incorporação no modelo. Mais se adianta, que foi possível identificar as fases mais importantes para o desenvolvimento de avaliações energética, com base num software apoiado pela metodologia BIM. A aplicação de conceitos BIM a um cenário como o apresentado permite que sejam comparados de forma rápida e eficaz diferentes quadros de reabilitação através do acesso a informação relacionada com necessidades de aquecimento e arrefecimento, consumos, impacto ambiental (emissões de CO2). Esta informação permite que o projetista, o dono de obra e empreiteiro possam decidir de forma mais sustentada e harmoniosa as suas ações de forma a otimizar o todo projeto de reabilitação. No âmbito do trabalho foram obtidos desempenhos energéticos fornecidos pelo software selecionado e utilizado na modelação, que foram analisados ao pormenor pelo programa, permitindo demonstrar a adequabilidade da utilização da Avaliação Energética no âmbito da metodologia BIM.

De referir que os resultados obtidos tiveram por base o estudo dos relatórios energéticos gerados pelo programa, podendo haver fatores que podem estar inferidos na medida em que a versão do programa utilizada se trata de uma versão gratuita, existindo funcionalidades que poderão não estar a ser exploradas na sua totalidade e por essa razão os relatórios gerados não apresentam valores tão claros como seria expectável. O facto de a versão utilizada não conter todos os sistemas de aquecimento, arrefecimento e ventilação disponíveis no mercado, faz com que a simulação apresente um nível de precisão mais reduzido. Outro motivo relevante é o facto desta versão do software não fazer a avaliação das pontes térmicas do edifício fazendo desta maneira uma análise mais simplista ao nível térmico. Apesar de tudo, o programa apresenta-se como bastante fiável para a modelação do edifício bem como para uma posterior simulação energética básica do mesmo. A metodologia BIM pode servir de apoio aos arquitetos e engenheiros na busca das melhores soluções para a reabilitação de edifícios, nomeadamente na componente energética.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os elementos fornecidos pela Eng.ª Sara Silva para a elaboração do presente artigo.

REFERÊNCIAS

ALSAYYAR, B.; JRADE, A., 2015 – **Integrating Building Information Modeling (BIM) with sustainable universal design strategies to evaluate the costs and benefits of building projects**. 5th International/11th Construction Specialty Conference. 10 p.

ANTONOPOULOU, S.; BRYAN, P., 2017 – **BIM for heritage – Developing a historic Building Information Model**. UK: Historic England.

DINIS, R., 2010 – **Contributos para a reabilitação sustentável de edifícios de habitação**. Dissertação de mestrado. Caparica: FCT/Universidade NOVA de Lisboa.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K., 2011 – **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2nd Edition. Canada: John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0-470-18528-5.

GOOGLE MAPS, 2019 – https://www.google.pt/maps/preview (consultado em dezembro de 2019).

LINO, J.; AZENHA, M.; LOURENÇO, P., 2012 – **Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas**. BE2012 – Encontro Nacional Betão Estrutural. Porto: FEUP.

MARTINS, A., 2014 – **A Sustentabilidade na reabilitação do edificado**. Dissertação de Mestrado. Porto: FCT/Universidade Fernando Pessoa. Porto.

MOTA, A., 2013 – **Consumo ecológico – Poupar o ambiente e a carteira**. Lisboa: Deco Proteste. 1.ª ed. ISBN 978-989-737-013-7

PAIVA, J.; AGUIAR, J.; PINHO, A., 2006 – **Guia técnico de reabilitação habitacional**. Lisboa: INH/LNEC. ISBN: 978-972-492081-8.

PRADA-HERNÁNDEZ, A.; ROJAS-QUINTERO, J.; VALLEJO-BORDA, J.; PONZ-TIENDA, J., 2015 – **I nteroperability of Building Energy Modeling (Bem) with Building Information Modeling (Bim).** *Proceedings of the SIBRAGEC ELAGEC*. 15(1), 519–526. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3807.3042.

SILVA, S., 2019 – **Aplicação do BIM à reabilitação energética de um edifício público**. Dissertação de Mestrado. Costa da Caparica: FCT-UNL.

SILVA, S.; FALCÃO SILVA, M. J.; COUTO, P.; PINHO, F., 2018 – **Reabilitação de um edifício público utilizando metodologias BIM**. CONSTRUÇÃO 2018. Porto: FEUP.

SANTOS, L.; COUTO, J., 2015 – **Ferramentas e processos BIM de avaliação e otimização energética em edifícios**. *SHEWC`2015 – XV Safety, Health and Environment World Congress – Keeping Planet "Water Earth" safe and sound: a challenge to science and technology*. pp. 174-178, doi:10.14684/SHEWC.15.2015.174-178. ISBN 978-85-65992-44-2.

FICHA DE CUSTO DE REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DE ENTREGAS DE VIGAS DE MADEIRA EM PAREDES DE ALVENARIA

STRUCTURAL REHABILITATION COST SHEET FOR WOOD BEAM JOINTS IN MASONRY WALLS





Rogério Queirós [(1)], Tiago Miguel Ferreira [(2)], Romeu Vicente [(3)]

(1) CERPE, Universidade de Coimbra, Portugal, rogerio.queiros@cerpe.pt
(2) ISISE, IB-S, Universidade do Minho, Portugal, tmferreira@civil.uminho.pt
(3) RISCO, Universidade de Aveiro, Portugal, romvic@ua.pt

RESUMO

No processo de reabilitação estrutural de pavimentos de madeira, a entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria é um ponto sensível, suscetível à ação da humidade e consequente apodrecimento. Uma das ações mais comummente adotadas para corrigir esta situação, é a substituição da zona degradada da viga por uma nova de igual secção, com ligação executada em entalhe à meia esquadria, sendo a ligação rigidificada através de chapas metálicas ou de tábuas de madeira em ambas as faces, ligadas por meio de varões roscados (tipo empalme). A informação para efeitos de orçamentação deste tipo de pormenor é, todavia, ainda muito limitada, pelo que este artigo pretende contribuir para colmatar essa lacuna com informação recolhida de um caso real.

Para o efeito, preencheu-se uma ficha de custo que quantifica os recursos utilizados e o custo unitário de cada um por unidade de medida correspondente. Os recursos foram divididos por materiais, mão de obra e equipamentos.

O custo foi considerado tendo em conta as seguintes tarefas: (i) escoramento provisório da viga existente; corte a 45^0 da secção danificada; (iii) limpeza das superfícies dos apoios; (iv) colocação de tramo de viga nova maciça de pinho nórdico, classe C18, cortada a 45^0 para entalhe na existente à meia esquadria, envolta na entrega com tela para-vapor, aplicação em ambas as faces de uma tábua de madeira maciça com 4 cm de espessura e 60 cm de comprimento, aplicação de varão roscado M8 disposto em quincôncio. Por fim, preencheu-se as folgas na zona do apoio, com argamassa de cal.

Este artigo pretende ainda contribuir para a divulgação de rendimentos e metodologia de quantificação de custos em trabalhos específicos de reforço e reabilitação estrutural.

Palavras-chave: Reabilitação Estrutural / Reforço / Viga de Madeira / Custo / Alvenaria de Pedra

1. INTRODUÇÃO

Apesar do acentuado crescimento das ações de reabilitação em Portugal, a informação disponível para análise de custo em obras de reabilitação, é ainda muito limitada. Com efeito, a orçamentação de tarefas associadas à reabilitação de edifícios é feita frequentemente em valor global, tendo como única base a experiência do responsável do orçamento. Um número significativo de tarefas e pormenores associados à reabilitação de edifícios antigos, encontra-se no domínio da carpintaria, tarefas essas que, apenas muito excecionalmente, são executadas por carpintarias com dimensão suficiente para suportar uma estrutura organizada que inclua um departamento de orçamentação devidamente capacitado tecnicamente para ter as tarefas decompostas em fichas de custo. Salvo tais exceções, a grande maioria das obras de reabilitação de edifícios na especialidade de carpintaria, são executadas por pequenas carpintarias, normalmente de dimensão familiar, em que não existe detalhe na metodologia de orçamentação e o preço das tarefas é dado com base na experiência dos proprietários, os quais, não raras vezes, são também mão-de-obra produtiva.

Pelo exposto, o desenvolvimento de trabalhos com fundamento fortemente prático e científico neste domínio, que permitam a obtenção de custos unitários baseados na composição da tarefa, com obtenção de consumos e rendimentos reais dos recursos que compõe a ficha de custo da tarefa, nomeadamente materiais, mão-de-obra e equipamentos, é de grande importância para o desenvolvimento desta vertente financeira dos trabalhos de reabilitação.

No seguimento, pretende-se com este artigo dar a conhecer a composição de custo num caso real de execução de um pormenor de reabilitação estrutural da entrega de vigas de madeira em paredes de alvenaria. Para o efeito, é feita uma apresentação/caracterização do edifício e dos parâmetros da intervenção, localização, descrição e pormenorização do pormenor executado, descrição e ordem de tarefas, composição da ficha de custo, e, por fim, uma análise dos resultados obtidos, nomeadamente do custo obtido para execução do pormenor de reabilitação estrutural apresentado. Importa referir, que este pormenor foi executado numa obra de reabilitação de um edifício de habitação do início do século XX, localizado no n.º 177 da Rua Ávares Cabral no Porto, levada a cabo entre Julho de 2018 e Março de 2019, teve como projetistas das especialidades de arquitetura (FLORET) e estruturas (NCREP) e como entidade executante (TAMIEX – Engenharia e Construção). Tendo em conta a atual dinâmica do setor da construção em Portugal, e o aumento sucessivo de preços, sobretudo da mão-de-obra, importa balizar temporalmente a intervenção, período para o qual são válidos os preços apresentados.

2. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

Este projeto é tido como um bom exemplo de intervenção no contexto de reabilitação, na medida em que obedece aos critérios fundamentais de preservação das pré-existências, ao respeito pela compatibilização de materiais e à adoção de soluções pouco intrusivas e reversíveis. Pegando neste bom exemplo, optou-se pela escolha deste pormenor construtivo e avaliar os custos que lhe estão associados. É um edifício do início do século XX, de características estruturais e construtivas típicas de uma casa burguesa portuense da época, i.e., alvenaria resistente de pedra, pisos e cobertura em madeira.

O alvará destinado a obras de ampliação/ alteração, apresenta as seguintes características para a intervenção:

- Área total do prédio: 336,50 m^2;
- Área total de construção: 534,64 m^2, sendo 18 m^2 relativos a ampliação e 516,63 m^2 relativos a alteração;
- Área bruta de construção 512 m^2, sendo relativos a alteração;
- Volume de construção: 1873,30 m^3;

- Índice de construção: 1,52;
- Área de implantação: 136,50 m^2;
- Índice de impermeabilização: 0,47;
- N.º de pisos abaixo da cota de soleira: 1;
- N.º de pisos acima da cota de soleira: 3;
- Cércea: 14,80 m;
- Número total de fogos: 5.

O corpo principal do edifico tem 6,30 m de largura por 20,00 m de comprimento, medidas exteriores das paredes. Representativo da arquitetura portuense da época, estreito à largura e comprimento acentuado, a fachada principal revestida a azulejo, ver Figura 1, é desde logo caraterística arquitetónica do final do século XIX início do século XX, assim como a caixa de escadas central em madeira iluminada por uma claraboia no topo.



Figura 1 – Fachada principal antes e após a reabilitação

As paredes estruturais são em alvenaria de granito em perpianho, típico e original da região, sendo as duas paredes periféricas laterias meeiras, i.e., "partilhadas" com os edifícios vizinhos. As fundações resultam do alargamento das paredes de granito na base (sobrelargura), desenvolvendo-se em "escada". A estrutura dos pavimentos é em vigas de madeira de "riga" com secção de 8 x 22 cm. Os pavimentos são tarugados, e o revestimento é em soalho nacional, também de "riga". A estrutura da cobertura é constituída por asnas, madres, varas e ripado de madeira, no qual assenta telha cerâmica do tipo marselha. A parede do alçado frontal do piso 2 (águas furtadas) é de madeira, taipa de fasquio, sendo as paredes interiores em tabique, ver Figura 1. O alçado posterior, virado para o logradouro, a parede é contruída em alvenaria de granito a toda a altura do edifício, destaca-se um corpo com uma cércea inferior também construído em paredes de alvenaria de granito, ver Figura 2.



Figura 2 – Fachada posterior no antes e pós reabilitação

3. REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DA ENTREGA DAS VIGAS DE PAVIMENTO NA PAREDE DE ALVENARIA DE PEDRA

3.1. Caracterização da patologia

As estruturas resistentes dos pavimentos e coberturas dos edifícios antigos é constituída quase sempre por vigamentos de madeira, ver Figura 3. Tal como foi já referido, a entrega das vigas na parede de alvenaria é um ponto sensível, suscetível a humidade e consequente apodrecimento. As condições ótimas para o desenvolvimento de fungos e podridão dão-se para teores de humidade na madeira superiores a 30% (Coias, 2006), resultando no apodrecimento da peça e consequente perda de capacidade resistente. As causas para esses elevados teores de humidade são normalmente infiltrações através das paredes, beirais, coberturas e caixilharia. Os edifícios a reabilitar encontram-se frequentemente devolutos, ou em estado de degradação avançado, pelo que a ocorrência de infiltrações é uma constante, o que torna esta anomalia praticamente transversal ao edificado antigo.

3.2. Pormenor construtivo

Para correção da patologia caracterizada no ponto anterior, uma possível estratégia de reabilitação é a que se apresenta neste pormenor ilustrado nas Figuras 5, 6 e 7. De forma a restituir a capacidade resistente da viga em questão da forma menos intrusiva possível, faz-se a substituição da secção podre por uma nova secção com a mesma dimensão e características. O entalhe é feito através de um corte à meia esquadria entre a viga existente e o novo elemento, rigidificando a ligação através do empalme com tábuas de madeira maciça nas duas laterais, promovendo a união através de varão roscado apertado com porcas. O apoio na parede é feito após uma correta limpeza da zona de apoio, que deverá ter uma profundidade nunca inferior a 15 cm, devendo o encontro da viga ser protegido com tela para-vapores para proteger o elemento das humidades que poderão surgir, garantindo

desta forma a manutenção da integridade estrutural do elemento. Quanto à ligação, esta deverá ser promovida através do preenchimento dos espaços vazios do apoio com argamassa de cal, compatível com a parede de alvenaria de pedra.

Neste projeto existiam 15 encontros que foram alvos de intervenção, e em que foi executada a técnica descrita e esquematizada (Figuras 5, 6 e 7), 8 destes encontros estavam localizados ao nível da planta estrutural do piso 0, e outros 7 ao nível da planta estrutural do piso 1, ver Figura 4.



Figura 3 – Estrutura de pavimento com vigamentos a serem reabilitados

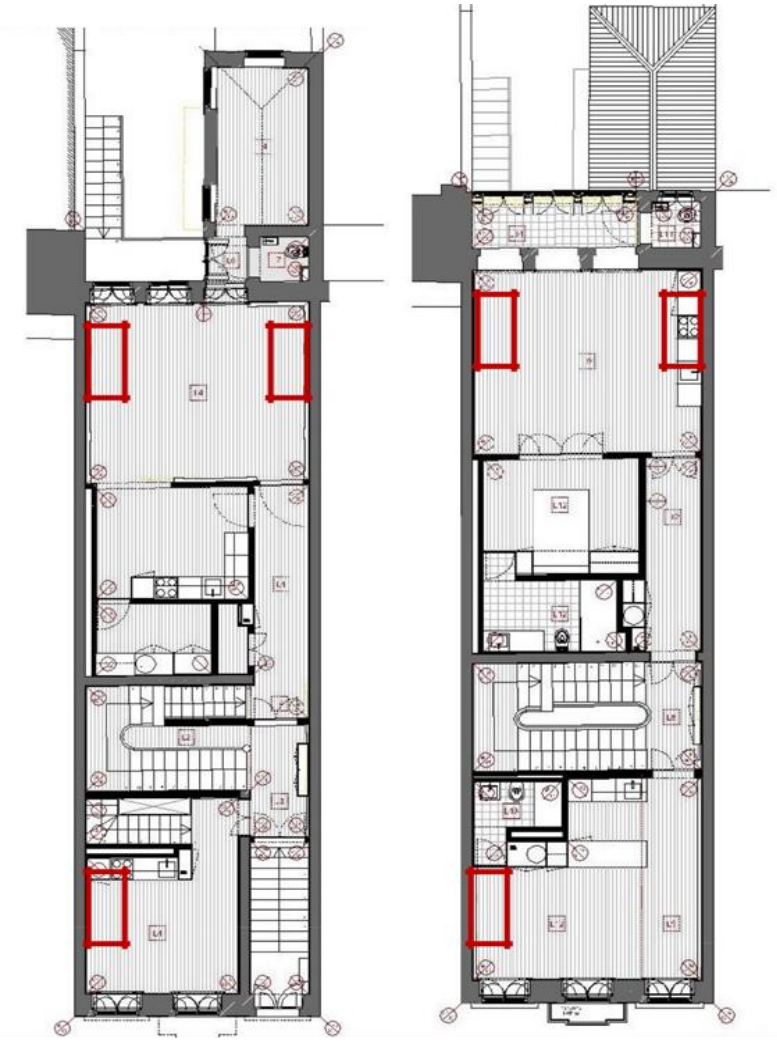


Figura 4 – Plantas do piso 0 e piso 1, respetivamente, e localização da aplicação do pormenor (Floret, 2018)

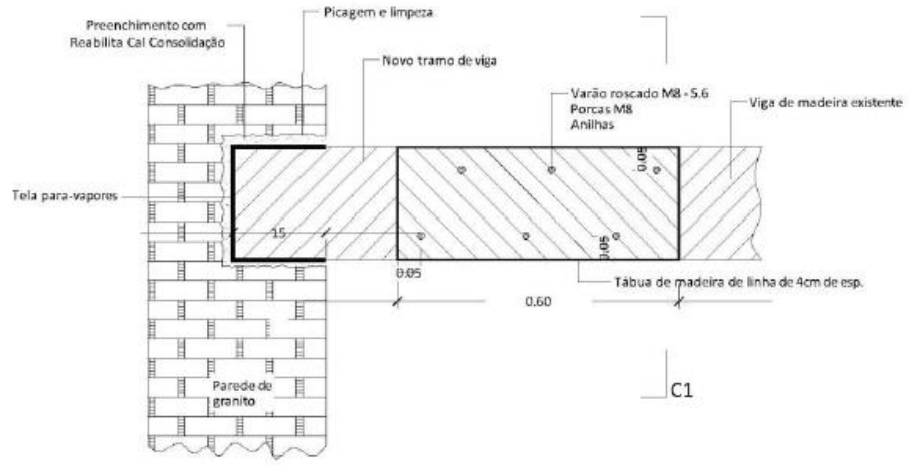


Figura 5 – Alçado do reforço estrutural da entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria de pedra

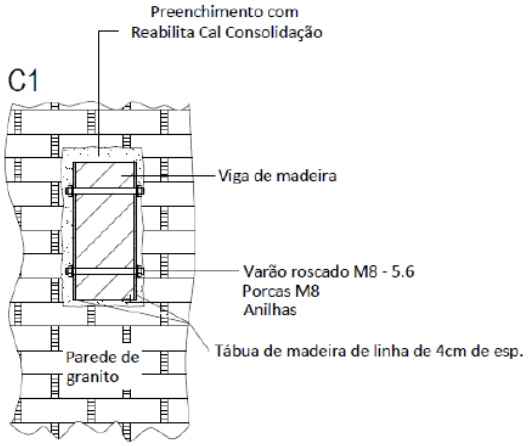


Figura 6 – Corte do reforço estrutural da entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria de pedra

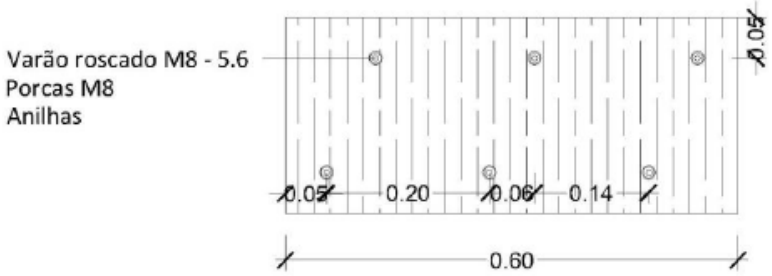


Figura 7 – Pormenor da tábua do reforço estrutural da entrega das vigas de pavimento na parede de alvenaria de pedra

3.3. Descrição das tarefas e ficha de custo

A conceção deste pormenor, ver Figura 8, implica os trabalhos abaixo descritos. Estes são a base para determinar a mão-de-obra, materiais e equipamentos que constituem a composição da ficha de custo e que se passam a descrever:

- Execução do escoramento provisório da viga existente;
- Corte a 45^0 da secção podre;
- Prolongando da distância de corte em cerca de 50 cm à secção sã, no total cerca de 1 m do tramo da entrega;
- Limpeza das superfícies do apoio na parede de granito;

- Colocação de tramo de viga nova maciça classe C18 de pinho nórdico cortada a 45º para entalhe na existente à meia esquadria, envolta na entrega com tela transpirante na extensão do apoio;
- Aplicação em ambas as faces de uma tábua de madeira maciça com 4 cm de espessura e 60 cm de comprimento, abrangendo em partes iguais o tramo de viga nova e da viga existente;
- Furação em quincôncio, e aplicação de varão roscado M8 e correspondente aperto com porcas;
- Preenchimento das folgas no apoio, da viga de madeira com a parede de granito com argamassa de cal.



Figura 8 – Pormenor executado em obra reutilizando tramo de vigamento existente

Ao preço final obtido na ficha de custos apresentada, ver Figura 9, será necessário somar 5% de custos indiretos (custos administrativos), resultando num valor total de 73,17 €. Por fim, acrescenta-se uma margem de lucro da empreiteira de 15%, resultando então em 84,15 €.

O preço de venda ao cliente final deste pormenor de solução de reabilitação estrutural será então de 84,15 € por unidade de reforço.

Os valores para cálculo de rendimentos de materiais e mão-de-obra, tal como os custos, resultaram dos dados colhidos em obra na execução deste pormenor.

Analisando percentualmente a ficha de custo verifica-se que é a mão-de-obra, com cerca de 63%, que mais influencia o custo final, seguindo-se os materiais, com cerca de 37%, e por último os equipamentos com apenas 0,27%.

É comum neste tipo de pormenores de reabilitação localizados, a mão-de-obra ter uma grande influência no preço final. A execução é trabalhosa e exige perfecionismo para que se atinjam os resultados esperados em projeto.

De forma a fazer uma breve análise de custo entre a opção de reabilitar as entregas de um vigamento existente e substituir por um novo, tomemos como exemplo uma viga existente com 6 m de comprimento (largura da estrutura do edifício) em que os dois encontros estão danificados. Utilizando o método descrito acima para reabilitação destes elementos, obteríamos um custo total de 168,30 € para reabilitar os dois encontros dos apoios. Caso optássemos por substituir o original por um novo vigamento de madeira, que custa 23,80 €/ml, para os 6 ml teríamos um custo de 142,80 €, ao qual se deverá somar ainda o custo de remoção a vazadouro da viga existente/danificada. Neste caso, e fazendo numa análise estritamente financeira, é vantajoso colocar novo. Só não o seria para uma viga que, nas mesmas circunstâncias, tivesse um comprimento superior a 7,07 ml, distância para a qual o preço de reabilitar será igual ao preço de colocar novo, ignorando, nessa análise, o preço da remoção da viga velha, o qual dependerá sempre da quantidade global de demolição.

Execução do pormenor de reabilitação de entrega de viga de madeira (8x22cm) existente dos pavimentos empalmada com tábuas de madeira						
RECURSO	**QUANT**	**UN**	**CUSTO**	**UN**	**TOTAIS**	**%**
MATERIAIS					**25,50 €**	**36,59%**
Argamassa à base de cal - considerou-se Reabilita Cal Consolidação da SECIL	13,94	kg/un	0,16	€/kg	2,23 €	3,20%
Tela Transpirante	0,13	m2/un	2,7	€/m2	0,35 €	0,50%
Tramo de nova viga 8x22cm macissa classe C18 de pinho	1	ml/un	9	€/ml	9,00 €	12,92%
Tábua de linha em madeira maciça de 4cm de espessura	1,2	ml/un	4,5	€/ml	5,40 €	7,75%
Varões roscados M8 - 5.6	1,2	ml/un	1,1	€/ml	1,32 €	1,89%
Porcas M8	12	un/un	0,35	€/un	4,20 €	6,03%
Anilhas	12	un/un	0,25	€/un	3,00 €	4,31%
MÃO DE OBRA					**44,00 €**	**63,14%**
Carpinteiro de 1ª	2	h/un	12	€/h	24,00 €	34,44%
Carpinteiro de 2ª	2	h/un	10	€/h	20,00 €	28,70%
EQUIPAMENTOS					**0,19 €**	**0,27%**
Berbequim	0,15	h/un	0,55	€	0,08 €	0,12%
Serra de Corte	0,1	h/un	0,13	€	0,01 €	0,02%
Aspirador	0,1	h/un	0,72	€	0,07 €	0,10%
Rebarbadora	0,05	h/un	0,35	€	0,02 €	0,03%
TOTAL						**69,69 €**

Figura 9 – Ficha de custo

4. CONCLUSÕES

Objetivou-se com este trabalho obter a decomposição do preço unitário, ilustrado numa ficha de custo, de um pormenor construtivo recorrente na reabilitação estrutural de edifícios antigos; a entrega de uma viga de madeira numa parede de alvenaria de pedra.

Esta ficha de custo foi decomposta em três itens: materiais, mão-de-obra e equipamentos. O facto de os custos obtidos e detalhados na ficha de custo apresentada neste artigo resultarem de um exemplo de obra real constitui a principal mais-valia deste trabalho, divulgando informação ainda escassa no domínio dos custos e dos rendimentos associados aos trabalhos de reabilitação de edifícios existentes.

Nesta intervenção a quantidade de materiais utilizados é mínima, e o objetivo destas soluções é serem pouco intrusivas e reduzir a introdução de novos materiais, preservando os existentes, reduzindo o impacto ambiental da intervenção e respeitando as pré-existências. Estas são identificadas como as maiores vantagens da utilização desta solução.

O desafio passa por disseminar este tipo de soluções nos projetos de reabilitação do edificado. Para que tal aconteça, e numa primeira instância, é necessário que os projetistas disponham de conhecimento técnico

adequado e que, igualmente, estejam sensibilizados para as vantagens deste tipo de solução. Numa segunda instância, o desafio passa pela correta aplicação da solução em obra, a qual depende da adequada formação e experiência dos executantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos projetistas das especialidades de arquitetura, a FLORET – Oficina de Arquitectura, e de estruturas, o NCREP – Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património, a autorização para a utilização deste caso de estudo no trabalho aqui apresentado.

REFERÊNCIAS

COIAS, V., 2006 – **Inspecção e ensaios na reabilitação de edifícios**. Lisboa: IST Press.

NCREP, 2018 – **Projeto de estabilidade, edifício rua Álvares Cabral 177, Porto**. Porto: NCREP – Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património, Lda.

FLORET, 2018 – **Projeto de arquitetura, edifício Rua Álvares Cabral 177, Porto**. Porto: Floret – Oficina de Arquitectura, Lda.

TAMIEX, 2018 – **Obra A147, edifício Rua Álvares Cabral 177, Porto**. Marco de Canaveses: TAMIEX – Engenharia e Construção, Lda.

ARGAMASSAS DE TERRA ESTABILIZADAS COM SULFATOS DE CÁLCIO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA

EARTHEN MORTARS STABILIZED WITH CALCIUM SULPHATE: PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERIZATION

José Lima [(1)], Afonso Lino [(2)], Teresa Freire [(3)], Paulina Faria [(4)]

(1) Faculdade de Arquitectura, Universidade de Lisboa, Portugal, jose.lima.ferreira@gmail.com
(2) DEC, FCT, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal, a.lino@campus.fct.unl.pt
(3) CERIS e Sival – Gessos Especiais, Lda., Portugal, inov-ge@sival.pt; mtfreire@gmail.com
(3) CERIS e DEC, FCT, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal, paulina.faria@fct.unl.pt

RESUMO

As argamassas de terra foram muito utilizadas no passado na construção de abrigos, assentamento de alvenarias, e revestimentos interiores e exteriores. Nos últimos anos têm suscitado um renovado interesse devido às suas características técnicas, nomeadamente elevada higroscopicidade e compatibilidade com suportes antigos, mas também devido a aspectos ambientais, como a reduzida energia incorporada. No entanto, para aplicações nas quais possa haver contacto, mesmo que acidental, com água, as argamassas de terra apresentam vulnerabilidade. Nesse sentido, interessa avaliar de que forma a estabilização com ligantes de baixa energia incorporada permite manter as suas características mais positivas, melhorando também a resistência à água. O gesso hemi-hidratado é produzido por calcinação da pedra de gesso a baixa temperatura e a anidrite por calcinação a temperatura mais elevada, embora ainda muito inferior à de outros ligantes correntes, como as cais.

No âmbito de estudos anteriores verificou-se que a estabilização com gesso hemi-hidratado melhora o comportamento das argamassas de terra face à água e em termos mecânicos, sem reduzir significativamente a sua higroscopicidade. Neste artigo apresenta-se a caracterização física e mecânica de argamassas elaboradas com base numa argamassa de terra pré-doseada, sem estabilização por ligante, comercializada pela empresa Embarro, considerando a adição, em volume, de 5, 10 e 20% de anidrite e também a adição de 20% de gesso hemi-hidratado. Verifica-se que a adição de anidrite aumenta a retracção linear das argamassas, contrariamente ao observado com a adição de gesso hemi-hidratado. A resistência mecânica e a resistência à abrasão a seco tendem também a aumentar, embora de forma menos significativa que com a adição de gesso hemi-hidratado. Observa-se, ainda, que a capacidade higroscópica das argamassas sofre uma pequena redução com o incremento da adição de anidrite, embora pouco expressiva e inferior à redução observada com o gesso hemi-hidratado. No entanto, a melhoria da durabilidade face à água das argamassas estabilizadas com anidrite é muito inferior à atingida com o gesso hemi-hidratado

Palavras-chave: Reboco / Argila / Adição de Estabilizante / Gesso Hemi-Hidratado / Anidrite

1. INTRODUÇÃO

As argamassas de terra foram provavelmente o primeiro tipo de argamassa a ser utilizado pela humanidade na antiguidade, inicialmente no revestimento e preenchimento dos espaços vazios entre os elementos vegetais utilizados na construção de abrigos e, mais tarde, no revestimento de fossas para depósito de alimentos, no assentamento de alvenarias de pedra ou blocos de terra, ou ainda no reboco de alvenarias, como são o caso dos vestígios encontrados em sítios arqueológicos em território nacional (Bruno, Faria, Candeias *et al.*, 2010). Desde então, as argamassas de terra continuaram a ser utilizadas em várias regiões do mundo, predominantemente em construções de arquitectura vernácula, mas também em edifícios monumentais, servindo para o assentamento de alvenarias de adobe ou pedra, ou para o preenchimento de estruturas de elementos de madeira, como o caso do tabique, ou ainda sendo empregues em rebocos, no revestimento de protecção ou decorativo de paredes e tectos, ou até em pavimentos (Houben e Guillaud, 1989; Minke, 2006; Schroeder, 2016).

Contudo, a utilização de argamassas de terra entrou em declínio quando a produção e comercialização de ligantes minerais se generalizou, primeiro com as cais de construção, aéreas e com propriedades hidráulicas, e depois com o cimento. O desinteresse deveu-se, em parte, ao facto destes ligantes permitirem a produção de argamassas geralmente com maior resistência mecânica e com maior durabilidade à intempérie, mas também devido às argamassas de terra serem socialmente associadas a falta de recursos económicos (Minke, 2006).

O interesse pelas argamassas de terra foi recentemente retomado, em especial a partir do início do século XXI, principalmente para a execução de rebocos, motivado por razões ecológicas, associadas à ausência de toxicidade, à reduzida energia que incorporam e à possibilidade da sua reutilização, maximizando a circularidade do recurso e minimizando o impacto ambiental (Melià, Ruggieri, Sabbadini *et al.*, 2014; Gomes, Faria e Gonçalves, 2019). Actualmente, o interesse pelos rebocos de terra centra-se também no seu desempenho acrescido quando comparado com os rebocos de ligantes convencionais, nomeadamente ao nível estético, possibilitando acabamentos com múltiplas cores e texturas (Faria e Lima, 2018) e, ao nível técnico, devido à elevada higroscopicidade, contribuindo de forma significativa para a regulação termo-higrométrica dos ambientes interiores (Lima, Faria e Santos Silva, 2016; Liuzzi, Rubino, Stefanizzi *et al.*, 2018; Maskell, Thomson, Walker *et al.*, 2018;), para a qualidade do ar interior (Darling, Cros, Wargocki *et al.*, 2012; Santos, Gomes, Coelho *et al.*, 2019), e para a saúde e conforto dos ocupantes (Arundel, Sterling, Biggin *et al.*, 1986; Moret-Rodrigues, Canha-da-Piedade e Braga, 2009). Os rebocos de terra podem também ser benéficos para a conservação do património edificado e arqueológico, sendo potencialmente compatíveis com os suportes antigos e contribuindo para a conservação de outros materiais construtivos através da regulação da humidade relativa (Stazi, Nacci, Tittarelli *et al.*, 2015; Gomes, Faria e Gonçalves, 2019).

No entanto, os rebocos de terra são susceptíveis de desagregação quando em contacto, mesmo que acidental, com água no estado líquido. Justifica-se, assim, estudar o efeito da adição de estabilizantes que, por um lado, viabilizem a utilização destas argamassas em condições de contacto com a água e, por outro lado, não prejudiquem de forma substancial a sua eco-eficiência, nomeadamente pela incorporação de significativa energia ou pela redução da sua capacidade higroscópica.

De entre os ligantes minerais usualmente utilizados da indústria da construção, o gesso é o ligante com menor energia incorporada. É produzido por tratamento térmico da rocha de gesso (sulfato de cálcio di-hidratado) a temperatura relativamente baixa – cerca de 120-180 °C – à qual a rocha liberta parte da água que contém, ligada quimicamente, transformando-se em gesso hemi-hidratado. Este, após trituração, pode ser amassado com água, formando uma pasta que endurece rapidamente, transformando-se novamente num sulfato de cálcio di-hidratado, quimicamente semelhante à rocha inicial, embora muito mais poroso e sensível à humidade (La Spina,

2015; Freire, 2016).

Se a mesma rocha de gesso for tratada termicamente a temperatura superior, então liberta toda a água que contém quimicamente ligada, transformando-se num sulfato de cálcio anidro, designado por anidrite. Entre os 180-200 °C é obtida anidrite de tipo III (anidrite solúvel), muito instável e ávida de água que, em contacto com a humidade do ar, rapidamente se transforma em gesso hemi-hidratado. Quando a temperatura ultrapassa os 300 °C, obtém-se anidrite de tipo II (anidrite insolúvel), mais estável e de hidratação lenta. A temperatura superior a 1200 °C forma-se anidrite de tipo I, que ao arrefecer se transforma em anidrite tipo II (La Spina, 2015; Freire, 2016).

Quando amassada com água, a anidrite tipo II forma também uma pasta que endurece lentamente, transformando-se igualmente em sulfato de cálcio di-hidratado, quimicamente semelhante à rocha inicial, mas menos poroso, com maior resistência mecânica e mais estável em relação à água que o obtido pela hidratação do gesso hemi-hidratado (La Spina, 2015; Freire, 2016). Embora a produção de anidrite tipo II requeira um tratamento térmico a temperatura superior ao gesso hemi-hidratado, incorpora menos energia que os restantes ligantes minerais convencionais, nomeadamente cais aéreas, cais com proprie-dades hidráulicas e cimentos, produzidos com tratamentos térmicos a temperatura muito superior.

Em estudo anterior avaliou-se a estabilização de uma argamassa de terra, formulada com base numa terra ilítica e areia siliciosa, através da adição de gesso hemi-hidratado, tendo-se obtido resultados promissores, nomeadamente a redução da retracção linear e fissuração, o aumento significativo da resistência mecânica e da resistência à abrasão a seco e, cumulativamente, uma redução pouco significativa da capacidade higroscópica da argamassa (Lima, Correia e Faria, 2016).

O presente estudo pretende avaliar se a estabilização de uma argamassa de terra através da adição de anidrite tipo II pode melhorar os bons resultados anteriormente obtidos com a adição de gesso hemi-hidratado. Para esse fim, foram formuladas cinco argamassas com base numa argamassa de terra pré-doseada, comercializada pela empresa Embarro. A argamassa tal qual, i.e., sem adição de anidrite, foi considerada como referência, sendo designada por RM. Três argamassas foram preparadas com adição de 5, 10 e 20% de anidrite, em relação ao volume da mistura seca da argamassa de referência, e designadas respectivamente por RM_A5, RM_A10 e RM_A20. Para facilitar a comparação de resultados foi preparada uma argamassa com adição de 20% de gesso hemi-hidratado, também em relação ao volume da mistura seca da argamassa de referência, e designada por RM_G20_SR. Foi, ainda, preparada uma pasta de anidrite, sem adição de agregados, designada por A100, com o intuito de obter dados de caracterização do estabilizante.

2. MATERIAIS

A argamassa de terra pré-doseada, usada em cinco formulações no presente estudo, corresponde ao produto *Embarro Universal*, comercializado pela empresa Embarro. De acordo com o fabricante, é uma mistura composta por terra argilosa, areia siliciosa com granulometria de 0-2 mm e fibras de palha com dimensão inferior a 10 mm (Embarro, 2018). A distribuição granulométrica, apresentada na Figura 1, foi realizada por via húmida para partículas de dimensão superior a 0,075 mm, de acordo com a norma EN 1015-1 (CEN, 1998a), e por sedimentação para partículas de dimensão igual, ou inferior, a 0,075 mm, de acordo com a especificação LNEC E196-1966 (LNEC, 1966).

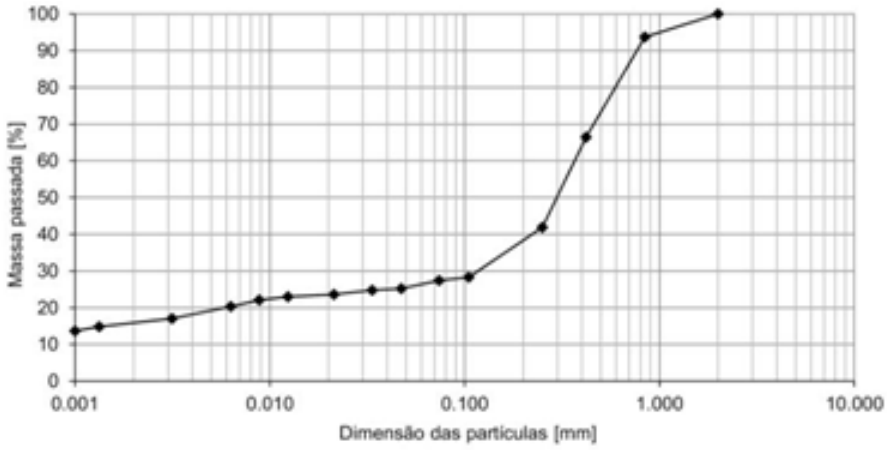


Figura 1 – Curva granulométrica da argamassa pré-doseada RM, obtida por peneiração seca para partículas de dimensão superior a 0,075 mm, e por via húmida para partículas de dimensão igual ou inferior a 0,075 mm (adaptado de Santos, Gomes, Coelho *et al.*, 2019)

Em estudo anterior foi caracterizado outro lote do mesmo produto, observando-se a predominância do mineral argiloso ilite (Faria, Santos e Aubert, 2016). Embora não tenha sido possível determinar a proporção exacta dos constituintes dessa mistura pré-doseada, em estudo anterior, foram formuladas, em laboratório, argamassas de terra com base em terra ilítica extraída do mesmo barreiro e areia siliciosa com distribuição granulométrica semelhante, respectivamente na proporção volumétrica de 1:3, tendo-se registado resultados próximos dos obtidos pela argamassa de referência no presente estudo (Lima, Correia e Faria, 2016; Lima, Faria e Santos Silva, 2016). Após peneiração com o peneiro n.º 4 (4,75 mm), para rejeição de agregados grosseiros pontuais e da palha presente na mistura pré-doseada, a baridade desta foi aferida com base na norma EN 1097-3 (CEN, 1998c), tendo sido obtido o valor de 1414,0 kg/m³. A mesma norma foi utilizada para determinação da baridade dos restantes constituintes.

A anidrite tipo II, utilizada neste estudo na preparação das argamassas de terra RM_A5, RM_A10 e RM_A20 e na execução da pasta A100, foi o produto *Anhidrita II* produzido e comercializado pela empresa Gypsum Plus, obtido por tratamento térmico da rocha de gesso a 400-700 °C, sendo fornecido em pó (resíduos nos peneiros: 400 µm ≤ 10%; 200 µm ≤ 20%; 100 µm ≤ 50%), com índice de pureza superior a 80% (Gypsum-Plus, 2017) e baridade de 970,6 kg/m³.

O gesso hemi-hidratado utilizado na preparação da argamassa RM_G20_SR, foi o produto *Gesso Estuque*, produzido e comercializado pela empresa Sival, correspondendo a sulfato de cálcio hemi-hidratado, não aditivado, fornecido na forma de pó fino (resíduos nos peneiros: 500 µm ≤ 0,10%; 300 µm ≤ 0,65%), de cor branca, destinado ao revestimento de paredes e tectos, por aplicação manual, sendo aconselhada a amassadura mecânica com água na proporção de um litro de água para 1,45 kg de gesso, e estimado um tempo de início de presa de 12 ± 3 min e um tempo de fim de presa de 28 ± 5 min (SIVAL, 2020), apresentando a baridade de 667,4 kg/m³.

Na preparação de argamassa RM_G20_SR, e uma vez que o gesso hemi-hidratado tem um tempo de presa reduzido, insuficiente para a realização dos provetes necessários, foi utilizado um retardador de pressa, produzido e comercializado pela empresa SICIT2000 S.p.A., com o nome de *Plast Retard PE*, fornecido na forma de pó de cor branco-marfim, totalmente solúvel em água, sendo recomendada a adição de 0,02% a 0,08%, em relação à massa de gesso hemi-hidratado, respectivamente para que se obtenham tempos iniciais de presa superiores a 45 min e 240 min (SICIT2000, 2019).

3. MÉTODOS

Na inexistência de outras normas específicas para a caracterização de argamassas de terra, no presente estudo seguiu-se a norma alemã DIN 18947 (DIN, 2013), que define os requisitos, as classificações e os procedimentos de ensaios a aplicar na caracterização de argamassas de terra não estabilizadas quimicamente. Esta norma remete muitos ensaios para as partes aplicáveis da norma europeia EN 1015. Para os ensaios não definidos na norma DIN 18947 (DIN, 2013) os autores seguiram outras normas, ou procedimentos desenvolvidos especificamente, seguidamente descritos.

A mistura e caracterização das argamassas no estado fresco foram realizadas com base na norma DIN 18947 (DIN, 2013), que prevê uma amassadura com duração de 90 s, dividida em dois períodos, respectivamente de 60 s e 30 s, intercalados por um período de descanso da argamassa de 5 min. Na preparação da argamassa RM_G20_SR, o período de descanso da amassadura foi suprimido e foi adicionado o retardador de presa à mistura, na proporção de 0,02% em relação à massa de gesso hemi-hidratado. A pasta A100 foi preparada também com supressão do período de descanso da amassadura, mas sem adição do retardador de presa.

Todas as argamassas foram amassadas com o mínimo de água necessário para obter boa trabalhabilidade e valores de consistência por espalhamento próximos de 175 ± 5 mm, de acordo com a DIN 18947 (DIN, 2013), aferidos segundo a EN 1015-3 (CEN, 1999a). A pasta A100 foi amassada com o mínimo de água necessário para a saturação do pó de anidrite tipo II, determinada em ensaio de saturação preliminar, resultando num valor de consistência por espalhamento superior ao definido na DIN 18947 (DIN, 2013).

A Tabela 1 apresenta as formulações das argamassas em termos de proporções volumétricas e mássicas dos materiais constituintes, assim como os resultados obtidos para a consistência por espalhamento e massa volúmica no estado fresco, aferida de acordo com a EN 1015-6 (CEN 1998b).

Tabela 1 – Composição das argamassas e caracterização no estado fresco

	Proporções volumétricas				Proporções mássicas				Massa volúmica [kg/m³]	Consistência espalhamento [mm]
Argamassa	RM [%]	A [%]	G [%]	Água[(a)] [%]	RM [%]	A [%]	G [%]	Água[(b)] [%]		
RM	100,0	0,0	0,0	26,3	100,0	0,0	0,0	18,5	2026,5 ± 5,1	172,4 ± 2,3
RM_A5	100,0	5,0	0,0	26,3	96,7	3,3	0,0	17,9	2027,8 ± 1,2	168,5 ± 3,7
RM_A10	100,0	10,0	0,0	26,7	93,6	6,4	0,0	17,6	2051,2 ± 4,8	165,9 ± 1,3
RM_A20	100,0	20,0	0,0	28,8	87,9	12,1	0,0	17,8	2048,9 ± 4,2	169,6 ± 2,1
RM_G20_SR	100,0	0,0	20,0	28,1	91,4	0,0	8,6	18,1	2022,8 ± 4,7	177,0 ± 1,2
A100	0,0	100,0	0,0	29,2	0,0	100,0	0,0	30,0	1969,1 ± 5,0	194,8 ± 2,5

Notação: RM – Argamassa de terra pré-doseada; A – Anidrite; G – Gesso; (a) – Percentagem de volume de água adicionado em relação ao volume total de argamassa pré-doseada seca RM, ou volume total de ligante, no caso da argamassa A100; (b) – Percentagem de massa de água adicionada em relação à massa total dos restantes materiais constituintes

A preparação dos provetes seguiu igualmente a DIN 18947 (DIN, 2013). Para cada formulação foram preparados seis provetes prismáticos em moldes metálicos, com dimensão de 160 mm × 40 mm × 40 mm, seis provetes circulares moldados em anéis de PVC, com espessura de 20 mm e diâmetro de 90 mm, três provetes planares em moldes metálicos, com dimensão de 500 mm × 200 mm × 15 mm, e dois provetes constituídos por 20 mm de espessura de argamassa aplicada numa das faces de tijolos furados, com dimensão de 295 mm × 195 mm, simulando a aplicação de reboco em situação real. A secagem dos provetes decorreu em ambiente condicionado, com temperatura de 20,2 ± 0,5 °C e humidade relativa (HR) de 60 ± 5%. Após um período de 15 dias, os provetes prismáticos foram desmoldados, enquanto os restantes provetes foram mantidos nos respectivos moldes. Todos os provetes permaneceram no referido ambiente condicionado durante um período de 247 dias, até ao inicio dos ensaios de caracterização no estado endurecido.

A retracção linear das argamassas foi avaliada visualmente nos provetes planares e nos provetes prismáticos, de acordo com a DIN 18947 (DIN, 2013). Os provetes prismáticos foram posteriormente utilizados na aferição da massa volúmica, seguindo a EN 1015-10/A1 (CEN, 1999b), do módulo de elasticidade dinâmico, pela EN 14146 (CEN, 2004), e das resistências à tracção por flexão e à compressão, com base na EN 1015-11 (CEN, 1999c). Os provetes de argamassa sobre tijolo foram utilizados no ensaio de resistência à abrasão a seco, considerando uma escova de dureza média, de acordo com a DIN 18947 (DIN, 2013), no ensaio de coesão superficial, seguindo o procedimento definido por Drdácký, Lesák, Niedoba *et al.* (2015) e adaptado por Parracha, Pereira, Velez da Silva *et al.* (2019), e no ensaio de aderência ao suporte, realizado com base na EN 1015-12 (CEN, 2000). A condutibilidade térmica foi aferida nos provetes circulares com um equipamento Heat Transfer Analyzer ISOMET 2104, com uma sonda de contacto API 210412 de 60 mm de diâmetro e uma amplitude de aferição de 0.3 to 2.0 W/(mK). O ensaio de adsorção e desadsorção de vapor de água foi realizado em câmara climática com os provetes planares mantidos nos respectivos moldes metálicos, tal como definido na DIN 18947 (DIN, 2013). Posteriormente, estes provetes foram desmoldados e utilizados no ensaio de erosão por gotejamento, baseado da norma neozelandesa para blocos de terra NZS 4298/A1 (NZS, 2000), adaptada pelos autores para o ensaio de rebocos de terra, de acordo com o procedimento descrito em estudo anterior (Lima, Faria e Santos Silva, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adição de anidrite à argamassa de terra de referência, e o seu incremento, promoveu o aumento da retracção linear das argamassas aditivadas (Figura 2A). O efeito oposto foi observado na argamassa RM_G20_SR, onde a adição de 20% de gesso hemi-hidratado provocou a redução significativa da retracção linear, em linha com o comportamento habitual desta fase do gesso (Freire, 2016) e com os resultados obtidos em estudo anterior, onde se avaliou o efeito da adição de gesso hemi-hidratado a argamassas formuladas com terra ilítica e areia siliciosa (Lima, Correia e Faria, 2016).

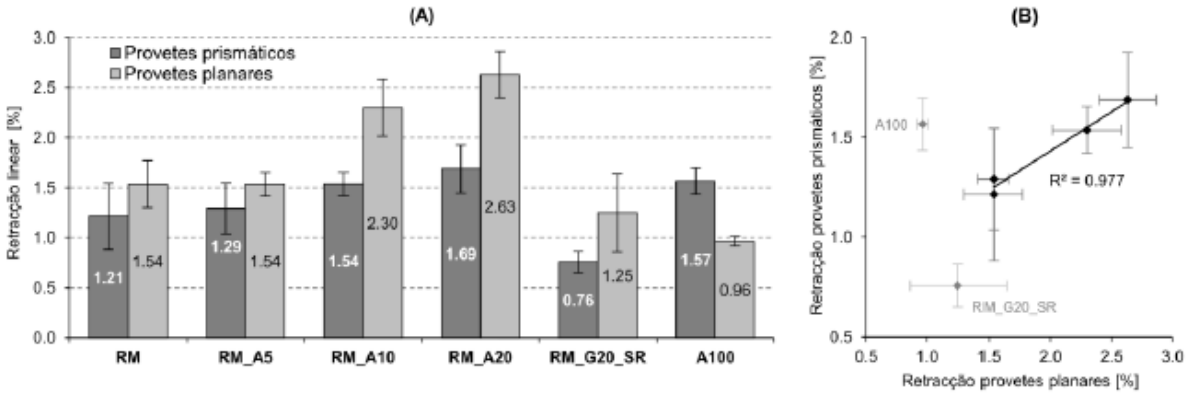


Figura 2 – (A) Retracção linear aferida em provetes prismáticos e planares; (B) Correlação entre as retracções lineares dos provetes prismáticos e dos provetes planares, para a argamassa de terra de referência e para as argamassas de terra com adição de anidrite

Os provetes prismáticos e os provetes planares da argamassa de terra de referência e das argamassas de terra com adição de anidrite apresentaram comportamento semelhante de retracção, evidenciado pela correlação significativa da Figura 2B.

A Figura 3A apresenta os resultados dos ensaios de massa volúmica aparente e condutibilidade térmica, observando-se que o incremento da adição de anidrite promoveu o ligeiro aumento da massa volúmica aparente das argamassas de terra aditivadas. Pelo contrário, a argamassa de terra RM_G20_SR, com adição de 20% de gesso, apresentou uma ligeira redução da massa volúmica aparente, o que está de acordo com o obtido em estudo anterior (Lima, Correia e Faria, 2016). A condutibilidade térmica aumentou com a adição de 5% de

anidrite, decrescendo com o seu incremento, enquanto a adição de 20% de gesso hemi-hidratado aumentou ligeiramente a condutibilidade térmica. Em estudo anterior, observou-se que a adição de gesso promoveu um padrão de influência na condutibilidade térmica semelhante ao observado no presente estudo com a adição de anidrite. No entanto, nesse estudo a adição de 20% de gesso resultou na redução da condutibilidade térmica (Lima, Correia e Faria, 2016, contrariamente ao aqui obtido. Para a argamassa de terra de referência e argamassas de terra com adição de anidrite foi observada uma correlação significativa entre a massa volúmica aparente e a retracção linear, também já reportada em estudos anteriores que avaliaram argamassas de terra (Lima, Faria e Santos Silva, 2016, 2020). No entanto, não foi observada qualquer correlação entre a massa volúmica aparente e a condutibilidade térmica, contrariamente ao observado em argamassas de terra em estudos anteriores (Lima, Faria e Santos Silva, 2016, 2020) e reportado por outros autores para materiais com base em terra (Minke, 2006; Schroeder, 2016).

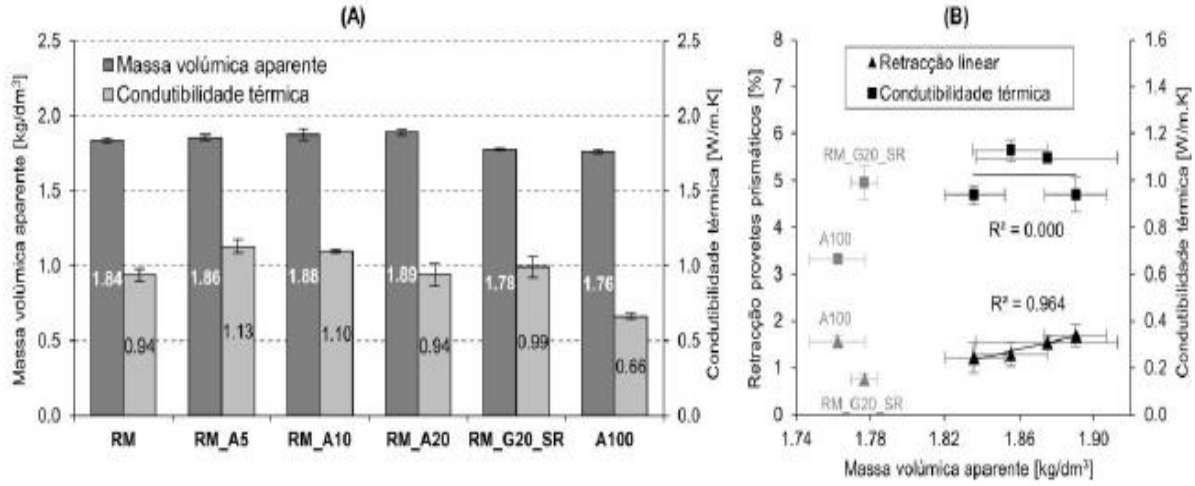


Figura 3 – (A) Massa volúmica aparente e condutibilidade térmica; (B) Correlações entre a massa volúmica aparente e a retracção linear e condutibilidade térmica, para a argamassa de terra de referência e as argamassas de terra com adição de anidrite

Os resultados dos ensaios de módulo de elasticidade dinâmico, resistência à compressão, resistência à tracção por flexão, e aderência ao suporte, apresentados na Figura 4A, mostram que o incremento da adição de anidrite promoveu o ligeiro aumento do módulo de elasticidade dinâmico das argamassas de terras aditivadas. Contudo, não foi observado o aumento da resistência à compressão, da resistência à tracção por flexão, ou da aderência ao suporte. Pelo contrário, na argamassa RM_G20_SR, a adição de 20% de gesso hemi-hidratado aumentou de forma significativa a resistência à compressão, a resistência à tracção por flexão e a aderência ao suporte, resultados que estão de acordo com os obtidos em estudo anterior (Lima, Correia e Faria, 2016). Não foi possível avaliar a aderência ao suporte para a pasta A100, devido ao destacamento dos provetes realizados sobre tijolo, motivado pela elevada retracção linear e fissuração. No entanto, os resultados muito superiores de módulo de elasticidade, resistência à compressão e resistência à tracção por flexão, fariam esperar maior contributo da adição de anidrite para a resistência mecânica das argamassas de terra analisadas. Ainda assim é de salientar que a argamassa de terra de referência e as argamassas de terra aditivadas com anidrite atingiram a classe de resistência mínima S-I, definida na DIN 18947 (DIN 2013), quer em relação à resistência à compressão (≥ 1,0 MPa) quer em relação à resistência à tracção por flexão (≥ 0,3 MPa). Porém nenhuma dessas argamassas atingiu o valor mínimo de aderência ao suporte definido para essa mesma classe (≥ 0,05 MPa). Também em concordância com o anteriormente exposto, não foram observadas correlações significativas entre o módulo de elasticidade dinâmico e a resistência à compressão, resistência à tracção por flexão e aderência ao suporte (Figura 4B).

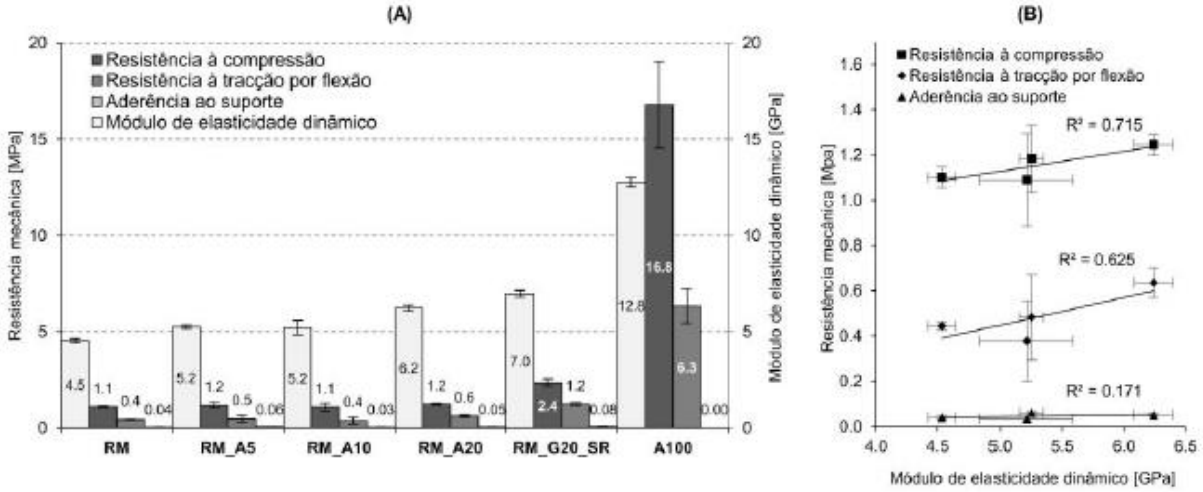


Figura 4 – (A) Resistência à compressão, resistência à tracção por flexão, aderência ao suporte e módulo de elasticidade dinâmico; (B) Correlações entre o módulo de elasticidade dinâmico e a resistência à compressão, resistência à tracção por flexão e aderência ao suporte

A Figura 5A mostra os resultados obtidos nos ensaios de resistência à abrasão a seco e coesão superficial, em termos de massa perdida pelos provetes. Pode observar-se que a adição de anidrite, e o seu incremento, melhoraram de forma substancial a resistência à abrasão a seco e a coesão superficial das argamassas aditivadas. Na argamassa RM_G20_SR, com adição de 20% de gesso, essa melhoria foi ainda mais significativa, o que também já tinha sido verificado anteriormente (Lima, Correia e Faria, 2016).

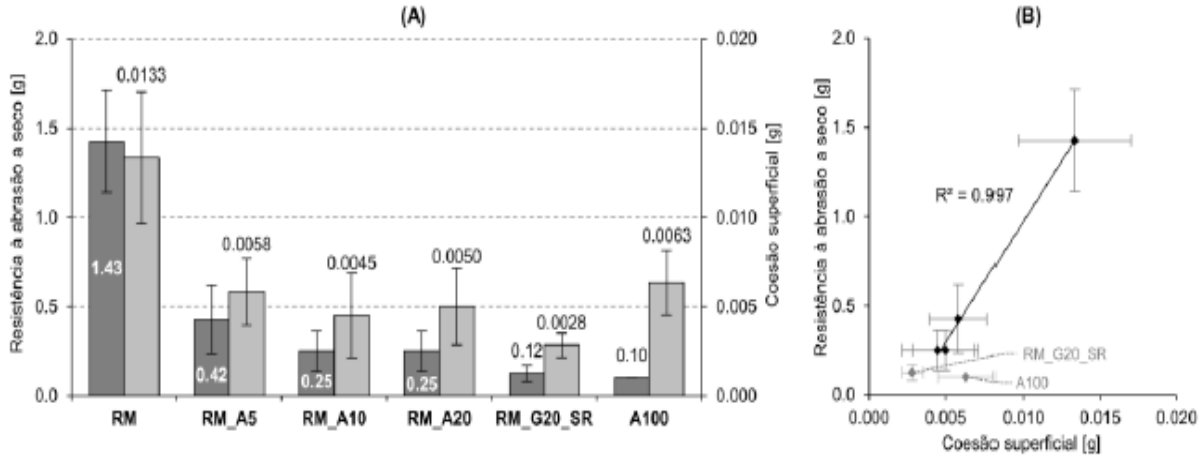


Figura 5 – Resistência à abrasão a seco e coesão superficial (A) e correlação entre ambas (B)

Para a argamassa de referência e para as argamassas de terra com adição de anidrite foi possível observar uma boa correlação entre os resultados de abrasão a seco e de coesão superficial (Figura 5B), o que em certa medida pode ser considerado coerente, uma vez que ambas as propriedades dependem das características da superfície dos provetes. No entanto, não foram observadas correlações entre estes resultados e os resultados de resistência à compressão, resistência à tracção por flexão e aderência ao suporte, o que é contrário ao esperado e reportado em estudo anterior (Lima, Faria e Santos Silva, 2020).

Os resultados do ensaio de adsorção e desadsorção de vapor (Figura 6) evidenciam a elevada capacidade higroscópica da argamassa de terra de referência, em acordo com o observado anteriormente em argamassas de terra com composições semelhantes (Lima, Faria e Santos Silva, 2016). Os resultados mostram, ainda, que a estabilização da argamassa de terra de referência através da adição de quantidades crescentes de anidrite, não prejudicou de forma significativa a higroscopicidade das argamassas. Os resultados evidenciam também que a

adição de 20% de gesso hemi-hidratado promove maior redução da capacidade higroscópica da argamassa, quando comparada com a adição de igual quantidade de anidrite. Salienta-se que todas as argamassas estabilizadas, mesmo a argamassa com adição de 20% de gesso, obtiveram resultados superiores à classe de adsorção máxima WS-III, definida na DIN 18947 (DIN 2013). Faz-se, ainda, notar que a pasta A100, constituída exclusivamente por anidrite, apesar de ter a menor capacidade higroscópica, apresentou valores que podem ser considerados relativamente elevados, atendendo à ausência de minerais argilosos na sua formulação, e também por comparação com os resultados obtidos por outros investigadores para argamassas pré-doseadas com base em cimento (Santos, Gomes, Coelho *et al.*, 2019).

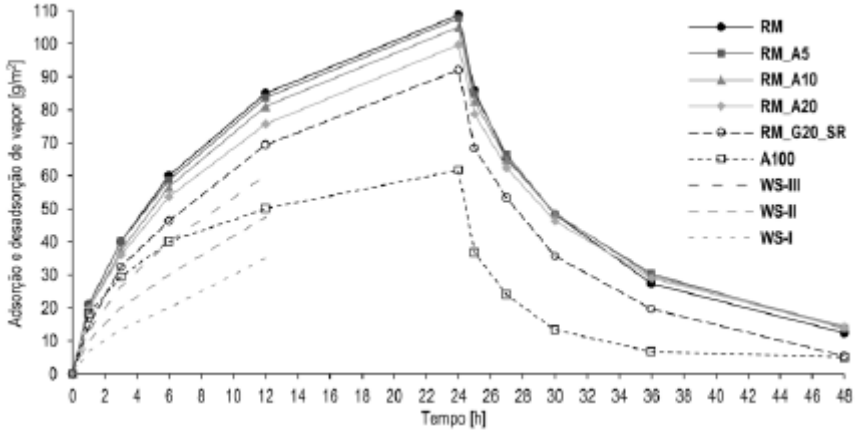


Figura 6 – Adsorção e desadsorção de vapor das argamassas e pasta analisadas e classes de adsorção de vapor WS-I, WS-II e WS-III, definidas na DIN 18947 (DIN, 2013)

A Figura 7A apresenta os resultados obtidos no ensaio de erosão por gotejamento, expressos em termos de massa erodida e quantidade de água absorvida pelos provetes no decorrer do ensaio. Constata-se que a adição incremental de anidrite aumentou de forma progressiva e significativa a resistência à erosão por gotejamento das argamassas de terra aditivadas, assim como reduziu a quantidade de água absorvida, embora de forma menos expressiva. Para estas argamassas, e para a argamassa de terra de referência, foi observada uma correlação positiva entre a massa erodida e a quantidade de água absorvida (Figura 7B). No entanto, esta tendência não abrangeu a argamassa RM_G20_SR, com adição de 20% de gesso hemi-hidratado, nem a pasta A100, nas quais se observou erosão nula; contudo, esta foi acompanhada do aumento da quantidade de água absorvida, particularmente significativo no caso da pasta A100. Em estudo anterior, que caracterizou argamassas executadas com terras com distintos minerais argilosos, também não foi encontrada correlação entre a massa erodida e a quantidade de água absorvida (Lima, Faria e Santos Silva, 2020).

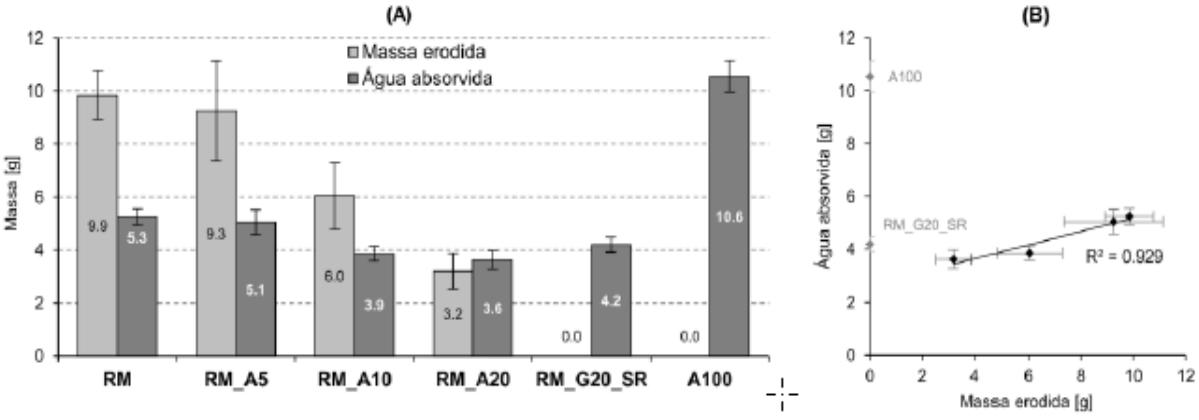


Figura 7 – Erosão por gotejamento: (A) Massa erodida e água absorvida; (B) Correlação entre a massa erodida e a água absorvida

5. CONCLUSÕES

Tendo em consideração os resultados do presente estudo e de um estudo anterior, também conduzido pelos autores e referente à avaliação da adição de gesso hemi-hidratado em argamassas de terra com composição semelhante, pode concluir-se que a estabilização de argamassas de terra ilítica, através da adição de gesso hemi-hidratado, se afigura mais vantajosa que a estabilização através da adição de anidrite tipo II. De facto, a menor quantidade de energia incorporada na argamassa com a adição de gesso hemi-hidratado, que requer um tratamento térmico a temperatura inferior ao tratamento térmico requerido para a produção de anidrite tipo II, e os melhores resultados obtidos, nomeadamente a redução da retracção linear, o aumento da resistência à compressão, o aumento da resistência à tracção por flexão, o aumento da aderência ao suporte, e ainda, o aumento da resistência à abrasão a seco e a redução da erosão por gotejamento, ilustram claramente essa vantagem Estas propriedades são muito importantes para a eficiência das argamassas de reboco com base em terra e, no entender dos autores, compensam a ligeira desvantagem observada na redução da capacidade higroscópica das argamassas de terra aditivadas com gesso hemi-hidratado.

Para uma compreensão mais ampla das propriedades das argamassas de terra estabilizadas com sulfatos de cálcio sugere-se que, em estudos futuros, sejam contemplados ensaios de absorção de água a baixa pressão, absorção de água por capilaridade e secagem. A análise mineralógica e microestrutural das argamassas endurecidas poderá também fornecer informação relevante para o entendimento do mecanismo associado ao desempenho diferenciado dos dois estabilizantes analisados, nomeadamente a eventual formação de novos compostos químicos, ou o nível de hidratação atingido por cada estabilizante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), Portugal, pelo financiamento da bolsa de doutoramento de José Lima (SFRH/BD/119703/2016), e o projecto de investigação PTDC/EPH-PAT/4684/2014: DB-Heritage – Database of building materials with historical and heritage interest. Agradecem, ainda, à empresa "Embarro – Tradição e Inovação", pelo fornecimento da argamassa de terra pré-doseada "Embarro Universal" utilizada no presente estudo e ao Eng.º Vítor Silva pelo apoio na campanha experimental realizada nos Laboratórios de Construção do Departamento de Engenharia Civil, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa.

REFERÊNCIAS

ARUNDEL, A. V.; STERLING, E. M.; BIGGIN, J. H.; STERLING, T. D., 1986 – **Indirect health effects of relative humidity in indoor environments**. *Environmental Health Perspectives*. Vol. 65 (1986), p. 351-361.

BRUNO, Patrícia; FARIA, Paulina; CANDEIAS, António; MIRÃO, José, 2010 – **Earth mortars from pre-historic habitat settlements in south Portugal: Case studies**. *Journal of Iberian Archaeology*. 13, 51-67.

CEN, 1998a – **Methods of test for mortar for masonry; Part 1: determination of particle size distribution (by sieve analysis).** Brussels: CEN. EN 1015-1:1998

CEN, 1998b – **Methods of test for mortar for masonry. Part 6: determination of bulk density of fresh mortar**. Brussels: CEN. EN 1015-6:1998.

CEN, 1998c – **Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 3: determination of loose bulk density and voids**. Brussels: CEN. EN 1097-3:1998.

CEN, 1999a – **Methods of test for mortar for masonry; Part 3: Determination of consistence of fresh mortar (by flow table)**. Brussels: CEN. EN 1015-3:1999.

CEN, 1999b – **Methods of test for masonry; Part 10: Determination of dry bulk density of hardened mortar**. Brussels: CEN. EN 1015-10:1999.

CEN, 1999c – **Methods of test for masonry; Part 11: determination of flexural and compressive strength of hardened mortar**. Brussels: CEN. EN 1015-11:1999.

CEN, 2000 – **Methods of test for mortar for masonry; Part 12: determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates**. Brussels: CEN. EN 1015-12:2000.

CEN, 2004 – **Natural stone test methods. Determination of the dynamic modulus of elasticity (by measuring the fundamental resonance frequency)**. Brussels: CEN. EN 14146:2004.

DARLING, Erin K.; CROS, Clement J.; WARGOCKI, Pawel; KOLARIK *et al.,* 2012 – **Impacts of a clay plaster on indoor air quality assessed using chemical and sensory measurements**. *Building and Environment*. Vol. 57 (2012), p. 370–376. doi: 10.1016/j.buildenv.2012.06.004.

DRDÁCKÝ, Miloš; LESÁK, Jaroslav; NIEDOBA, Krzysztof; VALACH, Jaroslav, 2015 – **Peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of mortar and render surfaces**. *Materials and Structures*. Vol. 48, N.° 6 (2015), p. 1947–1963. doi: 10.1617/s11527-014-0285-8.

DIN, 2013 – **Earth plasters – Terms and definitions, requirements, test methods** (in German). Berlin: DIN 18947:2013-08.

EMBARRO, 2018 – **Ficha técnica de produto: Embarro universal**. [Em linha]. São Brás de Alportel, Portugal : Embarro – Tradição + Inovação [Consultado em 2020/01/02]. Disponível em: https://www.embarro.com/wp-content/uploads/ARGAMASSA-EMBARRO-UNIVERSAL.pdf.

FARIA, Paulina; SANTOS, Tânia; AUBERT, Jean-Emmanuel, 2016 – **Experimental characterization of an earth eco-efficient plastering mortar**. *Journal of Materials in Civil Engineering*. Vol. 28, N.° 1 (2016), p. 04015085. doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001363.

FARIA, Paulina; LIMA, José, 2018 – **Rebocos de terra**. Colecção Cadernos de Construção com Terra. Lisboa: Argumentum.

FREIRE, Teresa, 2016 – **Restoration of ancient portuguese interior plaster coatings: Characterization and development of compatible gypsum-based products**. Tese de doutoramento. Lisboa: ULisboa.

GOMES, M. Idália; FARIA, Paulina; GONÇALVES, T. Diaz, 2019 – **Rammed earth walls repair by earth-based mortars: The adequacy to assess effectiveness**. *Construction and Building Materials*. Vol. 205 (2019), p. 213–231. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.222.

GYPSUM-PLUS, 2017 – **Ficha datos tecnicos: Anidrita II**. [Em linha]. Navarra, Espana: Gypsum Plus, 2017 [Consultado em: 2019/10/22]. Disponível em: http://www.gypsumplus.es/.

LA SPINA, Vincenzina, 2015 – **Vestigios de yeso. Los revestimientos continuos históricos en las Fachadas de la Valencia Intramuros: estudio histórico, caracterización y propuestas de conservación**. Doctoral Thesis. València: Universitat Politècnica de València.

LIMA, José; CORREIA, Débora; FARIA, Paulina, 2016 – **Rebocos de terra: influência da adição de gesso e da granulometria da areia**. Em Livro de Actas – Argamassas 2016 – II Simpósio de Argamassas e Soluções Térmicas de Revestimento. Coimbra: ITeCons, UCoimbra, APFAC.

LIMA, José; FARIA, Paulina; SANTOS SILVA, António, 2016 – **Earthen plasters based on illitic soils from barrocal region of algarve: contributions for building performance and sustainability**. *Key Engineering Materials*. Vol. 678 (2016), p. 64-77. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.678.64.

LIMA, José; FARIA, Paulina; SANTOS SILVA, António, 2020 – **Earth plasters: The influence of clay mineralogy in the plasters' properties**. *International Journal of Architectural Heritage*. (2020). doi: 10.1080/15583058.2020.1727064.

LNEC, 1966 – **Solos: Análise granulométrica (via húmida)**. Lisboa: LNEC. Especificação E 196-1966.

LIUZZI, Stefania; RUBINO, Chiara; STEFANIZZI, Pietro *et al*., 2018 – **Hygrothermal properties of clayey plasters with olive fibers**. *Construction and Building Materials*. Vol. 158 (2018), p. 24-32. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.10.013.

MASKELL, Daniel; THOMSON, Andrew; WALKER, Pete; LEMKE, Manfred, 2018 – **Determination of optimal plaster thickness for moisture buffering of indoor air**. *Building and Environment*. Vol. 130 (2018), p. 143-150. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.11.045.

MELIÀ, Paco; RUGGIERI, Gianluca; SABBADINI, Sergio; DOTELLI, Giovanni – **Environmental impacts of natural and conventional building materials: a case study on earth plasters**. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 80 (2014), p. 179-186. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.05.073.

MINKE, Gernot, 2006 – **Building with earth: design and technology of a sustainable architecture**. 6th ed. Basel, Boston: Birkhauser-Publishers for Architecture.

MORET-RODRIGUES, António; CANHA-DA-PIEDADE, António; BRAGA, Ana, 2009 – **Térmica de edifícios**. Alfragide: Edições Orion.

NZS, 2000 – **Materials and workmanship for earth buildings**. Wellington, New Zealand: Standard New Zealand. NZS 4298:1998/A1:2000

SANTOS, Tânia; GOMES, Idália; COELHO, Flávia; FARIA, Paulina, 2019 – **Earth-based and current plasters: assessment of efficiency and contribution to indoor air quality**. In RILEM Proceedings PRO130: 5th Historic Mortars Conference. Pamplona, Espanha: RILEM Publications SARL.

SCHROEDER, Horst, 2016 – **Sustainable building with earth**. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. Doi: 10.1007/978-3-319-19491-2

SICIT2000, 2019 – **Ficha técnica de produto: Plast Retard PE**. [Em linha]. Chiampo, Italy : SICIT2000 S.p.A. [Consultado em 2020/01/02]. Disponível em: https://www.sicitgroup.com/wp-content/uploads/2019/09/PlastRetard-PE_POR-V2.pdf.

SIVAL, 2020 – **Ficha técnica de produto: Gesso estuque**. [Em linha]. Leiria, Portugal : SIVAL – Sociedade Industrial da Várzea, Lda. [Consultado em: 2020/01/02]. Disponível em: https://sival.pt/img/cms/pdfs/fichas_tecnicas_pt/gesso%20estuque.pdf.

STAZI, Francesca; NACCI, Andrea; TITTARELLI, Francesca *et al*., 2015 – **An experimental study on earth plasters for earthen building protection: The effects of different admixtures and surface treatments**. *Journal of Cultural Heritage*. (2015). doi: 10.1016/j.culher.2015.07.009.

LA ARQUITECTURA VERNÁCULA COMO PATRIMONIO BIOCLIMÁTICO. RECUPERACIÓN DE UN GRANERO COMO EJERCICIO DE ECONOMÍA CIRCULAR

THE VERNACLE ARCHITECTURE AS A BIOCLIMATIC HERITAGE. RECOVERY OF A BARN AS AN EXERCISE OF CIRCULAR ECONOMY




Jorge Gallego Sánchez-Torija [(1)], María Antonia Fernández Nieto [(2)]

(1) Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, España, jorge.gallego@upm.es
(2) Escuela Politécnica, Arquitectura, Universidad Francisco de Vitoria, España, a.fernandez.prof@ufv.es

RESUMEN

La ecología trata de sistemas cerrados y cíclicos más que de un paisaje o arquitectura verde. Sistemas que no producen residuos sino recursos para que el ciclo natural se repita. La arquitectura vernácula tiene como principal característica su incorporación al ciclo biológico sin generar residuos y el uso de estrategias pasivas para depender al mínimo de fuentes de energía externas. La vinculación de los materiales con el lugar ha creado una relación entre construcción y paisaje indisoluble de gran valor arquitectónico. En esta clave se presenta el estudio de caso. Consiste en una edificación agrícola y ganadera de principios del siglo XX, construida con barro y madera, que ha quedado en desuso debido a la migración del campo a la ciudad junto con la industrialización de la agricultura y a la desaparición de la economía de subsistencia. Ante el proceso patológico y el peligro de colapso estructural se opta por reutilizar el complejo dotándolo de nuevas formas de re-habitar que respondan a la realidad actual. Se aprovechan las características bioclimáticas que incorpora el tipo de construcción recibida: muros gruesos de barro que gracias a su inercia térmica logran una amortiguación y desfase de la onda térmica y refrigeración por alta masa térmica con renovación nocturna mediante ventilación cruzada. Se opta de reutilizar el patrimonio construido en lugar de demoler el conjunto y hacer una obra nueva. Se opta por reducir la superficie habilitada actuando con diferentes intensidades: desmontar una parte, dejar como está otra parte, arreglar las patologías y conservar otra parte y, por último, rehabilitar el resto. Finalmente se opta por reciclar, tanto el conjunto edificatorio dotándole de un nuevo uso, como los elementos constructivos que se desmontan para volver a ser integrados de nuevo en el proceso constructivo. De esta manera, se reutiliza, se reduce y se recicla un conjunto edificatorio, en un proceso circular en el que la arquitectura vernácula vuelve a albergar un nuevo uso.

Palavras-chave: Arquitectura Vernácula / Rehabilitación / Adobe / Economía Circular / Sostenibilidad

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Estado del arte

La arquitectura vernácula debe ser considerada como patrimonio. «*El Patrimonio Vernáculo construido constituye el modo natural y tradicional en que las comunidades han producido su propio hábitat*» (ICOMOS, 1999).

Es más, la arquitectura vernácula debe ser considerada como patrimonio bioclimático. «*Son distintos los tiempos y las áreas de estudio las que reconocen el valor de lo vernáculo. La arquitectura sin arquitectos, se esboza como un aporte al quehacer actual, sus sistemas constructivos constituyen el rescate de las formas primigenias de adaptación y respeto al entorno, por lo que podríamos considerarla de un carácter sostenible*» (Tillería, 2017).

El diseño bioclimático ha supuesto un «*acercamiento hacia las obras rurales y la arquitectura vernácula al reconocer que ésta cumplía en gran medida con los criterios a los que se aspiraba*» (Guerrero, 2015).

La arquitectura vernácula «e*stá siendo "re-descubierta" y valorizada como un patrimonio cultural y ambiental, por representar un modelo de desarrollo sostenible del hábitat, en términos ambientales, culturales y económicos*» (Jorquera, 2013).

La arquitectura vernácula tiene como principal característica su incorporación al ciclo biológico sin generar residuos y el uso de estrategias pasivas para depender al mínimo de fuentes de energía externas. La vinculación de los materiales con el lugar ha creado una relación entre construcción y paisaje indisoluble de gran valor arquitectónico.

La ecología trata de sistemas cerrados y cíclicos más que de un paisaje o arquitectura verde. Sistemas que no producen residuos sino recursos para que el ciclo natural se repita. La introducción de vegetación en los edificios no siempre implica un mayor nivel ecológico en su concepción. Las tres erres de la ecología, reducir, reutilizar y reciclar, parecen ajenas al mundo de la arquitectura, pero en realidad intentar trasformar los residuos en recursos supone un reto fundamental para nuestra disciplina.

Desde mediados del siglo XX la arquitectura vernácula empieza a interesar a los arquitectos que entienden el Estilo Internacional demasiado rígido y esquemático. Se critica sobre todo la pérdida de identidad cultural en la arquitectura así como de la relación armónica del hombre con la naturaleza. Desde esa crítica se empieza a poner en valor la arquitectura vernácula vinculada a los primeros ecologismos.

La exposición fotográfica que realiza el arquitecto Bernard Rudofsky en el Museum of Modern Art de Nueva York, titulada "Arquitectura sin arquitectos" en 1964 sirve de inspiración a muchos arquitectos.

"*The beauty of "primitive" architecture has often been dismissed as accidental, but today we recognize in it an art form that has resulted from human intelligence applied to uniquely human modes of life*" (Rudofsky, 1964).

No obstante, el acercamiento mayoritario a la arquitectura vernácula se realiza para su estudio y conservación (Philokyprou, 2011) más que para su actualización para darle un nuevo uso más acorde a los tiempos actuales. De esta manera se puede volver a adaptar la arquitectura vernácula al medio natural, social, histórico y cultural donde se ubica, tal y como sucedía cuando surgió dicha arquitectura (Barbero, 2016).

1.2. Metodología

La metodología utilizada consiste en analizar el estudio de caso seleccionado desde la perspectiva de las tres R de la sostenibilidad: reutilizar, reducir y reciclar, para visibilizar, dentro de la arquitectura y de la rehabilitación, estrategias de actuación basadas en estos principios.

1.3. Objetivo

El objetivo que se pretende es contribuir a la incorporación de la economía circular a la actividad constructiva. Las intervenciones de rehabilitación en edificios «*suponen oportunidades claves para aplicar en el parque edificado distintos criterios de economía circular: aumentar la durabilidad de los productos, utilización de menos recursos naturales, eficiencia en la utilización de los recursos, diseño para obtener eficiencia en la vida útil de la construcción o edificación (energía, agua, …) rediseñar la obra para que sea más modular y reparable, reutilización de componentes de construcción, introducción de materiales renovables o reciclados, criterios a la hora de identificar, clasificar en obra y gestionar correctamente los residuos que se generen, etc.*» (Masseck, 2018).

2. ESTUDIO DE CASO

2.1. Reutilizar / re-habitar

Una edificación agrícola y ganadera de principios del siglo XX ubicada en un pueblo de la Meseta castellana de España ha quedado en desuso. Tal y como puede observarse en la figura 1, está formada por un zaguán para carruajes por el que se accede a un corral en torno al que se articula una serie de edificaciones: el edificio principal con una crujía destinada a granero y otra crujía destinada a bodega, una cija para albergar ovejas, una cochiquera para cerdos, un gallinero y un almacén de aperos agrícolas. Las instalaciones han quedado obsoletas debido a la migración del campo a la ciudad junto con la industrialización de la agricultura y de la ganadería y a la desaparición de la economía de subsistencia. Hace 40 años que ha quedado en desuso.



Figura 1 – Planta y sección del estado previo de la edificación agrícola y ganadera

El complejo ha sufrido un proceso patológico debido al paso del tiempo y la falta de mantenimiento que, de seguir así, terminará en ruina. En la actualidad, gracias al buen comportamiento higrotérmico de sus generosos muros de adobe, apenas lo usan los niños para jugar en las horas de calor y se ha convertido en un desproporcionado trastero donde van a parar todos los cachivaches que también van quedando en desuso.

Ante el peligro de colapso estructural, caben tres alternativas: demolerlo, preservarlo o reutilizarlo. La primera opción resulta dolorosa para los propietarios que han vivido la edificación en su época de explotación y mantener su memoria resulta importante para ellos. La segunda opción implica un importante desembolso económico por

el que se lograría alargar la vida de la edificación, pero que no aporta ningún beneficio presente. Se opta finalmente por reutilizar el complejo dotándolo de nuevas formas de re-habitar que respondan a la realidad actual.

2.2. Reducir

Debido a la importante cantidad de superficie construida y al limitado presupuesto disponible, en lugar de conservar todo el complejo, se opta por reducir la intervención y por graduar el alcance de la misma.

Se plantea actuar en el edificio principal destinado a granero y bodega. En la crujía del granero la intervención será de mayor calado, mientras que, en la crujía de la bodega de mayor anchura, la intervención será más liviana.

La cochiquera y el gallinero sufrirán un desmontaje gradual, de manera que se incorporen al antiguo corral que se pretende convertir en jardín. Se mantendrá una parte de su estructura de cubierta de madera para sujetar un emparrado que ofrezca sombra.

El zaguán de acceso cubierto también se desmonta parcialmente en la zona donde la estructura estaba en peor estado, y se mantiene el resto.

Otra forma de reducir la intervención consiste en plantearla como un proceso. Se opta por no intervenir, en este primer momento, en la cija y en el almacén de aperos. La intervención llevada a cabo puede observarse en la figura 2.



Figura 2 – Planta y sección del estado actual una vez realizada la intervención

2.3. Reciclar

La intervención en la edificación existente se plantea como reciclaje de la misma. Se pretende preservar la identidad del espacio productivo y el carácter vernáculo de su construcción.

Para re-habitar el edificio principal se le dota de luz, agua y calor. Se pretende vivir los distintos espacios según la época del año. La crujía del granero busca preservar la energía térmica mediante la inercia que le confiere el muro de adobe. Se completa la envolvente protegiendo la cubierta con aislamiento e impermeabilización mediante un panel sándwich que incorpora todas las soluciones. Colocado entre la teja vieja, que vuelve a colocarse y la estructura de troncos y tablero de ripias de madera esta solución técnica pasa desapercibida. Se introduce un forjado ligero de viguetas metálicas vistas y panel sándwich para aprovechar la altura libre, sin

alterar la volumetría original, pero se mantiene la altura total en los dos extremos del granero, con la escalera a un lado y una habitación para niños en el otro. Se incorpora un lucernario sobre la escalera, cambiando el panel ondulado por otro de policarbonato que ilumina el espacio superior e inferior debido a la ligereza de la escalera.

Esta primera crujía es el ámbito más fresco durante el día en verano y en él se preserva mejor el calor que produce una estufa de leña en el invierno.

En las figuras 3 y 4 se puede observar la intervención llevada a cabo en la primera crujía, tanto en planta baja como en la nueva planta alta.



Figura 3 – Estado actual de la primera crujía en planta alta



Figura 4 – Estado actual de la primera crujía en planta baja

La segunda crujía, donde estaba la bodega, debido a sus generosas luces, en lugar de vigas contaba con tres cerchas de madera. Debido a las goteras, una de ellas estaba podrida. Al quitarla, se genera un espacio exterior a modo de patio cercano a la cocina, que permite disfrutar de los desayunos y de las cenas y sobremesas en verano. Este patio central permite la ventilación cruzada de las estancias de la primera crujía, desde la cocina y desde el acceso a la terraza de planta primera, y también de los ámbitos de la segunda crujía que sólo tenían huecos en fachada. Un antiguo espacio interior se convierte en espacio exterior de patio para producir este efecto de ventilación cruzada.

A ambos lados del patio se consiguen unos espacios luminosos que contrastan con los reducidos huecos del antiguo granero y que permiten crear jardines de invierno y zonas de estancia en los meses más fríos. Ello es posible porque se sustituye la teja vieja y parte de los tableros de ripias por paneles de policarbonato celular. Se busca aligerar una estructura con síntomas de agotamiento y generar un espacio a cubierto en el que percibir las variaciones lumínicas del espacio exterior. Un espacio membrana, entre el exterior y el interior, un lugar desprogramado para ser utilizado con mayor libertad que una vivienda. Este espacio permanece cerrado en el invierno para ser “cámara de aire” de la parte de la vivienda acondicionada térmicamente y se abre en verano – a través de las ventanas y puertas antiguas y una ventilación superior en el policarbonato – para no acumular el calor de la radiación solar. De esta manera, se trata de un espacio que ayuda al buen comportamiento térmico del espacio acondicionado en invierno y en verano, mientras que es un espacio confortable para su uso durante la primavera y el otoño.

Los paneles de policarbonato y los materiales plásticos en general, aunque parezca lo contrario, no van en contra de la economía circular, puesto que son materiales que se pueden reciclar y volver a utilizarse una vez que han terminado su ciclo de vida.

Así, un contendor sin uso y deteriorándose, se recicla para volver a convertirse en un espacio habitado.

En la figura 5 se puede observar la intervención llevada a cabo en la segunda crujía.



Figura 5 – Estado actual de la segunda crujía

2.4. Proceso circular

Aquellos elementos que se desmontan, no se tratan como escombros que hay que depositar en un vertedero. La teja vieja, se utiliza para la sustitución de piezas rotas y se acopia en la cija para futuras reposiciones. La madera que se desmonta se acopia bajo el policarbonato para proveer de energía térmica el hogar. Los muros de adobe

de la cochiquera y del gallinero se disgregan y se incorporan al suelo del jardín. La economía de subsistencia bajo la que se erigió la edificación aporta una importante lección a la actual sociedad del usar y tirar. Los recursos de entonces, no tenemos que tirarlos ahora a la basura. Nos sirven de protección frente a la lluvia y la radiación solar, de combustible para calentarnos y de sustrato para seguir albergando vida en el jardín.

Es más, este proceso circular no sólo atañe a los materiales de construcción, sino al propio conjunto. Podrá continuarse en el futuro, desmontando el almacén para utilizar igualmente sus materiales y generar en su lugar un huerto, orientado a sur, donde la vida pueda seguir su ciclo.

En la figura 6 puede observarse el estado del jardín tras la intervención.



Figura 6 – Estado actual del jardín

Finalmente, la cija podrá dejar de ser un trastero para convertirse en un lugar donde tenga un sitio digno la memoria. Ya en la bodega quedó la prensa y las tinajas. Ahora falta recuperar el carruaje y la segadora que usaban los animales, los comederos de ovejas, las barricas, los trillos, las tornaderas, las yuntas…

De esta manera, se reutiliza, se reduce y se recicla un conjunto edificatorio, en un proceso circular en el que la arquitectura vuelve a albergar vida y es capaz de mantener la memoria.

3. CONCLUSIONES

Muchas veces la arquitectura vernácula ha perdido su uso debido a los cambios que se producen en la sociedad. La conservación de la totalidad del patrimonio vernáculo no es posible en una sociedad con necesidades distintas. En ocasiones, se podrá conservar como museo para preservar la memoria de otra época.

En esta ocasión se explora la rehabilitación del patrimonio vernáculo con la intención de dotarle de un nuevo uso, acorde con las necesidades actuales. La recuperación de un granero para convertirlo en vivienda, supone un ejercicio de economía circular en el que se pone en valor el patrimonio recibido.

En el desarrollo de este proceso se ha puesto de manifiesto la sostenibilidad que subyace en la arquitectura vernácula: el uso de materiales locales, de baja energía embebida, que se reintegran en los ciclos naturales una vez terminada su vida útil y el uso de la alta masa térmica y de la inercia como estrategias para protegerse del frío y del calor en un clima con ambas situaciones.

Se puede concluir que es posible entender el conjunto de la intervención, tal y como puede verse en la figura 7,

como un ejercicio de actuación de mínimos en su conjunto, introduciendo materiales contemporáneos ligeros que actualizan la arquitectura vernácula para las necesidades actuales. Un edificio que ha quedado sin uso debido al cambio que se ha producido en la sociedad, vuelve a cobrar vida en vez de acabar degradándose como un residuo más.

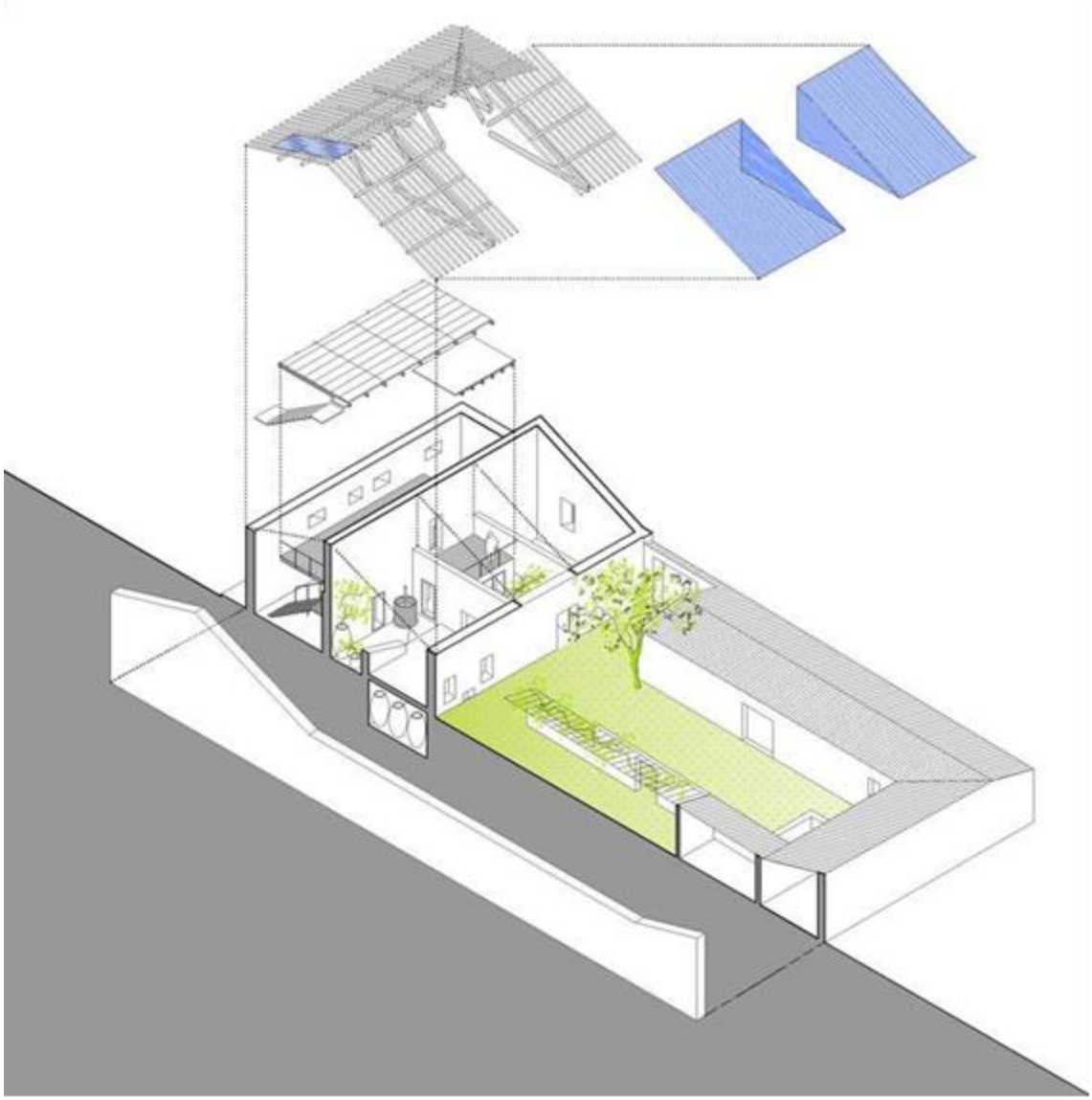


Figura 7 – Axonometría del conjunto de la intervención

El patrimonio que supone la arquitectura vernácula, con sus valores bioclimáticos y sostenibles, no merece que le dejemos dejar caer en el olvido. Es un ejercicio de sensibilidad su puesta en valor y su recuperación para su uso y disfrute de las nuevas generaciones.

El éxodo de la población del campo a las grandes ciudades y la despoblación del entorno rural supone un grave problema geográfico, social y natural que puede suponer el abandono del patrimonio cultural y arquitectónico. En este sentido el estudio de caso pone de relieve la necesidad de no olvidar y regenerar las áreas rurales.

Re-habitar la memoria es una buena manera de rendir tributo a las personas anónimas que levantaron edificaciones para dar respuesta a las necesidades que tenían, con un saber hacer que la sociedad actual necesita rescatar. Su arquitectura sin arquitecto no pretendía satisfacer el ego de quien la diseñó, sino dar una respuesta honesta a las necesidades de su época. Sin pretenderlo nos dan una lección a los arquitectos de nuestra época.

REFERENCIAS

BARBERO, María del Mar, 2016 – **Cal y arquitectura vernácula**. *P&C.* (61), 56-58.

GUERRERO, Luis, 2015 – **Sostenibilidad y conservación del patrimonio edificado**. *Palapa*. 3(17), 73-84.

ICOMOS, 1999 – **Carta del patrimonio vernáculo construido**. México: International Council on Monuments and Sites.

JORQUERA, Natalia, 2013 – **El patrimonio vernacular, fuente de saberes tencológicos y de sostenibilidad**. Santiago de Chile: Instituto de Arquitectura y Urbanismo Universidad Austral de Chile. 178-188.

MASSECK, Torsten, 2018 – **Economía circular en el sector de la construcción**. Madrid: Fundación Conama.

PHILOKYPROU, Maria, 2011 – **Teaching conservation and vernacular architecture**. *Journal of Architectural conservation*. 17(2), 7-24.

RUDOFSKY, Bernard, 1964 – **Architecture without architects: a short introduction to non-pedigreed architecture**. Hartford, Connecticut: Connecticut Printers, Inc.

TILLERÍA, Jocelyn, 2017 **– La arquitectura sin arquitectos, algunas reflexiones sobre arquitectura vernácula**. *AUS [Arquitectura/Urbanismo/Sustentabilidad*]. (8), 12-15.

MELHORAR O DESEMPENHO DOS EDIFÍCIOS (PATRIMONIAIS): ENTRELAÇAR A EN16883 COM TECNOLOGIAS E PESSOAS

IMPROVING THE ENERGY PERFORMANCE OF (HISTORIC) BUILDINGS: INTERTWINING EN16883 WITH TECHNOLOGIES AND PEOPLE



Nelson Brito

Modular, arq:i+d, Lda. e ADAI, DE/Universidade de Coimbra, Portugal, info@modular.pt

RESUMO

A melhoria do desempenho (energético) é um objetivo local/global que se mantém pouco atrativo para quem decide, investe e utiliza os edifícios. Esta comunicação propõe a inclusão das necessidades/expectativas de quem está próximo para aumentar a atratividade, e diluir custos e riscos, ao descolar o sucesso da operação da mera redução do consumo de energias fósseis.

Ir para além da energia aumenta o âmbito e área da intervenção, favorece o agrupamento de destinatários e otimiza investimentos, promovendo resultados mensuráveis: um parâmetro menos conseguido é compensado por melhorias nos restantes, ou através da participação ativa dos utilizadores. A visualização antecipada destes outros desempenhos facilita o arranque dos processos, e motiva a melhoria do desempenho energético e ambiental de quem decide e utiliza os edifícios.

Partindo da NP EN 16883 relativa a "Diretrizes para a melhoria do desempenho energético de edifícios patrimoniais" como base estruturante, é ilustrada a utilização de tecnologias consolidadas (BIM – Building Information Modelling) e emergentes (AAD – Algorithm Aided Design) como algoritmos de visualização e validação de alternativas que podem contribuir para decisões mais inclusivas, fundamentadas e céleres.

Esta comunicação conclui que a melhoria do desempenho energético dos edifícios existentes deve ser enquadrada na macro, meso e microescala de que cada edifício faz parte. Um “Plano de Pormenor de Vizinhança” é proposto para consolidar exercícios multidisciplinares mensuráveis em torno da energia, e para além dela. Falta um instrumento para ultrapassar barreiras legislativas e operacionais, e identificar nas oportunidades locais a escala necessária para assegurar a viabilidade e longevidade das intervenções. Da resposta adequada a um problema nacional resultará a massa crítica necessária para a exportação de produtos e serviços de grande valor acrescentado para uma Europa com desafios similares até 2050.

Palavras-chave: EN16883 / Plano de Pormenor de Vizinhança / Comunidades de Energia / European Green Deal

1. INTRODUÇÃO

A melhoria do desempenho (energético) de edifícios existentes/patrimoniais despoleta muito debate e poucos resultados. Confronta-se o significado/valor patrimonial[1] de edifícios consolidados por séculos de conhecimento empírico comunitário com visões focadas nos edifícios novos[2], presas a regulamentos que ignoram a macro, meso e microescala de que cada edifício faz parte.

Este tema é relevante num momento em que o "European Green Deal" (European Commission, 2020) assume que "*A Europa pretende ser o primeiro continente neutro para o clima, tornando-se uma economia moderna e eficiente em termos de recursos*", assumindo como objetivos que "*não há emissões líquidas de gases de efeito estufa até 2050, (…) o crescimento económico é desacoplado do uso de recursos, [e que] nenhuma pessoa e nenhum lugar é deixado para trás*" (idem, traduções diretas do autor).

Para "*assegurar que os edifícios atinjam melhor desempenho energético*" (idem, tradução ajustada do autor) a "Renovation Wave" (European Commission, 2020b) realça que **o sector dos edifícios,** públicos e privados, é responsável por **mais de um terço das emissões da Europa, com mais de 75% dos edifícios a necessitar de melhorias** num contexto em que as **taxas de renovação se mantêm baixas: 1% ao ano**; enquanto refere vantagens como o crescimento económico, mão de obra local, maior competitividade da indústria e o contributo para o "Plano de recuperação da Europa" (Comissão Europeia, 2020).

Neste contexto **continuar a assumir que os edifícios patrimoniais devem ser excluídos deste esforço comum** é menosprezar o valor de um conhecimento consolidado ao longo de séculos, **reduzir a investigação do seu potencial como exemplos de sustentabilidade** (Brito, 2016) **e abandonar uma oportunidade de fazer mais com menos.** Esquecer o património é perder a oportunidade de transformar uma necessidade e obrigatoriedade à escala europeia num **sector de exportação de produtos e serviços** de grande valor acrescentado. Mas existirão condições para desenvolver conhecimento ou ação?

1.1. O presente e um proposto futuro legislativo da melhoria do desempenho energético

O artigo 9.º da Diretiva n.º 2010/31/EU exige que "*O mais tardar em 31 de Dezembro de 2020, todos os edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia*" (União Europeia, 2010) o que, entre outras coisas, implica "*Uma descrição pormenorizada (…), e que inclua* ***um indicador numérico da utilização de energia primária, expressa em kWh/m² por ano****."*(idem., realce do autor). A resposta a esta solicitação foi publicada na Portaria n.º 98/2019 de 2 de abril, mas **sem o indicador numérico solicitado**: um objetivo mensurável e concretizável de várias formas, "***kWh/m² por ano***", foi substituído por regras prescritivas como exigir requisitos para a envolvente dos edifícios que almejem necessidades quase nulas (NZEB) similares às dos edifícios novos. Sem clarificar o procedimento para edifícios existentes e patrimoniais sem obras relevantes, é o próprio Ministério do Ambiente e Transição Energética que ignora o potencial do património—**edifícios desenhados quando ainda não eram utilizados combustíveis fósseis para garantir o conforto dos seus utilizadores:** única forma de atingir os almejados NZEB será adicionar mais isolamento térmico, importar derivados de petróleo e aplicar isolantes que alteram as lógicas de funcionamento e geram graves riscos construtivos e de Qualidade do

[1] A NP EN 16883 define significado patrimonial como "combinação de todos os valores patrimoniais atribuídos a um edifício e ao seu contexto"; e valor patrimonial como "aspeto da importância que os indivíduos ou sociedade atribuem a um edifício".

[2] O Sistema Nacional de Certificação Energética baseia-se em regulamentos desenhados para as novas construções em betão, e em coeficientes de transmissão térmica por defeito para as envolventes (LNEC, 2013) que equiparam uma "parede de cantaria" de 1,00 m, com U = 1.7 [W/(m2.°C)], a uma de "parede rebocada (posterior a 1960)" de 0,18 a 0,20 com U = 1.7 [W/(m2.°C)].

Ar Interior (QAI).

As soluções renováveis tradicionais de queima de sobrantes da floresta**, as consolidadas** de aproveitamento térmico, fotovoltaico, eólico, hídrico**, ou as inovadoras** de produção local de biogás e hidrogénio **não permitem que um proprietário** que gaste menos de 15 Kwh/m^2 por ano **afirme que a sua casa tem necessidades quase nulas de energia**[3]. Em 3 Diretivas (2002/2010/2018) e 20 anos de debate, séculos de conhecimento e práticas sustentáveis são ignorados face a um novo paradigma de sustentabilidade importada. Mas sendo este o presente, não podemos descansar quanto ao futuro.

A consulta pública da **ELPRE**-Estratégia de Longo Prazo Para a Renovação dos Edifícios exigida na Diretiva 2018/844 (União Europeia, 2018), foi proposta por um Grupo de Trabalho restrito[4] sem validação prévia das Ordens e Associações do sector. O autor transcreve parte do seu contributo[5]:

"A (ELPRE) agora em consulta pública é a "Constituição" da melhoria do desempenho (energético) do edificado nacional nos próximos 30 anos. Definirá as decisões de vários ministérios ao longo de várias legislaturas, e orientará os investimentos e ações de todos os intervenientes (ordens profissionais, indústrias, técnicos e utilizadores), com implicações diretas no que fazemos: agora e no futuro, aqui e na Europa. (…) é uma oportunidade para abandonarmos a exportação de pessoas (arquitetos, engenheiros, técnicos qualificados e operacionais) e favorecermos um setor de exportação de ***produtos e serviços de grande valor acrescentado para uma Europa que tem problemas similares aos nossos****.* (Brito, 2020)*.*

O autor assume que "*falhámos coletivamente, e individualmente, ao não conseguirmos motivar a sociedade em torno de um tema tão premente*". O "património" que atrai turistas e gera receitas é ignorado na ELPRE, mas não é só o passado que é esquecido. O país que patrocina Web Summit reconhece a importância da "*Introdução de mecanismos de flexibilidade e aposta na inovação tecnológica na reabilitação do edificado*" (ELPRE, pp. 35-6) sem prever a alteração do quadro legislativo, certificação energética incluída, para **favorecer a experimentação aplicada de conhecimento desenvolvido no país**. Tal como está formulada a ELPRE, continuaremos a importar produtos de outros países.

Mas **a ELPRE abre oportunidades** ao recorrer à simulação dinâmica para cálculo dos custos e benefícios das diversas abordagens ao sector residencial. Ao dispensar a "folha de cálculo" oficial e as soluções prescritivas, os autores admitem as limitações do processo atual nos edifícios residenciais, e abrem caminho a alternativas: **novas abordagens aos edifícios antigos apoiadas em simulação dinâmica** (Brito, 2015) (Brites *et al.*, 2013; Henriques, Brites and Brito, 2016) **ou novas abordagens a edifícios novos,** como a Casa Rotativa (SIC Notícias, 2019), não teriam de lutar com a falta de flexibilidade da legislação em vigor.

A falta de investimento na melhoria do desempenho (energético) e manutenção, e um conjunto de programas de **financiamento que exigem antecipação e longa preparação** com devolução progressiva dos montantes investidos sobre uma percentagem das poupanças expectáveis (PO SEUR, 2019) **aumentam os riscos de quem decide face à variabilidade que os utilizadores impõem nos usos reais**. Assim a melhoria do desempenho dos edifícios continua limitada por **um ambiente legal e institucional que não arrisca "inovar a tradição"**. Rodrigo

---

[3] O autor propõe e demonstra na bibliografia, e em breve com um exemplo prático, que muitas das paredes grossas que caraterizam os nossos edifícios patrimoniais não precisam de isolamento: apenas um bom uso de renováveis para equilibrar as perdas.

[4] Grupo "*com elementos da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), da Agência para a Energia (ADENE) e do Instituto Superior Técnico (IST-IN+), o qual foi também responsável pelo desenvolvimento da proposta de ELPRE*" (IST-IN+, DGEG and ADENE, 2020).

[5] Foram submetidos 20 contributos, dois pelo autor: um individual, brevemente referida neste texto, e uma base institucional para o contributo da Ordem dos Arquitectos como membro do Grupo de Trabalho "Conforto, Ambiente e Sustentabilidade".

Ollero cita Nuno Portas numa afirmação ainda atual:

«...A ideologia do séc. XX é sempre a da recusa da tradição. Por isso qualquer atitude que não seja a da recusa, aparece logo como suspeita, como menos elegante, a um arquitecto que tenha que projectar. Ele sente-se muito mais ligado ao que vem de fora, (…), do que aquilo que o sítio e a tradição (a ele ligada) ... lhe podem ensinar, porque isso é suspeito: é suspeito de tradicionalismo, é suspeito de reaccionarismo, é suspeito de várias correntes que têm libelos ideológicos feios.» (Ollero, 2013)

1.2. Um algoritmo estruturador: uma Norma válida aqui, e na Europa

A Norma Europeia EN 16883 (IPQ, 2017) relativa a "Diretrizes para a melhoria do desempenho energético de edifícios patrimoniais" entrelaça as boas práticas relativas à intervenção nos edifícios patrimoniais com estratégias consolidadas de melhoria de desempenho energético dos edifícios. Inova propondo um âmbito alargado de "valor patrimonial" em conjunto com um processo autorreflexivo que não hesita em questionar a validade dos objetivos iniciais (Brito, 2019). A versão portuguesa (provisória[6]) da norma EN 16883 foi elaborada a partir das versões originais em inglês e francês, num processo acordado com a DRCN e o Instituto Português da Qualidade após consulta ao LNEC que prevê uma validação alargada pelo país. Para além de incorporar mais contributos e outras perspetivas, o debate alargado servirá para demonstrar a aplicabilidade a casos reais.

2. MÉTODOS UTILIZADOS FACE AOS DADOS DISPONÍVEIS

Esta comunicação assume que a melhoria do desempenho energético dos edifícios patrimoniais ainda não é um processo consolidado e que, como tal, implica riscos que poucos/as estão dispostos a correr. Ir para além da energia para criar um interesse coletivo permite aumentar valências e reduzir riscos. Procura-se também o "início", os objetivos agregadores que atrairão as instituições, decisores e utilizadores a responder atempadamente e adequadamente aos financiamentos disponíveis em breve.

Propõe que um **processo eficaz e atrativo para quem prepara, decide e beneficia destas intervenções** pode aumentar o interesse coletivo, a taxa de concretização e o seu bom uso e otimização.

É descrito um processo em curso que incide sobre a Casa de Ramalde, um edifício de "planta retangular de dois pisos e capela de uma só nave"[7] intervencionado por Nasoni no século XVIII, e adaptado ao uso atual nas últimas décadas do século XX, de que se conhece pouca pormenorização. Com o apoio da equipa da Direção de Serviços dos Bens Culturais da Direção Regional de Cultura do Norte (DRCN), esta comunicação documenta a utilização de tecnologias atuais e emergentes para o diagnóstico e análise de edifícios patrimoniais, e a construção de um interesse coletivo na melhoria do desempenho do edifício.

Ao contrário do caso de estudo de Montarroio (Brito, 2015)[8], que informa muitas das abordagens propostas nesta intervenção, esta abordagem à Casa de Ramalde **não foi planeada**, não tem objetivos bem definidos, **não tem financiamento assegurado** e não mantém uma regularidade de presenças devido ao frequente trabalho externo da equipa e aos novos usos motivados pela COVID-19: **a um péssimo caso de estudo corresponde um ótimo exemplo do que ocorre em muitos edifícios patrimoniais** atualmente em uso e a necessitar de intervenção. Esta comunicação espelha a vantagem de um contacto próximo com o edifício e seus utilizadores ao longo do tempo. A cooperação foi iniciada como consultor da DRCN no âmbito do RENERPATH2 e com a

[6] Versão portuguesa da EN16883 elaborada pelo autor, atualmente em processo de validação de grupo alargado em locais a definir.

[7] Mais informação disponível em https://culturanorte.gov.pt/pt/patrimonio/casa-de-ramalde/.

[8] Tema de estudo do autor no âmbito do doutoramento com o título "Upgrade opportunities for (historic) buildings in city centers" do Programa MIT-Portugal na Universidade de Coimbra.

formação da equipa nos conceitos fundamentais da física dos edifícios e práticas relevantes internacionais, sendo seguida pela elaboração da versão portuguesa da norma "EN 16883 relativa à melhoria do desempenho energético dos edifícios patrimoniais".

A dispersão temporal das campanhas de medição, a variabilidade dos usos do edifício, o desconhecimento dos desvios de calibração dos equipamentos de medição e cuidados quanto à informação a publicar afetam a qualidade dos dados: **o autor assume que ilustram apenas ordens de grandeza**. Dados mais concretos exigiriam equipas especializadas e certificadas cujo custo não consegue ser recuperado nesta operação, nem nas intervenções nas edificações correntes que esta comunicação pretende incentivar.

2.1. Equipamentos e programas utilizados

A discriminação dos sistemas e software utilizado é efetuada para assegurar a replicabilidade do processo agora proposto. Para a recolha, análise e consolidação da informação foram utilizados: **EQUIPAMENTOS**: HP Spectre x 360 Convertible 15" (i7-7500, 16GB RAM, HD620/Nvidia940MX, 512GB SSD (viável em Sony Vaio Duo 11 (i5-3317U, 4GB RAM, HD Graphics 4000, 128GB SSD), ambos com sistema operativo Windows 10 v. 1909); Medidor laser com Bluetooth BOSCH GLM 120C e câmara 360^0 Huawei ligadas por aplicações do fornecedor a telemóvel CAT S61 com câmara térmica FLIR sobre sistema operativo Android; Medidor de qualidade do ar TESTO 440 com acessórios acopláveis; **PROGRAMAS**: desenho assistido por computador (CAD) e "modelização eletrónica de dados de construção ou similares[9] (BIM): Autocad e Revit da Autodesk (licença do autor); Programas de desenho assistido por computador (CAD) e de desenho assistido por algoritmos (AAD): Rhinoceros e Grasshopper (licença do autor) com a utilização de "plugins" como Ladybug/Honeybee, Butterfly, Human e muitos outros em licença "freeware"; Programas de simulação dinâmica de edifícios (BEM): Climate Studio em[10], com ligações ao EnergyPlus e Radiance; Programas de cálculo de dispersão de poluentes: (NIST, 2018).

2.2. Informação geométrica disponível

Para a elaboração da certificação energética foram recebidas plantas e cortes em formato .dwg e .pdf. Não fazendo parte da encomenda inicial, o modelo foi progressivamente transposto pelo autor para BIM com medições no local utilizando um medidor laser conectado ao telemóvel via Bluetooth (Figura 3), o que simplificou consideravelmente a recolha e tratamento das medições. O modelo foi transposto para A3 com representações específicas de cada sala, permitindo a recolha de dados sobre a iluminação e equipamentos existentes, e seus usos, organizados para cada sala e para o edifício conforme ilustrado na Figura 4; e dados personalizadas sobre eventuais problemas a resolver como infiltrações, entre outros.

2.3. Consumo energético: dados qualitativos e quantitativos

A colaboração com a DRCN nestas atividades refletia já preocupações da equipa interna, e ações concretas, embora sem designação de um interlocutor ou Gestor Local de Energia (República Portuguesa, 2011). Como noutros edifícios, ocorrem no inverno consumos significativos nas "Cheias" (07.00/09.30 h) e na "Ponta" (09.30/12.00 h): o segurança desativa alarmes, abre portas e portadas, ativa a iluminação de teto das salas (no inverno) e mais de uma dúzia de radiadores a óleo (mais de 20 kWh) para proporcionar algum conforto a quem

[9] Terminologia utilizada na Diretiva 2014/24/EU relativa aos contratos públicos e que revoga a Diretiva 2004/18/CE.

[10] O autor é "faculty ambassador" das licenças educacionais da Solemma, pelo que terá todo o gosto em apoiar outras instituições académicas a aceder ao software (https://solemma.com/EducationalClimateStudio.html).

chega, sem significativo sucesso. À chegada os utilizadores iniciam os computadores antigos[11] (torre de 250 W + ecrã(s) de 120 W), e os equipamentos de uso comum (variável, total na ordem dos 17 kWh). Sempre ligados (de noite) estão os bastidores da rede informática, os alarmes, alguma da iluminação do jardim e um acumulador térmico cuja existência quase não se sente na torneira.

Por razões organizacionais as faturas são recolhidas e tratadas noutro edifício[12], o que distancia os utilizadores dos seus consumos. A Figura 1 ilustra a extensão de colunas necessárias para a **desagregação da faturação e consumo**s entre Janeiro de 2018 e Maio de 2019 pelos períodos e custos legalmente definidos, com colunas de validação para evitar erros: **não é fácil relacionar custos com consumos**.

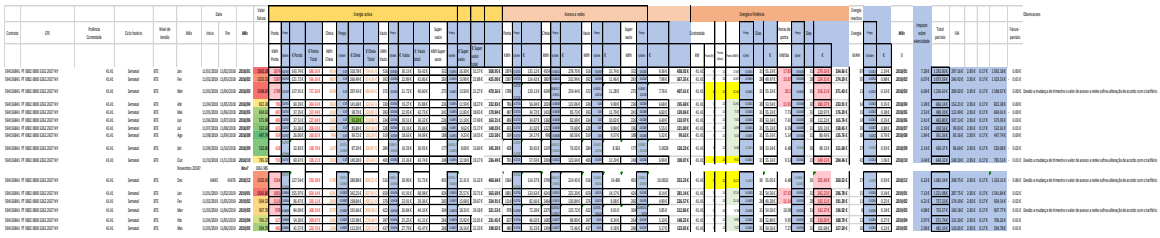


Figura 1 – Vista de conjunto da folha de cálculo para desagregação da informação das faturas (BTN)

2.4. A melhor ferramenta: uma linguagem comum, e um interesse aplicado

A participação conjunta em projetos e a formação sobre os temas da melhoria do desempenho energético permitiu uma linguagem comum; a que se seguiu o desafio de melhorar o comportamento energético da habitação principal ou secundária de cada participante: o desempenho energético e ambiental deixou de um tema distante, e evoluiu para um olhar integrado entre o que se sabe e a dificuldade de executar.

3. RESULTADOS

Dando continuidade às colaborações anteriores foi acordada a preparação conjunta de uma candidatura a financiamento com o intuito de atingir os níveis de necessidades quase nulas de energia e, nesse processo, identificar as abordagens que melhor se adaptam às realidades da DRCN.

A representação tridimensional foi assumida para otimizar processos: um mesmo modelo pode ilustrar alternativas de intervenção, comparar implicações no conforto ambiental interior, comportamento térmico e custos de operação estimados, e deste modo apoiar o processo de decisão; preparar dos mapas de quantidades e cadernos de encargos para os processos de adjudicação; suportar a execução e fiscalização da obra; e após receção da mesma como "gémeo digital" para a operação, monitorização, otimização e manutenção preventiva dos edifícios. Mais ainda, a existência de informação permite integrar novas abordagens, conforme brevemente ilustrado abaixo com a ferramenta CONTAM da NIST.

3.1. Da informação recolhida às necessidades atuais

A evolução tecnológica e legislativa impõe novas soluções e solicitações. A nível de projeto importa relembrar os ganhos de produtividade ao longo do tempo. A evolução do processo de projeto da tinta da china sobre estiradores para o CAD permitiu a reformulação, reutilização e impressão expedita de desenhos, ilustrada na Figura 2 (esquerda), apoiada a partir de 2005 pelo "Google Maps" (direita):

[11] A substituição destes por portáteis de baixo consumo é uma medida de eficiência energética que aumenta a produtividade.

[12] Nota aos interessados: o acesso parcial à informação das faturas está atualmente facilitado através do Portal Poupa Energia.



Figura 2 – Desenhos em CAD da Casa de Ramalde (fonte: DRCN) e vista aérea (fonte Google Maps)

A qualidade dos dados recebidos evitou o recurso a fotogrametria ou digitalização terrestre/aérea para os levantamentos tridimensionais (exemplo em (Brito *et al.*, 2014c). A Figura 3 ilustra à esquerda a verificação das medições exigida[13] pelo SCE com um medidor laser com ligação Bluetooth ao telemóvel, e à direita o registo de uma câmara 360^0 que permite rever com facilidade os espaços visitados:



Figura 3 – Recolha de medições via Bluetooth (esquerda) e fotografia 360^0 dos diversos espaços (direita)

O processo Building Information Model (BIM) ilustrado na Figura 4, coerente e viável desde cerca de 2010, permite executar modelos tridimensionais com exportação automática de plantas, cortes, alçados, vistas tridimensionais, análises solares e medições de quantidades, entre outros, para a calibração do modelo.



Figura 4 – elementos gráficos e medições utilizados para a certificação energética do edifício

Como os instrumentos de financiamento incluem mecanismos de retorno parcial do investimento com as poupanças (PO SEUR, 2019), **o interesse dos interlocutores e decisores na melhoria do desempenho implica a compreensão quer das regras, quer do potencial do edifício**.

Exemplifica-se com os gráficos da Figura 5, elaborados a partir das faturas com informação similar mas níveis de leitura diferentes. À esquerda os dois gráficos sobrepostos ilustram o desfazamento entre consumos e custos na "Ponta" (vermelho) e nas "Cheias" (laranja); enquanto o gráfico do lado direito aglomera a informação anterior e ilustra o potencial de utilizar o atraso térmico. A simples deslocação de consumos de aquecimento para o período noturno utilizando a muito alta capacidade térmica da construção permite poupanças significativas a nível de tarifário; e a utilização de equipamentos eficientes (bombas de calor A+) permite reduzir esses consumos para um terço. A caixa de destaque a azul ilustram, respetivamente, a situação original (verde claro) e a situação expectável no ano seguinte (verde escuro). A demonstração está em curso, com melhorias de conforto reportadas pelos utilizadores, mas as mudanças de uso do edifício face à pandemia dificilmente validarão as reduções de consumo.

[13] O autor é PQ I /IFRRU (PQ000186) do Sistema Nacional de Certificação Energética, pelo que deve verificar as medições recebidas.

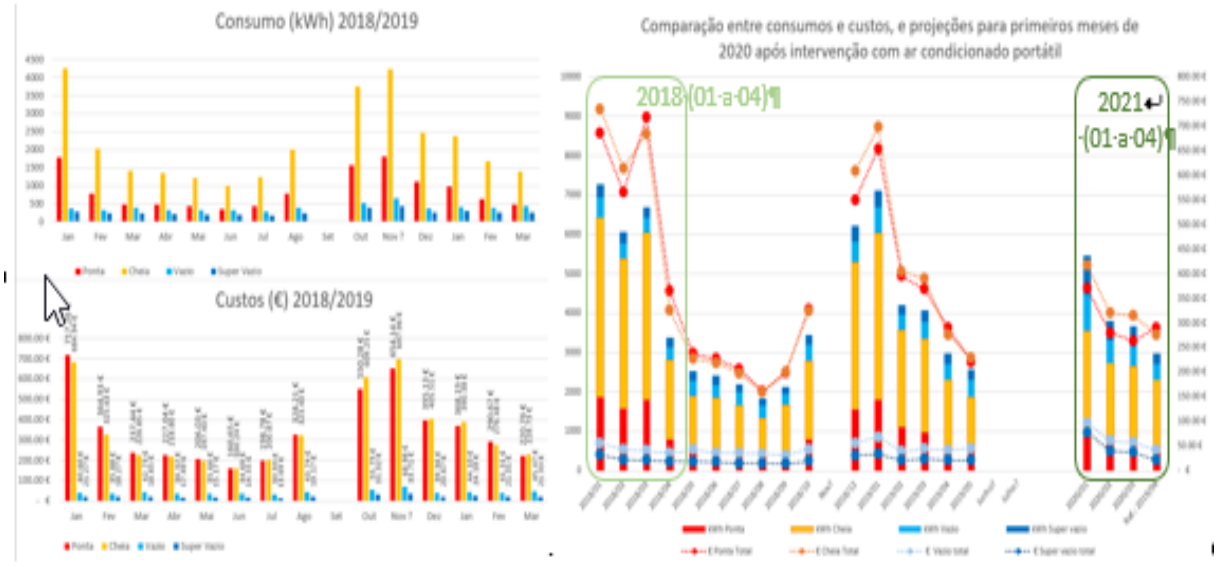


Figura 5 – Comparação entre consumos (canto superior esquerdo) e custos (canto inferior esquerdo), e gráfico integrado com a mesma informação. As cores são mantidas para facilitar a comparação

3.2. Da informação recolhida às necessidades futuras utilizando tecnologias emergentes

A escolha apoiada pela tecnologia permite visualizar diversos parâmetros, e por vezes resultados inesperados. A Figura 6 ilustra a simulação dinâmica da situação atual e 2 alternativas de compartimentação de um espaço amplo, facilitando uma conversa participada sobre as potencialidade e riscos a nível da iluminação natural, encadeamento, redução do ruído, ventilação natural, mecânica ou híbrida, entre outros parâmetros a integrar com as considerações arquitetónicas.

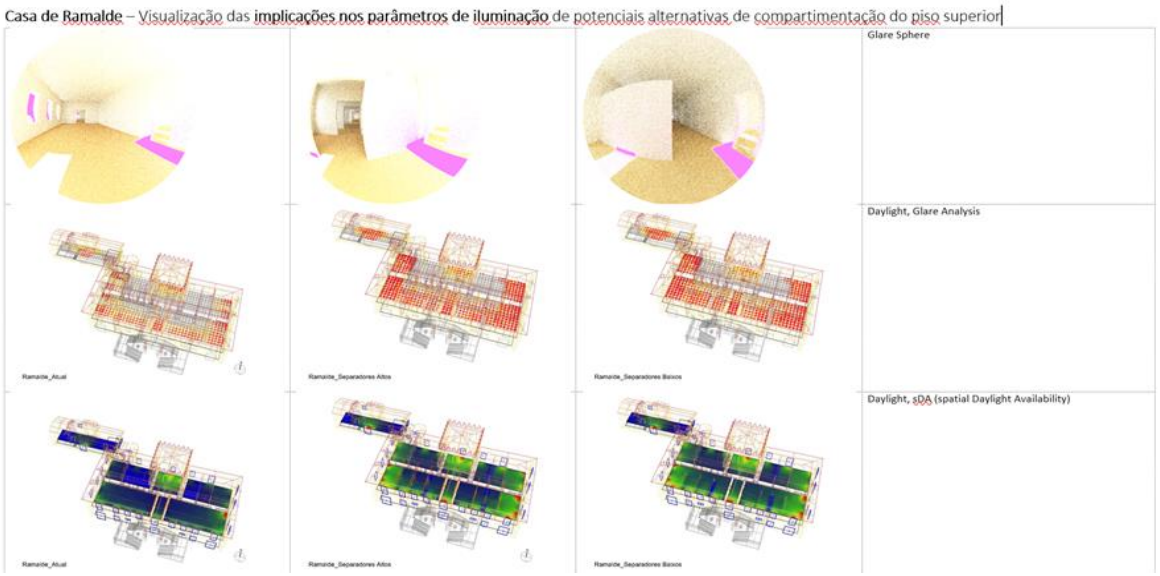


Figura 6 – Casa de Ramalde – Visualização das implicações nos parâmetros de iluminação natural e encadeamento de eventuais alternativas de compartimentação dos pisos amplos

Estes processos baseados em AAD (Algorithm Aided Design) permitem automatizar a comparação de alternativas, resultando famílias de resultados que apoiam a tomada de decisão multicritério.

3.3. A disponibilidade de suportes para responder a novas solicitações

Com a pandemia do COVID-19 a Qualidade do Ar Interior voltou a ganhar importância e alguma visibilidade: são

várias as recomendações que alertam diferentes modos de transmissão: contacto, gotículas e aerossóis (Gameiro da Silva, 2020). A transmissão por aerossóis é reconhecida no site COVID19PT-CIÊNCIA desde 18/03/2020 e mais recentemente no site da DGS que refere que a viabilidade "*(…)em aerossóis por um período máximo de 3h. (…)*" (DGS, 2020), pelo que a minimização do risco passa pela diluição do ar contaminado. Existem recomendações para edifícios ventilados mecanicamente (REHVA, 2020), mas pouco é referido para os casos de ventilação natural como a Casa de Ramalde.

A visualização destes fenómenos de dispersão caótica dos aerossóis—similares a porções do fumo de tabaco—**facilita o estudo das soluções de reforço** para quando os "motores" naturais do ar não garantirem a ventilação e/ou para reformular o posicionamento dos utilizadores para reduzir o risco de contaminação cruzada. Na impossibilidade de validação dos resultados, optou-se pela omissão destes na publicação, e uma breve ilustração do potencial no ENCORE 2020.

4. DISCUSSÃO

"Cada casa é um caso" é uma expressão corrente que protege quem a reclama do escrutínio dos pares: sugere a "irrepetibilidade" de uma estrutura comum, negando uma filogenia das intervenções e, deste modo, qualquer visão de conjunto ou curva de aprendizagem conjunta. Sendo as taxas de renovação do edificado já baixas, os sobrecustos desta "unicidade" implicariam o insucesso das melhorias do desempenho energético dos edifícios. Mas a quem interessa melhorar apenas o desempenho energético?

O debate entre os defensores da imagem do património e os apologistas da "eficiência energética" tem **em comum visões desocupadas do edifício**: para ambos o "caso" é uma caixa limitada pela envolvente que o define, arrogando-se cada grupo ao direito/dever de proclamar o caminho "certo". Sendo a melhoria do desempenho energético dos edifícios existentes/patrimoniais uma atividade privada com fins coletivos, não podem ser esquecidas as necessidades e expectativas de quem decide e utiliza os edifícios.

Incluir as pessoas, os seus hábitos e tradições nos edifícios—e olhar de dentro para a comunidade que nos envolve—gera um debate construtivo. Quem aprecia o conhecimento empírico incorporado no património reconhece uma relação entre os antigos usos e o conforto; quem defende a melhoria do desempenho energético aprecia os ciclos curtos e muitas vezes fechados (economia circular?) de vivências sustentáveis sem energias fósseis. Não havendo interesse em voltar atrás, há uma oportunidade para ir em frente em conjunto, para inovar com as pessoas e as comunidades de que os edifícios fazem parte.

Este debate só pode evoluir considerando o interesse comum em obter melhorias reais, aplicáveis e mensuráveis de desempenho e sustentabilidade dos edifícios existentes/patrimoniais num contexto de economia circular. **Aumentar a taxa de melhoria do desempenho** energético dos edifícios, patrimoniais e/ou existentes **implica atrair e capacitar os decisores e utilizadores como agentes da mudança.** É necessário promover a repetibilidade e comparabilidade ("benchmarking") entre edifícios e soluções com dados qualitativos e mensuráveis, o que exige uma estrutura comum, conforme referido acima. Mas a **racionalização de custos** necessária para tornar estas intervenções viáveis também exige a partilha de informação à escala da comunidade para reduzir custos com a repetição de estudos que não trazem valor.

A pequena escala e informação sobre a melhoria de desempenho aqui apresentada serve o propósito de relembrar que temos de dar mais atenção ao diagnóstico e ao processo, o que por vezes exige contenção no tipo e quantidade de informação fornecida: foram necessárias horas para passar das faturas à folha de cálculo (Figura 1), mas os gráficos da Figura 5 ganharam vida própria, circulando de mão em mão e motivando as experiências agora em curso. E outras descobertas funcionarão bem noutros contextos.

Importa **descobrir o que atrai quem usa e quem decide agir**; e no processo reduzir os riscos associados.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A norma EN16883 relativa à melhoria do desempenho energético dos edifícios patrimoniais convida a diagnosticar um edifício no seu contexto, e a documentar uma visão de conjunto sobre as opções, os meios e os constrangimentos de quem decide e os utiliza ao longo do tempo. A sua adoção generalizada nos edifícios existentes—cuja maioria se enquadra num conceito alargado de patrimonial—permitiria sistematizar processos, rastrear soluções / resultados e transferir conhecimento, informando uma curva de aprendizagem acelerada entre e para além das obras.

Mas será este processo multidisciplinar **viável na realidade da pequena intervenção** que carateriza a maioria das "melhorias"? Propomos que há respostas viáveis para todos os atores partilhando os custos e os benefícios: **documentar um bairro** tem um custo coletivo reduzido devido à **similaridade de soluções**.

Olhemos para os benefícios: a melhoria do desempenho (energético) dos edifícios tem vantagens para quem investe (privados e entidades públicas) a nível do conforto, valor do edificado e redução de custos mensais com energia; e para os Estados que deste modo cumprem os seus compromissos internacionais de mitigação das alterações climáticas e equilibram a balança comercial pela redução importações.

Olhemos para os custos e riscos: a melhoria eficaz do desempenho (energético) dos edifícios exige um alinhamento com a macro, meso e microescala em que o edifício se insere, e o ajuste das políticas europeias e nacionais à realidade, potencialidades e limitações de cada área. A falta de conhecimento específico sobre tecnologias, os interesses comerciais instalados e o reduzido poder negocial individual na compra de equipamentos e manutenção resultam frequentemente em surpresas desagradáveis, ou falta de manutenção. Ainda está vivo na memória nacional o arranque desregulado do sector solar térmico em Portugal, e como algumas más experiências anteriores ainda influenciam comportamentos.

Importa garantir que o investimento dos privados e dos Estados se alinham no interesse comum, mas também assumir as limitações patentes nos vários níveis. Propomos uma abordagem em várias vertentes:

1. VERTENTE PÚBLICA: A adaptação da figura legal do Plano de Pormenor para responder a nível local às necessidades de um "Plano de Pormenor de Vizinhança" que liberte os munícipes de constrangimentos legais que constituem barreiras às renováveis (alterações de fachada, passagem de cabos, entre outros) definindo e justificando quais as tecnologias que melhor se adaptam a cada vizinhança (física ou virtual), e como podem ser operacionalizadas, facilitando intervenções à escala das comunidades de energia, e para além destas;
2. VERTENTE REGULADA: Organização, pública ou privada, de leilões de energias renováveis partilhadas—dos sistemas e/ou aos serviços de energia—que agreguem as necessidades de uma ou mais vizinhanças para garantir custos de investimento e operação mais baixos, manutenção a preços viáveis e um número de clientes que garanta a viabilidade dos instaladores na economia local (exemplo em https://www.uc.pt/efs/destaques/2016/vinci);
3. VERTENTE PRIVADA: A documentação de resultados mensuráveis das melhorias do desempenho (energético) é importante para uma visão a médio e longo prazo. Deve ser apoiada e tipificada por entidades locais, mantendo sempre a ligação direta com a "VERTENTE PÚBLICA" para ajuste das estratégias de financiamento futuras, identificação de distorções e integração da inovação.

E neste processo, com mais ou menos sucesso, **promovemos um mercado e um sector de exportação** de **produtos e serviços de valor acrescentado;** porque já não podemos continuar a exportar pessoas.

AGRADECIMENTOS

Este estudo não seria possível sem o empenho da equipa da Direção de Serviços dos Bens Culturais da Direção Regional de Cultura do Norte (DRCN), dos contributos de colegas de várias áreas, do estímulo à para investigação aplicada pelo Orçamento Participativo dos Arquitectos 2019 da OA-SRN, entre outros, num processo iniciado com apoio da FCT (SFRH/BD/51017/2010) no contexto do Programa MIT Portugal.

REFERÊNCIAS

BRITES, G.; BRITO; N. Silva; COSTA, J.; GASPAR, A.; GAMEIRO DA SILVA, M., 2013 – **Solar cooling as an optimization of conventional solar thermal systems for existing buildings' upgrade interventions**. In Clima 2013, Praga.

BRITO, N. Silva; BRITES, G.; CASTELA, R. *et al*., 2014 – **Learning from traditional knowledge towards engaged inhabiting**. ESI Edizioni Scientifiche Italiane, Florença. [Em linha]. Disponível em: https://doi.org/10.13140/2.1.2561.9202.

BRITO, N. Silva, 2015 – **Residential building upgrade in Montarroio**. **IEA EBC Annex 56 on Cost-effective energy and carbon emissions optimization in building renovation.** URL http://www.iea-annex56.org/Groups/GroupItemID6/12.PT.pdf (acedido a 7.12.19).

BRITO, N. Silva, 2016 – **Mismatch, exclusion and inclusion: threats / opportunities for Historic Buildings in the current Energy Efficiency paradigma**. in: Energy Efficiency and Comfort of Historic Buildings. Presented at the Energy Efficiency and Comfort of Historic Buildings, Belgian Building Research Institute (BBRI), Flanders Heritage Agency, Brussels. Disponível em https://www.eechb.eu/ (acedido a 7.12.19).

BRITO, N. Silva, 2019 – **EN16883 (PT): diretrizes para a melhoria do desempenho energético de edifícios patrimoniais**. in: *Livro de Resumos. CCS2019. 1.º Conferência Campus Sustentável*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 4200-465, pp.105-6. Disponível em.https://paginas.fe.up.pt /~csustent/wp-content/uploads/2019/11/CCS2019_BoA.pdf (acedido a 7.12.19).

BRITO, N. Silva, 2020 – **Contributo individual para a ELPRE** (manuscrito submetido, não publicado).

COMISSÃO EUROPEIA, 2020 – **Plano de recuperação da Europa**. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/live-work-travel-eu/health/coronavirus-response/recovery-plan-europe_pt (Acedido a 1.09.2020).

DGS, 2020 –**Perguntas frequentes categoria – COVID-19.** Disponível em: https://covid19.min-saude.pt/category/perguntas-frequentes/ (Acedido a 1.09.2020).

EUROPEAN COMMISSION, 2020 – **A European green deal: striving to be the first climate-neutral continent**. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

EUROPEAN COMMISSION, 2020 -– **Renovation wave – European Commission**. Disponível em: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en (Acedido a 1.09.2020).

FREITAS, V. P. D.; FERREIRA, C.; VIEIRA, M. *et al*., 2010 – **Reabilitação de edifícios do centro histórico do Porto. Guia de termos de referência para o desempenho energético ambiental.** Porto: Porto Vivo, SRU.

GAMEIRO DA SILVA, M., 2020 – **Cientista da UC analisa os modos de transmissão da COVID-19 à luz dos conceitos de qualidade do ar interior | Notícias UC | A UC como nunca a viu**. Notícias UC. Disponível em: http://noticias.uc.pt/universo-uc/cientista-da-uc-analisa-os-modos-de-transmissao-da-covid-19-a-luz-dos-conceitos-de-qualidade-do-ar-interior/ (Acedido a 1.09.2020).

HENRIQUES, S. M.; BRITES, G. J. V. N.; BRITO, N. S., 2016 – **Simulação em Energyplus – Soluções de elevada eficiência energética na reabilitação de um edifício residencial de construção antiga**. Em CYTEF 2016 – VIII Congresso Ibérico | VI Congresso Ibero-Americano de Ciências e Técnicas do Frio, Coimbra.

IPQ, 2017 – **Conservation of cultural heritage – Guidelines for improving the energy performance of historic buildings**. Caparica: IPQ. EN 16883:2017 Disponível em: http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/AtividadeNormativa/Entrada_Vigor_Documentos_Normativos/Listas/Publica%C3%A7%C3%A3o%20Oficial%20de%20julho%20de%202017.pdf (Acedido a 1.09.2020).

IST-IN+; DGEG.; ADENE.; 2020 – **ELPRE – Estratégia de longo prazo para a reabilitação do edificado (consulta pública).** Disponível em: http://participa.pt/pt/consulta/elpre-estrategia-de-longo-prazo-para-a-renovacao-dos-edificios (Acedido a 1.09.2020).

LNEC, 2013 – **Coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos da envolvente dos edifícios**. Disponível em: http://gestao.academiaadene.pt/download/pt/12-1-valores-por-defeito-para-edificios-existentes.pdf (Acedido a 1.09.2020).

NIST, 2018 – **CONTAM – NIST multizone modeling**. Disponível em: https://www.nist.gov/el/energy-and-environment-division-73200/nist-multizone-modeling/software/contam (Acedido a 1.09.2020).

OLLERO, R., 2013 – **E depois do inquérito à arquitectura regional portuguesa? Carta a Raul Lino**. *Revista Arquitectura Lusíada.* 0(1), pp. 39-52.

PO SEUR, 2019 – **Programa operacional sustentabilidade e eficiência no uso de recursos**. Disponível em: http://poseur.portugal2020.pt/pt/candidaturas/avisos/poseur-03-2019-31-eficiência-energética-nos-edifícios-da-administração-pública-central-3o-aviso/ (Acedido a 1.09.2020).

REHVA, 2020 – **REHVA COVID-19 guidance directory**. Disponível em: https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance (Acedido a 1.09.2020).

REPÚBLICA PORTUGUESA, 2011 – **Resolução do Conselho de Ministros 2/2011 (ECO.AP**). Diário da República Eletrónico. Disponível em: https://dre.pt/pesquisa/-/search/485640/details/maximized?dreId=133690 (Acedido a 1.09.2020).

SIC NOTÍCIAS, 2019 – **Qual o problema desta casa rotativa?** Disponível em: https://sicnoticias.pt/pais/2019-05-01-Qual-o-problema-desta-casa-rotativa (Acedido a 1.09.2020).

UNIÃO EUROPEIA, 2010 – **Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho**, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

UNIÃO EUROPEIA, 2018 – **Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE** relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética (Texto relevante para efeitos do EEE), 156. Disponível em: http://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj/por (Acedido a 1.09.2020).

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS. APLICAÇÃO AO EDIFÍCIO FERNANDO ABECASIS

EVALUATION OF THE ENERGY PERFORMANCE OF PUBLIC BUILDINGS. APPLICATION TO THE FERNANDO ABECASIS BUILDING

Armando Pinto [(1)], António Santos [(2)], Mariana Neto [(3)], Rafaela Mateus [(4)], Ricardo Martins [(5)]

(1) LNEC, Portugal, apinto@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, ajsantos@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, mrneto@lnec.pt
(4) LNEC, Portugal, rmateus@lnec.pt
(5) LNEC, Portugal, rjmartins@lnec.pt

RESUMO

Os edifícios são responsáveis por cerca de 40 % do consumo de energia e por proporcionar condições de conforto. A administração pública central, tinha como objetivo melhorar a eficiência energética em 30 % até 2020, no âmbito do programa ECO.AP.

A avaliação da eficiência energética em edifícios é suportada por uma auditoria energética tendo como principais objetivos avaliar e desagregar os consumos de energia do edifício, realizar a comparação dos edifícios com uma referência, obter a classe energética e o impacte de medidas de melhoria. O procedimento adotado segue a legislação nacional em vigor para edifícios de comércio e serviços (RECS). A primeira fase da auditoria consiste numa visita ao edifício para caracterizar os espaços e usos de energia; a segunda fase consiste na recolha e análise dos consumos de energia das faturas do edifício, na monitorização de consumos de eletricidade nos quadros para desagregar os consumos por uso e monitorização de condições ambientais; a terceira fase consiste na simulação do desempenho energético do edifício em regime dinâmico. Esta metodologia envolve a recolha e processamento de diversos dados, repetição de simulações e estudo de medidas de melhoria.

Neste artigo apresenta-se a metodologia e ferramentas desenvolvidas pelo LNEC para a avaliação do desempenho energético dos edifícios, apresentando em detalhe as dificuldades na recolha de dados e os resultados de um edifício do LNEC, pertencente à classe energética C. É apresentado o impacte energético de medidas de melhoria tipificadas relacionadas com a envolvente e sistemas energéticos, permitindo que o edifício alcance a classe B de eficiência energética e tenha uma melhoria de eficiência superior a 30 % ambicionada no programa ECO.AP. A instalação de um sistema solar fotovoltaico é a medida com maior impacte na redução da energia primária (20,5 %), tendo a intervenção na cobertura um impacte de 4,0 % na redução da energia primária.

Palavras-chave: Eficiência Energética / Certificação Energética / Simulação / ECO.AP

1. INTRODUÇÃO

Os edifícios são responsáveis por uma elevada fração do consumo de energia, correspondendo a cerca de 40 % do consumo total da União Europeia (EPBD-recast, 2010). Em Portugal estes são responsáveis por cerca de 30 % (DGEG, Acedido em: janeiro de 2020) de consumo de energia primária e as pessoas passam cerca de 90 % do seu tempo no interior dos mesmos. Melhorar o desempenho energético dos edifícios torna-se assim imperativo, para que as metas de descarbonização estabelecidas nacional e internacionalmente possam ser atingidas sem que se comprometa o conforto dos ocupantes dos edifícios.

A eficiência energética é umas das ferramentas mais importantes na redução das emissões de gases com efeito de estufa e na mitigação das alterações climáticas. A União Europeia (UE) estabeleceu como objetivo a redução das emissões de gases com efeito de estufa até 2050, em 80 a 95 % em relação aos níveis de 1990 (Comissão Europeia, Acedido em: janeiro de 2020). No sector dos edifícios pretende-se uma redução das emissões de CO_2 até 2050 entre os 88 e 91 %, face aos níveis de 1990. No Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019 O, 2019; RNC2050, 2019) Portugal comprometeu-se em reduzir as suas emissões de gases com efeito de estufa, de modo a ter um balanço nulo em 2050.

Os edifícios residenciais e não residenciais vão desempenhar um papel importante na descarbonização (RNC2050, 2019). Os principais vetores de descarbonização no edificado são a eletrificação quase total dos consumos de energia, apoiados em grandes ganhos de eficiência energética através do reforço do isolamento dos edifícios, do investimento na reabilitação, do recurso a solar térmico e a bombas de calor.

De acordo com os dados estatísticos do *Eurostat*, publicados em janeiro de 2020, Portugal encontra-se entre os 6 países com maior pobreza energética na UE. Esta pobreza reflete a incapacidade de as pessoas assegurarem as condições de conforto. Apesar de estes dados serem para edifícios de habitação muitas vezes é refletido também nos edifícios não residenciais (comércio e serviços). O combate à pobreza energética é feito com recurso a soluções construtivas mais adaptadas ao clima, conferindo mais conforto com um melhor desempenho energético.

Em Portugal foi estabelecido em 2012 o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública "ECO.AP", aprovado na Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011. Com este programa pretende uma melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (Decreto-Lei n.º 118/2013, 2013) e dos edifícios do estado através do programa ECO.AP. Pelo que pretendido alcançar um nível de eficiência energética de 30 % nos organismos e serviços da Administração Pública até 2020 e promover a concretização dos objetivos do Programa Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e do Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) (ECO.AP, 2012).

Para além dos edifícios existentes e da reabilitação de edifícios pertencentes à Administração Pública, os edifícios públicos novos a partir de 31 de dezembro de 2018 (e todos os edifícios a partir de 31 de dezembro de 2020) devem cumprir o requisitos de edifícios nZEB (*nearly Zero Energy Buildings* – Edifícios com necessidades energéticas quase nulas), isto é, satisfaçam os objetivos expressos na EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*), publicada em 2002 (Directiva 2018/844/UE, 2018; EPBD-recast, 2010; PORTARIA n.º 42/2019, 2019) e revista em 2010 e 2018. Estes edifícios são caracterizados por um desempenho energético muito elevado, em que as necessidades de energia quase nulas deverão ser suprimidas maioritariamente por energia proveniente de fontes renováveis.

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), com 70 anos, integra no seu campus 13 edifícios e mais de 10 pavilhões. No presente artigo apresenta-se a metodologia desenvolvida para avaliar o desempenho energético dos edifícios do LNEC e a sua aplicação ao caso de estudo do Edifício Fernando Abecassis. Este é um

edifício de escritórios construído no ano 1972, a sua fachada principal encontra-se orientada a sul e não possui nenhum aproveitamento de energia renovável. No capítulo dos resultados, é apresentado o balanço energético do caso de estudo, o rácio de classe energética e respetiva classe energética, e ainda expressas as medidas de melhoria mais viáveis para este caso.

A determinação e avaliação das medidas de melhoria obtidas do processo de simulação do desempenho térmico e energético do caso de estudo foi concretizada sem prejuízo para os recursos energéticos, conforto e bem-estar dos ocupantes.

2. METODOLOGIA

2.1. Aspetos gerais

Para avaliar a eficiência energética e o desempenho energético dos edifícios é necessário conhecer os usos de energia, os equipamentos energéticos e a qualidade térmica da envolvente e realizar uma comparação com um referencial de qualidade e indicadores de desempenho, sendo no caso de edifícios apresentada uma classe de eficiência energética. Para realizar essa análise procede-se a uma auditoria energética com o objetivo de avaliar os consumos de energia por uso, condições de conforto, avaliar eficiência (classe energética) e identificar medidas de melhoria.

A auditoria energética é um processo sistemático que envolve uma visita às instalações, análise das faturas de energia e realização de medições desgregadas dos consumos de energia elétrica nos quadros. Essa informação permite avaliar eficiências de sistemas e desenvolver e validar um modelo de simulação energética do edifício com o propósito de obter a classificação energética e proceder à identificação de proposta de medidas de melhoria, que resultem num aumento do seu desempenho energético. O procedimento adotado neste estudo segue o disposto na legislação em vigor (Decreto-Lei n.º 118/2013, 2013; RECS-E, 2013).

2.2. Auditoria Energética

O processo de auditoria energética é constituída por 5 fases (Figura 1), correspondendo a Fase 1 à recolha de dados; a Fase 2 às medições para avaliar condições de conforto, usos de energia, perfis de utilização e à desagregação dos consumos por uso de energia; a Fase 3 à simulação energética e avaliação da eficiência energética do edifício; a Fase 4 ao estudo de medidas de melhoria da eficiência energética; e por fim a Fase 5 referente à preparação do relatório da auditoria.

Na visita presencial ao edifício efetua-se um levantamento e caracterização da seguinte informação: Volumetria – tipo de espaço e dimensões geométricas; Envolvente – materiais de construção ou características térmicas das soluções construtivas; Ocupação – densidade e perfil de ocupação do espaço; Sistemas de climatização e ventilação – tipo, características técnicas e perfil de funcionamento; Água quente sanitária e piscinas – tipo, características técnicas e consumo diário; Iluminação – tipo, potência e perfil de funcionamento; Elevadores, escadas e tapetes rolantes – potência dos motores, tempo médio em manobra, carga nominal e velocidade nominal; Outros equipamentos e consumos – Densidade e perfil de utilização.

Para facilitar a análise e processamento da informação recolhida, foi desenvolvida uma base de dados especifica Certificado Energético LNEC (CE_LNEC) onde toda a informação é classificada e armazenada. Para cada compartimento são guardados dados qualitativos, quantitativos e fotografias, das dimensões, ocupação, iluminação, equipamentos, ventilação, climatização, padrões de utilizações identificados pelos ocupantes e auditores, resultados de medições da qualidade do ambiente interior. Tendo em conta a estrutura dessa informação, os vários espaços são organizados em zonas térmicas, para permitir o desenvolvimento do modelo de simulação.

Para que seja possível caracterizar o consumo de energia real do edifício ao longo de um ano, com o objetivo de validar o modelo de simulação, é necessária a recolha e análise dos consumos de energia das faturas mensais de energia do edifício, bem como realizar medições nos quadros elétricos para se identificarem consumos de energia por uso e perfis diários de utilização, tendo sido privilegiado um período de medição não inferior a uma semana com registos de 5 em 5 minutos.

Com esses dados é desenvolvido e ajustado o modelo de simulação dinâmica do edifício para avaliar o desempenho energético, sendo realizada a validação do modelo tendo por base os dados dos consumos de energia. Com o auxílio do simulador de eficiência energética de edifícios de comércio e serviços desenvolvido pelo LNEC (ver secção 2.3), foi realizada a simulação energética do edifício. Para fechar o balanço de energia, foram aplicados fatores de utilização aos equipamentos e iluminação, tendo por base os dados das medições.

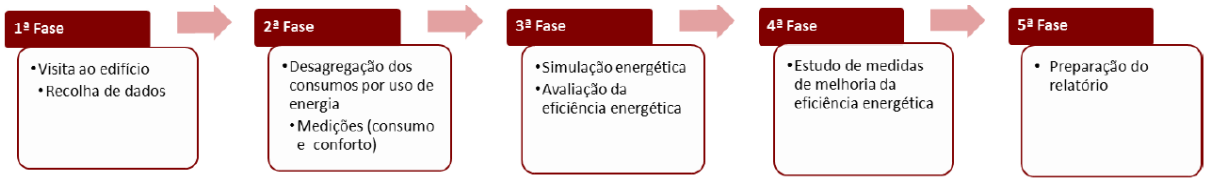


Figura 1 – Fases do processo de auditoria energética

2.3. Simulador de eficiência energética LNEC

O Simulador de eficiência energética desenvolvido pelo LNEC (SEE_LNEC) permite determinar a classe energética de edifícios, tendo por base um número reduzido de dados de entrada e um algoritmo de cálculo detalhado, o EnergyPlus 8.7.0. A utilização deste simulador é disponibilizada através de uma interface Web e encontra-se preparado para estudar uma grande diversidade de edifícios, definindo o enquadramento do edifício, zona climática, sistemas de energia renovável e equipamentos de transporte (elevadores, ascensores), bombas e equipamentos exteriores. Por zona térmica são definidos diversos parâmetros como ocupação; água quente sanitária; envolvente opaca vertical, pavimentos e coberturas; vãos envidraçados e respetivos sombreamentos; sistemas de iluminação; equipamentos; sistemas de aquecimento, sistemas de arrefecimento, ventilação, bombas; perfis de ocupação, iluminação, equipamentos, ventilação e set-points de climatização.

Definido o problema, é apresentada uma síntese dos dados de entrada e pode ser realizada a simulação energética do edifício. Para a análise de resultados, o simulador apresenta informações sobre a classe energética do edifício, o consumo total estimado de energia (primária e final) por vetor energético e a desagregação dos consumos de energia por uso (aquecimento, arrefecimento, ventiladores, bombas, água quente sanitária, água quente de piscinas, iluminação, equipamentos e sistemas de transporte) e medidas de melhoria da eficiência energética (entre as pré-identificadas) que sejam aplicáveis ao edifício em causa e a caracterização (energética e económica) do impacte, individual e agregado, dessas medidas de eficiência energética permitindo em muitos casos, obter uma classe energética mais elevada.

3. CASO DE ESTUDO

3.1. Caraterísticas gerais

O Edifício Fernando Abecasis integra o campus do LNEC, é um dos 13 edifícios principais do campus, tratando-se de um edifício de escritórios. O mesmo é caracterizado por dois pisos, a sua fachada principal encontra-se orientada a sul e não possui aproveitamento de energia renovável.

De modo geral a envolvente pode ser descrita como sendo de paredes simples de tijolo sem isolamento térmico (exceção de alguns compartimentos, devidamente identificados) e os vãos envidraçados de aço sendo que a

maioria do edifício possui vidro simples. A maioria dos gabinetes possuem dispositivos de sombreamento solar de persianas plásticas, equipamentos de aquecimento e luminárias fluorescentes tubulares.

O período típico de funcionamento deste edifício está definido das 9h às 17h30 para os dias úteis, que se pode estender até às 19h00, sendo o período de almoço entre as 12h30 e as 14h00. No caso da realização de ensaios que assim o exigem, este horário pode ser estendido, existindo ainda possibilidade da sua realização durante os dias não úteis. A construção do edifício tem duas épocas, sendo a primeira entre 1956-1960 (designado por lado B) e a segunda entre 1961-1972 (designado por lado A), como representado na Figura 2 e na Figura 3. O edifício é constituído maioritariamente por gabinetes individuais (16 m^2), existindo também um centro de dados, uma oficina, um laboratório e um balneário.

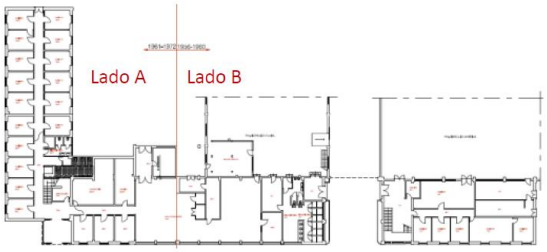


Figura 2 – Planta do Edifício Fernando Abecasis Piso 1

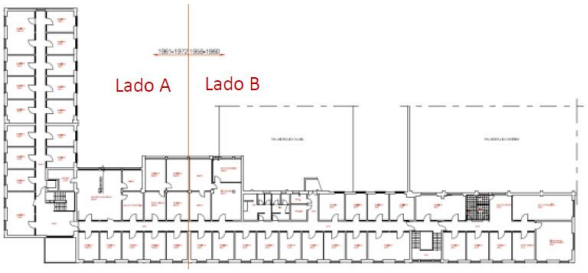


Figura 3 – Planta do Edifício Fernando Abecasis Piso 2

3.2. Clima

O edifício encontra-se localizado na Freguesia de Alvalade, em Lisboa à altitude de 109 m, e de acordo com o (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, 2013) pertence às zonas climáticas I1 e V2, tendo 1071 graus dia de aquecimento na base 18 °C e uma temperatura média exterior no verão de 21,7 °C.

3.3. Área do edifício

De acordo com o tipo e uso dos espaços, a sua exposição solar e a climatização foram definidas 48 zonas térmicas. O Edifício apresenta uma área útil de pavimento de 2169,2 m^2, com 2070,7 m^2 do Tipo A e 98,5 m^2 do Tipo B. Os espaços classificados como Tipo A verificam a condição de ocupação permanente (ocupação igual ou superior a 2 h/dia) e/ou dispõem de sistemas de aquecimento ou arrefecimento para conforto térmico de forma direta ou indireta. Os espaços classificados como Tipo B correspondem aos espaços sem ocupação permanente e sem sistema de aquecimento ou arrefecimento para conforto térmico, no qual se integra o centro de dados.

No Quadro 1 indicam-se as áreas da envolvente do edifício. A área designada por Pavimento corresponde à área que se encontra em contacto com o exterior e/ou com um espaço do Tipo B. No edifício a área envidraçada por unidade de área útil de pavimento de espaços do tipo A é de 16 % e o WWR (*Window-to-Wall Ratio* - o quociente entre a área do vão envidraçado e a área da fachada) varia entre 21 % e 29 %.

Quadro 1 – Área da envolvente do edifício, incluindo as do centro de dados

	Fachadas				Cobertura	Pavimento
Orientação	**Norte**	**Este**	**Sul**	**Oeste**		
Parede	188,2	192,4	388,9	212,2	1 167,0	180,1
Envidraçados	78,3	47,0	146,0	54,8		
WWR	29%	20%	27%	21%		

3.4. Características da envolvente

A envolvente opaca do edifício é constituída por paredes exteriores sem isolamento térmico de cor branca e o

seu coeficiente de transmissão térmica (U) varia entre 0,96 e 2,40 W/(m^2·K), tendo os portões de cor verde um valor U de 5,90 W/(m^2·K). As paredes interiores que fazem a separação de espaços não úteis não têm isolamento térmico, sendo caracterizadas por um coeficiente de transmissão térmica U de 1,16 W/(m^2·K), enquanto os portões interiores têm U de 3,8 W/(m^2·K) devido ao efeito da resistência térmica superficial interior. A cobertura em terraço do edifício não tem isolamento térmico, existindo zonas do corredor com teto falso e outras sem teto falso (gabinetes, salas de trabalho); o seu coeficiente de transmissão térmica (U) é de 2,31 e 3,51 W/(m^2·K) respetivamente, para as zonas com teto falso e sem teto falso. O pavimento sobre o exterior e sobre locais não climatizados não tem isolamento térmico, tendo U de 4,18 W/(m^2·K). Aos elementos opacos foi aplicado um coeficiente multiplicativo de 1,35 ao valor de U, para contemplar o efeito das pontes térmicas planas devidas, p. ex., aos elementos estruturais.

A envolvente envidraçada é constituída por janelas simples, de vidro simples, com caixilharia de aço e elevada permeabilidade ao ar da caixa de estore (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, 2013). A espessura dos vidros varia entre 4 e 6 mm, o coeficiente de transmissão térmica da janela (Uw) varia entre 6,0 e 6,2 W/(m^2·K), o fator solar dos vãos envidraçados (gvi) varia entre 0,85 e 0,88 e o fator solar do vão envidraçado com as proteções solares totalmente ativas (gT) varia entre 0,03 e 0,88. Estes valores apresentam baixo isolamento térmico e mostra que existem vãos sem proteção solar. Face às características da envolvente, o edifício tem um coeficiente global de perdas térmicas por condução através dos elementos opacos e envidraçados ($\sum U \cdot A + \sum b \cdot U \cdot A$) de 7 403 W/K.

3.5. Caraterísticas dos sistemas técnicos de energia

3.5.1. Iluminação

No processo de auditoria do edifício foram identificados os diferentes tipos de iluminação artificial existentes. Detalhadamente a fonte de luz é constituída por lâmpadas fluorescentes compactas (CFL) de potência entre os 13 e os 55 W, lâmpadas fluorescentes tubulares (T5 e T8) de potência entre os 18 e 54 W; lâmpadas incandescentes de potência entre os 40 e os 100 W; e lâmpadas de halogéneo de 50 W potência. Neste edifício a densidade de potência de iluminação instalada por unidade de área útil de pavimento é de aproximadamente 13 W/m^2.

3.5.2. Equipamentos

Na auditoria do edifício foram identificados os diferentes tipos de equipamentos existentes, que são maioritariamente constituídos por computadores pessoais de secretária e portáteis; existindo salas especificas com impressoras, projetores; máquinas de ensaios; equipamento de copa; portas automáticas e uma sala com servidores. Neste edifício a densidade de potência de equipamentos instalados por unidade de área útil de pavimento das zonas térmicas é de cerca de 8,2 W/m^2, valor próximo dos 15 W/m^2 adotados nos edifícios de Escritórios (RSECE, 2006), e de cerca de 380,6 W/m^2 para o centro de dados.

3.5.3. Climatização e sistemas de águas quentes sanitárias (AQS)

A climatização deste edifício é realizada essencialmente por aquecimento elétrico por efeito de Joule, controlado por relógio, a renovação do ar é assegurada pelas infiltrações de ar pelas frinchas existentes na envolvente e pela abertura de janelas, não existindo arrefecimento. Existem no edifício 46 radiadores elétricos e existem seis salas que são climatizadas (aquecidas e arrefecidas) com seis sistemas de expansão direta do tipo Split bomba de calor. A sala dos servidores (centro de dados) é climatizada por uma unidade do tipo *Close Control*.

Neste processo foram também identificados dois termoacumuladores elétricos para água quente sanitária (AQS), que servem duas instalações sanitárias (IS), uma com 6 duches e outra com 1 duche, respetivamente nas

instalações sanitárias/balneários do piso 1 e do piso 2, respetivamente.

3.5.4. Transporte de pessoas e cargas

O edifício está dotado de um elevador que serve dois pisos, tem uma capacidade de carga de 630 kg.

4. RESULTADOS

4.1. Conforto térmico

Na auditoria energética além da caracterização do edifício, foram avaliadas condições de conforto, com medições e por questionário distribuído aos ocupantes (Neto, 2018). Das respostas obtidas verificou-se que o edifício é classificado como desconfortável quanto ao ambiente térmico tanto no inverno como no verão, sendo que no verão a percentagem de pessoas que se encontra "confortável" é muito reduzida, menos de 5 %. No período de 22 de agosto a 14 de setembro de 2018 foram realizadas medições pontuais em sete compartimentos do edifício, tendo sido registada uma temperatura média de 27,0 °C, com um valor mínimo de 24,1 °C e um valor máximo de 32,0 °C; enquanto a temperatura exterior média era de 22,1 °C (valor máximo de 35,6 °C), para a qual é estimada uma temperatura operativa de conforto adaptativo próxima de 29 °C (EN 16798-1, 2019) para a classe II de conforto; indicando que em média são alcançadas condições de conforto, com exceção de alguns compartimentos. A humidade relativa era satisfatória, com valor médio de 4 % (resultados da medição 33 % a 59 %).

De acordo com a exposição solar dos espaços do edifício constatou-se que a maioria dos ocupantes tem a fachada do seu compartimento orientada a sul, oeste e este, o que conduz a que a maioria dos compartimentos tenha uma elevada incidência solar e consequentemente tal explica que haja desconforto térmico neste edifício com maior relevo no verão, resultado também da maioria das paredes exteriores e cobertura não terem isolamento térmico e das janelas serem de vidro simples incolor com caixilharia em aço.

A percentagem de pessoas que se encontram confortável quanto à iluminação natural é também reduzida, cerca de 5 % no verão e 25 % no inverno, este desconforto em ambas as estações está relacionado com o excesso de luz presente no compartimento, evidenciando proteções solares pouco satisfatórias para o controlo da luz natural. Tendo em conta que no inverno a maioria dos respondentes indica que existe excesso de luz natural no local onde desempenham as suas tarefas, é possível inferir que existe uma utilização da iluminação artificial que poderia ser evitada com maior sensibilização e melhores sistemas de controlo da luz natural. Das medições realizadas em sete espaços, a iluminância média era de 1 145 lx, encontrando-se os resultados das medições situados entre 250 e 1 900 lx, valores que são superiores ao valor requerido de 500 lx para escritórios (EN 12464-1, 2002).

Cerca de 55 % dos respondentes utiliza o dispositivo de sombreamento solar "sempre/quase sempre" no verão e cerca de 70% dos respondentes afirma utilizam "sempre/quase sempre" o aquecimento e a ventoinha, nas respetivas épocas. Ainda assim, mesmo utilizando estes dispositivos e sistemas, os ocupantes encontram-se desconfortáveis com os ambientes térmico e luminoso.

De acordo com o questionário (Neto, 2018) verifica-se que mais de 40 % dos respondentes, considerou neutra a sua satisfação quanto à qualidade do ar interior (QAI). Contudo, cerca de 30 % revelou estar insatisfeito com a QAI. No processo de medição obteve-se uma concentração média de CO_2 de 558 ppm (min: 452 ppm; máx: 760 ppm), valor satisfatório face ao valor regulamentar de 1625 ppm para edifícios de escritórios com ventilação natural. Quanto às diferentes fontes de ruído, o "ruído do exterior" e o "ruído das pessoas noutros compartimento" são os fatores que os ocupantes consideram ter maior contributo, cerca de 70 % e 40 %, respetivamente.

4.2. Avaliação da eficiência energética

O edifício tem consumos de energia elétrica para os diversos equipamentos, iluminação, AQS e climatização. Para o sistema de iluminação foi realizada uma avaliação energética, medindo a iluminância e a potência de iluminação instalada. Em sete compartimentos monitorizados só com luz natural a iluminância média é de aproximadamente 830 lx (dias de céu limpo), enquanto a iluminância média proporcionada só pela iluminação artificial é de aproximadamente 316 lx. Observaram-se diferenças na iluminância para as diferentes exposições solares dos gabinetes, essencialmente devido à existência de diferentes obstáculos na proximidade dos vãos. A densidade de potência de iluminação normalizada (DPIN) para os gabinetes é de 2,1 W/(m^2·100 lx), apresentando uma eficiência energética superior ao valor regulamentar de 2,4 W/(m^2·100 lx), (RECS-E, 2013).

Através da medição dos consumos de energia elétrica do edifício (período de 10 de fevereiro de 2020 a 17 de fevereiro de 2020) conclui-se que existe um consumo global (medido no PT2 onde o edifício está ligado – lado A e lado B) de aproximadamente 379 kWh/dia, cerca de 406,3 kWh/dia nos dias úteis e 234 kWh/dia nos dias não úteis. Apresenta-se na Figura 4 o perfil de consumo diário do edifício.

Foi realizada a desagregação dos consumos de energia elétrica com base nas medições parciais. Tendo em conta que os quadros elétricos existentes eram de épocas de construção diferentes e sofreram modificações ao longo do tempo, foi difícil executar a desagregação dos consumos, tendo sido necessário proceder a medições adicionais. Através das medições realizadas, conclui-se que o consumo de energia no edifício (lado A+B) é de aproximadamente 216 kWh/dia, correspondente à iluminação, equipamentos e ao elevador. O centro de dados tem um consumo de aproximadamente 163 kWh/dia. No período de medição de fevereiro, com temperatura exterior média de 13,5 °C, existiu um consumo de 140 kWh/dia para aquecimento do edifício. Na Figura 5 apresenta-se o perfil de consumo diário de energia de aquecimento do edifício, com radiadores elétricos, mostrando a eficácia do funcionamento controlado pelo relógio das 8h00 às 18h00, nos dias úteis.

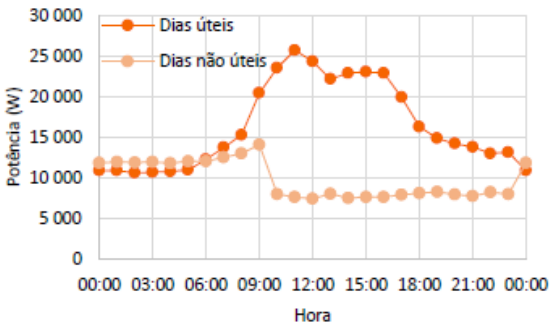


Figura 4 – Perfil de consumo diário do edifício

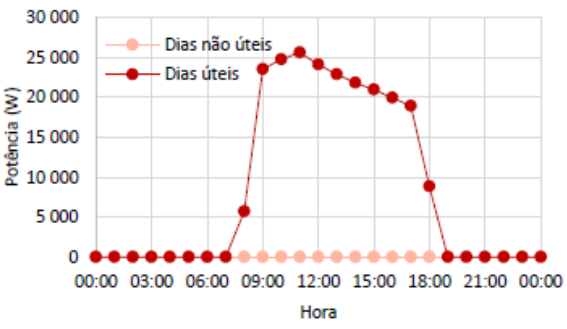


Figura 5 – Perfil de consumo diário de aquecimento do edifício

Com estes dados desagregados do uso de energia e respetivos perfis de utilização e os consumos mensais do edifício durante o ano de 2018, foi possível calibrar o modelo de simulação implementado no SEE_LNEC. Na simulação real, obteve-se um erro de 4,6 % para o consumo anual de energia do edifício, de 0,6 % para os consumos de energia de iluminação e equipamentos, e de 0,4 % para o consumo do centro de dados. A estimativa da energia para aquecimento de acordo com o RECS é superior ao consumo estimado com as medições anuais no Posto de Transformação; este desvio está associado às condições de simulação do aquecimento previsto que assume aquecimento em todos os espaços a 20 ^{0}C durante o horário de trabalho, mesmo nos espaços úteis sem equipamentos de aquecimento e independentemente da presença das pessoas e destas terem o aquecimento desligado. Realizando uma avaliação real considerando aquecimento nos espaços apenas com equipamentos de aquecimento obtém-se uma redução das necessidades de aquecimento simuladas de cerca de 40 % em relação

à avaliação prevista. Na Figura 6 mostra-se a desagregação dos consumos de energia previstos do edifício obtidos pela simulação realizada no SEE_LNEC (RECS-E, 2013). Constata-se que os maiores consumos anuais de energia estão associados ao centro de dados (34,2 %) e aos equipamentos (25,4 %), sendo o aquecimento ambiente responsável por um consumo de 15,5 % e o arrefecimento de 5,2 %.

Realizando a simulação do edifício de referência, trocando no edifício real a qualidade térmica da envolvente e a eficiência dos sistemas de iluminação, de climatização e de AQS, constata-se que o edifício apresenta uma baixa eficiência energética como seria de esperar, e pertence à classe energética C, com um valor R_{IEE} de 1,07. Este processo de cálculo do edifício de referência é realizado de forma automática no simulador SEE_LNEC, reduzindo a ocupação dos técnicos e a possibilidade de erros.

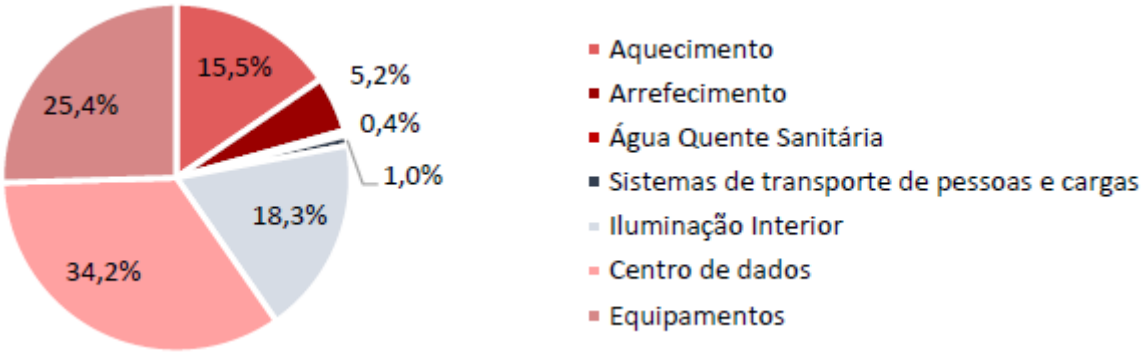


Figura 6 – Consumo anual de energia primária (%)

4.3. Medidas de melhoria

Tendo em conta as características de desempenho do edifício, através do Simulador de eficiência energética SEE_LNEC, é avaliado de forma automática o impacte de medidas de melhoria da eficiência energética tipificadas que melhoraram as características de desempenho de componentes e equipamentos para os referenciais regulamentares aplicáveis aos edifícios novos e colocam sistema de energia renovável do tipo fotovoltaico e coletores solares térmicos. No caso da instalação de um sistema solar fotovoltaico e solar térmico os resultados são obtidos considerando que os painéis fotovoltaicos ocupam cerca de 14 % da área da cobertura, com uma inclinação de 40^0 a sul.

No Quadro 2 apresentam-se os resultados da avaliação do impacte da implementação de medidas de melhoria que conferem ao edifício os níveis de referência regulamentar aplicáveis a edifícios novos, fazendo-se assim uma caracterização energética e económica do impacte individual dessas medidas, bem como de todas as medidas aplicadas em conjunto. As medidas de eficiência energética são apresentadas por ordem decrescente do seu impacte na redução de energia primária.

Quando as medidas são aplicadas em conjunto, o edifício passa a pertencer à classe energética B, proporcionando uma redução do consumo de energia primária de 32,8 % e dos custos energéticos em 9 675 €/ano, assumindo um custo de energia elétrica de 0,15 €/kWh. A instalação de um sistema solar fotovoltaico (PV) quando aplicada isoladamente consegue melhorar a classe energética atual do edifício de classe C para a classe B-, reduzindo em 20,5 % o consumo de energia primária e consequentemente os custos energéticos em 6 045 €/ano. A substituição de sistemas de aquecimento é a segunda medida de melhoria com maior impacte na redução da energia primária, sendo que o isolamento térmico da cobertura configura a principal intervenção a realizar na envolvente do edifício.

Quadro 2 – Medidas de eficiência energética aplicáveis ao edifício

Medida	Redução de energia final (kWh/ano)	Redução de energia primária		Redução de custos energéticos	Nova Classe energética
	Eletricidade	kWh_{EP}/ano	%	EUR/ano	
Instalação de sistema solar fotovoltaico	40 298	100 745	20,5	6 045	B-
Substituir sistema de aquecimento	12 778	31 944	6,5	1 917	B-
Reforço do isolamento térmico das coberturas	7 780	19 450	4,0	1 167	C
Melhoria nos sistemas de iluminação	6 502	16 254	3,3	975	C
Reforço do isolamento térmico das paredes	3 795	9 487	1,9	569	C
Reforço do isolamento térmicos das janelas	761	1 903	0,4	114	C
Instalação de sistema solar térmico	837	1 494	0,3	126	C
Substituir ar condicionado	189	472	0,1	28	C
Melhoria nos sistemas de produção de AQS	167	418	0,1	25	C
Medidas conjuntas	64 500	161 251	32,8	9 675	B

Face à maioria dos ocupantes do edifício manifestar desconforto e reduzida satisfação com o ambiente térmico tanto no verão como no inverno, as medidas de melhoria de eficiência energética passam também por melhorar esse aspeto. Efetivamente, apesar do maior impacto energético da melhoria da eficiência dos sistemas, o reforço do isolamento térmico das coberturas e das paredes são respetivamente, a terceira e quinta medida de melhoria com maior redução de energia primária, devendo ser aplicadas não só em virtude da redução de custos energéticos, mas também pela melhoria do compartimento térmico passivo do edifício e melhoria das condições passivas de conforto térmico. Tendo em conta que a proteção solar dos vãos envidraçados é realizada com persianas exteriores projetáveis com baixo fator solar, não se identifica na simulação uma melhoria associada à proteção solar dos vãos; contudo, para melhorar o controlo da luz natural e a redução de encandeamento manifestado pelos ocupantes devem ser melhorados os sistemas de sombreamento.

O reforço do isolamento térmico das janelas é uma medida que também melhora a qualidade do ambiente térmico, mas com menor percentagem de redução de consumo de energia primária. Contudo, dado que o edifício se localiza perto do Aeroporto de Lisboa e os ocupantes do edifício consideram que existe muito ruído proveniente do exterior, optar por substituir a envolvente envidraçada melhora não só o isolamento térmico como também o isolamento acústico.

Com esta informação, e com as aplicações SEE_LNEC e CE_LNEC, é por fim elaborado de forma automática um relatório da avaliação da eficiência energética, que incorpora uma caracterização do edifício, sistemas e padrões de utilização, resultados da avaliação das condições de conforto e resultados das medições dos consumos de energia, classe energética e impacte de medidas de melhoria da eficiência energética.

5. CONCLUSÕES

O processo de avaliação da eficiência energética de edifícios públicos é complexo, tendo no âmbito deste estudo da eficiência energética dos edifícios do LNEC sido desenvolvida uma metodologia que comporta 5 fases e para a qual foram preparadas ferramentas de apoio para de uma forma estruturada ser organizada, arquivada e processada essa informação. Com essas ferramentas, é gerado de forma automática o modelo de simulação

energética do edifício e procede-se à sua validação, bem como de uma forma automática é avaliada a eficiência energética e o impacte de medidas de melhoria da eficiência energética ao nível da envolvente e sistemas energéticos, utilizando simulação dinâmica detalhada.

A recolha de dados e medições (Fases 1 e 2) tem uma grande ocupação e duração temporal, consequência da ausência de registos e da informação detalhada qualitativa e quantitativa sobre as alterações e usos do edifício e que foi necessário recolher nas visitas a cada compartimento do edifício. A base de dados CE_LNEC, revelou-se uma ferramenta que permite a gestão da informação e a sua atualização ao longo do tempo. A integração da base de dados CE-LNEC e do simulador de desempenho energético de edifícios do SEE_LNEC, permitiu simplificar o processo de modelação e calibração do modelo de simulação energética do edifício.

Tendo em conta o ano de construção do edifício (1956-1960 e 1961-1972) e os dados resultantes da auditoria energética, o edifício apresenta uma baixa eficiência energética, pertencendo à classe C. Esta classe de eficiência energética, está relacionada com a reduzida qualidade térmica da envolvente face aos valores de referência (baixo isolamento térmico), bem como à utilização de equipamento de aquecimento de baixa eficiência. Efetivamente, através do balanço energético conclui-se que as necessidades de energia primária para climatização são cerca de 52 % das necessidades de energia reguladas para a classificação energética de edifícios.

Para este edifício predominantemente com atividade do tipo escritório, as medidas de melhoria mais eficazes são a instalação de sistema PV (20,5 %), a modernização do sistema de climatização (6,5 %) e a aplicação de isolamento térmico na cobertura (4,0 %). Através da intervenção ao nível das medidas apresentadas é possível melhorar a eficiência energética do edifício em 32,8 %, satisfazendo aos 30 % previstos no programa ECO.AP.

REFERÊNCIAS

COMISSÃO EUROPEIA, 2020 – **As alterações climáticas e os cidadãos**. Acedido em: janeiro de 2020, em: https://ec.europa.eu/clima/citizens/eu_pt.

DECRETO-LEI N.º 118/2013 – **Sistema de certificação energética dos edifícios**. Lisboa: INCM. Decreto-Lei n.o 118/2013 e posteriores alterações.

DESPACHO (EXTRATO) N.º 15793-F/2013 – **Parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados**. Diário da República, 2.ª série, N.º 234, 3 de dezembro de 2013.

DESPACHO (EXTRATO) N.º 15793-K/2013 – **Parâmetros térmicos**.

DGEG, 2020 – **Direção-Geral de Energia e Geologia**. Acedido em: janeiro de 2020, em: http://www.dgeg.gov.pt/default.aspx?cn=636364486449AAAAAAAAAAAA.

DIRECTIVA 2018/844/UE, 2018 – **Altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética**. *Jornal Oficial da União Europeia*. L156: 75-91.

ECO.AP, 2012 – ECO.AP – **Programa de eficiência energética na administração pública**. Acedido em: janeiro de 2020, em: https://ecoap.pnaee.pt/.

EN 12464-1:2002 – Light and lighting – Lighting of work places – Part 1 : Indoor work. European Standard. ISSN 978 0 580 68495 1. 3: 1–43. doi: http://www.din.de.

EN 16798-1, 2019 – **Energy performance of buildings – Ventilation for buildings – Part 1: indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics – Module M1**. EUROPEAN STANDARD. ISSN 08694923. 5 18-22+95. doi: 10.1088/0031-9112/25/4/007.

EPBD-RECAST, 2010 – **Diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios**. *Jornal Oficial da União Europeia*.

NETO, Mariana Rego, 2018 – **Eficiência energética e caracterização do comportamento adaptativo dos ocupantes**. Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente. Lisboa: Universidade de Lisboa/Faculdade de Ciências.

PORTARIA N.º 42/2019 – **Alteração: Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS) – Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções**. Lisboa: INCM. Portaria n.º 42/2019 – 2.ª alteração à Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro e republicada pela Portaria n.º 17-A/2016, de 4 de fevereiro.

RECS-E, 2013 – **Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS) – Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções**. Lisboa: INCM. Portaria n.º 349D-2013, alterada pela Portaria n.º 17-A/2016. 2:2 2013.

RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS N.º 107/2019 O – **Decreto-Lei n.º 85/2019 de 1 de julho**. Diário da Republica. 2: 5704-5741.

RNC2050, 2019 – **Roteiro para a neutralidade carbónica 2050**. Acedido em: janeiro de 2020, em https://descarbonizar2050.pt/.

RSECE, 2006 – **Decreto-lei n.º 79/2006**. Diário da República - I SÉRIE-A. 4 de Abril 53 (2416-2468).

QUANTIFICAÇÃO DOS BENEFÍCIOS DAS COBERTURAS E FACHADAS AJARDINADAS PARA O EDIFICADO

GREEN ROOFS AND GREEN WALLS BUILDING BENEFITS QUANTIFICATION

Maria Manso[(1)], Cristina Matos Silva[(2)], Carlos Oliveira Cruz[(3)], Inês Teotónio[(4)], Tiago Liberalesso[(5)]

(1) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Portugal, maria.manso@tecnico.ulisboa.pt
(2) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Portugal, cristina.matos.silva@tecnico.ulisboa.pt
(3) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Portugal, oliveira.cruz@tecnico.ulisboa.pt
(4) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Portugal, ines.teotonio@tecnico.ulisboa.pt
(5) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Portugal, tiago.liberalesso@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

Vivemos cada vez mais distantes da natureza. A integração de infraestruturas verdes no contexto urbano pode ser uma importante estratégia de mitigação dos problemas de densificação urbana. Neste contexto, as coberturas e fachadas ajardinadas podem ser utilizadas como medidas de reabilitação do edificado urbano, visando a integração de áreas ajardinadas em espaços urbanos consolidados onde há escassez de espaços verdes.

As coberturas e fachadas ajardinadas, podem ser aplicadas no edificado como uma estratégia de valorização estética e económica dos imóveis, permitindo simultaneamente a redução do consumo energético do edificado, a melhoria do seu isolamento acústico e a proteção e aumento da durabilidade dos materiais da envolvente edificada. Por outro lado, estes sistemas podem também complementar o tratamento de águas residuais e proteger a envolvente do risco de incêndio. No caso de aplicação de painéis fotovoltaicos, é também possível aumentar a sua performance com a combinação com coberturas ajardinadas.

Este artigo visa identificar e analisar os benefícios das coberturas e fachadas ajardinadas para o edificado, centrando-se nos resultados obtidos para a região climática de Portugal, que se enquadra no clima mediterrâneo (Csa).

Os resultados atuais comprovam a relevância das coberturas ajardinadas para o edificado, pese embora os estudos sobre os benefícios das fachadas ajardinadas são ainda escassos. No entanto é de salientar que os revestimentos ajardinados possuem na generalidade benefícios significativos, contribuindo para: a melhoria da eficiência térmica e acústica do edificado; o aumento da eficiência dos painéis fotovoltaicos; a redução do consumo de água potável e retenção de águas pluviais; o aumento do tempo de vida útil da envolvente edificada; a diminuição do risco de incêndio e a valorização económica do imóvel. Assim sendo, para fomentar a sua aplicação os revestimentos ajardinados podem ser integrados como uma estratégia municipal de incentivo à reabilitação urbana.

Palavras-chave: Benefícios / Coberturas Ajardinadas / Fachadas Ajardinadas / Reabilitação do Edificado

1. INTRODUÇÃO

Diversos fatores deram origem à falta de espaços verdes nas cidades, especialmente nos centros históricos. Estas zonas da cidade são caracterizadas por uma elevada densidade do edificado e pela falta de espaços verdes, como jardins públicos e parques para usufruto dos cidadãos. A integração de infraestruturas verdes em áreas densamente urbanizadas permite alcançar alguns dos objetivos de desenvolvimento sustentável estabelecidos pelas Nações Unidas, nomeadamente a promoção da biodiversidade e a melhoria das condições ambientais dos meios urbanos, visando melhorar a qualidade do ar, reduzir a poluição sonora e o efeito "Ilha de calor" (United Nations, 2015).

A integração de coberturas e fachadas verdes na reabilitação de edifícios permite trazer de novo a vegetação para o contexto urbano sem a necessidade de ocupar o solo (Virtudes & Manso, 2016).

As coberturas e fachadas ajardinadas podem ser usadas em edifícios novos ou na reabilitação do edificado existente visando a valorização do imóvel e a melhoria das condições da envolvente edificada, promovendo a redução do consumo energético (Besir & Cuce, 2018; Saadatian *et al.*, 2013), a melhoria das características térmicas (Liu & Baskaran, 2003) e acústicas (Wong, Tan, Tan *et al*., 2010; Connelly & Hodgson, 2013) e protegendo os materiais de suporte da envolvente edificada. Para além disso, os sistemas de coberturas e fachadas ajardinadas podem contribuir para uma gestão mais eficiente das águas cinzentas (Chowdhury, Abaya, 2018; Fowdar, Hatt, Breen *et al.*, 2017) e das águas pluviais (Brandão, Cameira, Valente *et al.*, 2017). A combinação destes sistemas com outros, como é o caso dos painéis fotovoltaicos, permite também contribuir para uma maior eficiência elétrica destes sistemas ativos (Hui & Chan, 2011; Moren & Korjenic, 2017).

Entre os diversos sistemas ajardinados distinguem-se as coberturas ajardinadas e as fachadas ajardinadas. As coberturas ajardinadas podem ser intensivas, semi-intensivas ou extensivas, dependendo da profundidade do substrato e dos materiais empregues no sistema. As fachadas ajardinadas podem ser classificadas como fachadas verdes ("Green façades") ou paredes vivas ("living walls"), sendo que as fachadas verdes são soluções mais simples que envolvem a utilização de trepadeiras e as paredes vivas possuem uma estrutura de suporte que permite a integração de uma maior diversidade de vegetação para criar uma maior uniformidade ao longo da superfície ajardinada (Manso, Castro-Gomes, 2015). Para uma implementação bem-sucedida de coberturas ou fachadas ajardinadas, deve ter-se em consideração as características do edificado, da sua envolvente e as condições climáticas locais (Berardi*,* GhaffarianHoseini, GhaffarianHoseini, 2014). Na região Mediterrânea, com verões quentes e secos, é importante a integração de um sistema de irrigação, quer nas coberturas quer nas fachadas ajardinadas. No entanto, é possível aplicar estratégias para uma gestão eficiente do uso da água (Paço, Carvalho, Arsénio *et al.,* 2019). Porém, dependendo do sistema implementado é importante ter em conta os seus custos de instalação, manutenção (ex. substituição de plantas) e operação (ex. consumo de eletricidade e água), para que estes não ultrapassem os benefícios proporcionados pelo sistema, sejam eles, ambientais, sociais ou económicos (Perini, Rosasco, 2013; Teotónio, Silva, Cruz, 2018).

Em Portugal começam a surgir algumas diretivas municipais de incentivo à integração de coberturas e fachadas ajardinadas no contexto urbano. A título de exemplo surge a cidade do Barreiro, que recentemente incluiu políticas de incentivo à aplicação de coberturas e fachadas ajardinadas no atual Regulamento Municipal de Concessão de Incentivos ao Investimento, visando a sua integração quer em construção nova quer na reabilitação de edifícios existentes (Regulamento n.º 712/2019). Um estudo recente demonstrou o potencial de aplicação de coberturas ajardinadas em coberturas existentes na cidade de Lisboa e identificou que 52% da área da cidade possui condições para a reabilitação das coberturas existentes mediante a aplicação de uma cobertura ajardinada (Silva, Flores-Colen, Antunes, 2017).

Pretende-se com este trabalho reunir os resultados obtidos por diversos autores quanto aos benefícios das coberturas e fachadas ajardinadas para a envolvente edificada, identificando e analisando cada um dos benefícios e estabelecendo uma análise da variabilidade dos resultados obtidos.

2. BENEFÍCIOS PARA O EDIFICADO

2.1. Consumo energético

Os edifícios consomem cada vez mais energia pelo que se torna importante promover o desempenho energético quer dos edifícios novos quer na reabilitação de edifícios existentes, minimizando a sua dependência energética e as emissões de gases de efeito estufa. Assim sendo, é importante utilizar soluções eficientes, que garantam o conforto térmico interior dos edifícios, utilizando fontes de energia renováveis e soluções de design passivo, como as coberturas e fachadas ajardinadas.

Diversos estudos científicos demonstram que as coberturas e fachadas ajardinadas têm a capacidade de melhorar a eficiência energética dos edifícios (Besir, Cuce, 2018; Saadatian, Sopian, Salleh *et al.*, 2013), reduzindo as necessidades de climatização dos espaços interiores. Estes sistemas contribuem para o sombreamento da envolvente e, dependendo da solução aplicada, permitem complementar o isolamento térmico da envolvente edificada.

Neste âmbito, importa salientar os resultados obtidos no contexto climático de Portugal, o qual se enquadra no clima mediterrâneo (Csa), segundo o sistema de classificação climática Köppen-Geiger. A Tabela 1 apresenta uma síntese dos resultados obtidos por diversos autores quanto à redução de consumo energético (%), para aquecimento e arrefecimento dos edifícios situados no clima mediterrâneo, mediante aplicação de diversos tipos de coberturas ajardinadas em comparação com outras coberturas planas convencionais (escuras). Os resultados indicam o valor mínimo, máximo e médio, e estão devidamente separados por estações de aquecimento e arrefecimento e pela existência ou não de isolamento térmico na cobertura. A Tabela 2 indica os mesmos resultados mas estabelece a comparação entre os diversos tipos de coberturas ajardinadas e as cobertura refletoras (claras).

Mediante a comparação dos resultados obtidos em diversos estudos no contexto do clima mediterrâneo (Csa) verifica-se que as coberturas ajardinadas, quando comparadas com coberturas escuras (Tabela 1), permitem reduzir significativamente o consumo energético dos edifícios quer no Verão quer no Inverno. Dos resultados obtidos verifica-se que a maior redução do consumo energético obtem-se da aplicação de coberturas ajardinadas intensivas sobre coberturas sem isolamento térmico, obtendo-se, em média, uma redução de 84% do consumo energético na estação de arrefecimento (Verão) e de 48% na estação de aquecimento (Inverno). Isto deve-se ao facto de as coberturas ajardinadas, quando comparadas com outras coberturas escuras, possuírem a capacidade de reduzir a temperatura superficial da cobertura devido à contribuição da evapotranspiração das plantas. Simultaneamente, possuem a capacidade de melhorar termicamente a cobertura devido à espessura do substrato. Neste sentido, quanto maior a espessura do substrato maior a capacidade de isolamento térmico da cobertura ajardinada. No entanto, no contexto da reabilitação de edifícios há que ter em conta a capacidade de carga da cobertura pré-existente.

Conforme demonstrado na Tabela 2, no clima mediterrâneo as coberturas ajardinadas quando comparadas com as coberturas claras nem sempre são as mais eficientes termicamente. Na verdade, conforme demonstram os resultados negativos, as coberturas claras podem revelar-se mais eficientes, especialmente na estação de arrefecimento (Verão), possuindo uma maior capacidade de refletir a radiação solar incidente e reduzindo a transferência de calor para o interior do edifício. Contudo, as coberturas ajardinadas revelam ainda melhores resultados na estação de aquecimento (Inverno) do que as coberturas claras, especialmente em edifícios sem

isolamento térmico, podendo reduzir em média o consumo energético 44% a 71% caso contenham uma cobertura ajardinada extensiva ou intensiva, respectivamente.

Os estudos referentes às fachadas ajardinadas são ainda escassos. No entanto, as fachadas ajardinadas têm a capacidade de sombrear a envolvente e de reduzir a temperatura superfícial. Nesse contexto, estudos realizados no clima Mediterranêo (Csa) na estação de arrefecimento, demonstram que as "fachadas verdes" melhoram 34% a eficiência energética do edificado (Pérez, Coma, Sol *et al.*, 2017) e as "paredes vivas" contribuem para o mesmo fim entre 59% (Coma, Pérez, de Gracia *et al*., 2017) a 66% (Mazzali, Peron, Scarpa, 2012).

Tabela 1 – Redução do consumo energético (%) resultante da aplicação de uma cobertura ajardinada, em comparação com uma cobertura plana convencional (escura)

			Verão						Inverno					
			Com isolamento			Sem isolamento			Com isolamento			Sem isolamento		
		Ref.	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média
Cobertura Extensiva	Lisboa	[1]	-25,7	-23,0	-24,4			7,4	53,0	53,3	53,2			47,8
	Sevilha	[2]	6,9	7,4	7,2				12,3	14,1	13,2			
	Barcelona	[3]	-5,0	30,0	12,5	10,0	54,0	32,0	2,0	8,0	5,0	5,0	12,0	8,5
	Palermo	[3]	-6,0	6,0	0,0	4,0	19,0	11,5	0,0	15,0	7,5	2,0	16,0	9,0
		[4]	0,0	4,0	2,0	22,0	45,0	33,5	8,0	13,0	10,5	45,0	46,0	45,5
	Atenas	[5]	6,0	33,0	19,5	15,0	49,0	32,0						
		[6]	52,7	96,0	74,4				-0,3	-7,8	-4,1			
	Média total		4	22	13	13	42	23	13	16	14	17	25	28
Cob. Semi.	Lisboa	[1]	30,6	41,3	36,0				27,3	30,0	28,7			
	Roma	[2]	4,5	5,4	5,0			66,9	11,1	12,7	11,9			42,1
	Média total		18	23	20			67			20			42
Cob. Intensiva	Lisboa	[1]	50,0	62,0	56,0			84,2	21,2	29,2	25,2			48,4
	Sevilha	[2]			11,0						-2,8			
	Roma	[2]			8,1						4,8			
	Média total		50	62	25			84	21	29	9			48

[1] (Silva, Gomes, Silva,2013); [2] (Ascione, Bianco, De' Rossi, et al, 2013); [3] (Zinzi, Agnoli, 2012); [4] (Niachou, Papakonstantinou, Santamouris, et al., 2001); [5] (Santamouris, 2014); [6] (Jaffal, Ouldboukhitine, Belarbi, 2012).

Tabela 2 – Redução do consumo energético (%) resultante da aplicação de uma cobertura ajardinada, em comparação com uma cobertura plana refletora (clara)

			Verão						Inverno					
			Com isolamento			Sem isolamento			Com isolamento			Sem isolamento		
		Ref.	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média
Cobertura Extensiva	Lisboa	[1]	-218,3	-141,6	-180			-315	-71,7	72,6	0,45			71,1
	Sevilha	[2]	-6,5	-5,9	-6,2				-45,2	46,3	0,55			
	Barcelona	[3]	-193	-84	-138,5	-500	-227	-363,5	20	22	21	24	28	26
	Palermo	[3]	-128	-90	-109	-283	-190	-236,5	29	36	32,5	30	39	34,5
	Média total		-136	-80	-108	-392	-209	-305	-17	44	14	27	34	44
Cob. Semi.	Lisboa	[1]	-48,6	-36,3	-42,45			-48,1	57,5	57,6	57,55			67,9
	Roma	[2]	-9	-8	-8,5				31	32,2	31,6			
	Média total		-29	-22	-25			-48			45			68
Cob. Intensiva	Lisboa	[1]	1,8	3,7	2,75			29,30	54	57,1	55,55			71,4
	Sevilha	[2]			-1,9						35,7			
	Roma	[2]			-4,9						26			
	Média total		2	4	-1			29	54	57	39			71

[1] (Silva, Gomes, Silva,2013); [2] (Ascione, Bianco, De' Rossi, et al, 2013); [3] (Zinzi, Agnoli, 2012).

2.2. Eficiência de painéis fotovoltaicos

A aplicação de painéis fotovoltaicos (PV) tem sido cada vez mais frequente em edifícios novos e na reabilitação de edifícios existentes, especialmente em países com elevada radiação solar. Habitualmente, os sistemas fotovoltaicos são instalados em coberturas planas existentes com uma boa exposição solar. As temperaturas elevadas da cobertura tendem a diminuir a eficiência elétrica dos PV (Hui, Chan, 2011). No entanto, a cobertura ajardinada proporciona um arrefecimento evaporativo superficial da cobertura permitindo aumentar a eficiência dos PV. Um estudo realizado em Lleida (Espanha) demonstra que a combinação de painéis fotovoltaicos com coberturas ajardinadas permite melhorar a sua eficiência elétrica, em média entre 1,29% e 3,33%, especialmente no Verão (Chemisana, Lamnatou, 2014). Um estudo realizado num edifício pré-existente em Hong Kong demonstrou que a combinação de uma cobertura ajardinada com PV permite reduzir a temperatura superficial da cobertura entre 5 ^{o}C a 11 ^{o}C e que a eficiência elétrica dos PV pode aumentar até 8,3% (Hui, Chan, 2011).

Um estudo desenvolvido por Moren e Korjenic demonstra também que as fachadas verdes permitem igualmente reduzir a temperatura superficial dos painéis fotovoltaicos. Neste caso verifica-se que os painéis fotovoltaicos, quando afastados da superfície vertical, permitem o crescimento das plantas trepadeiras na parede, protegendo-a de temperaturas elevadas no Verão e do vento frio e chuva, no Inverno. Simultaneamente, este espaçamento entre a vegetação e os PV (green buffer) permite reduzir a temperatura superficial dos painéis fotovoltaicos entre 1 ^{o}C e 4 ^{o}C (Moren, Korjenic, 2017).

2.3. Transmissão sonora

Diversos edifícios existentes, como é o caso dos aeroportos de Amsterdão, Frankfurt e Schipol aplicaram coberturas ajardinadas como uma forma de contribuir para a atenuação da transmissão sonora. Estudos recentes demonstram que a adição de coberturas ajardinadas em edifícios existentes pode atenuar a transmissão sonora entre 5 dB e 20 dB, dependendo das frequências (Connelly, Hodgson, 2013).

Alguns autores analisaram também a capacidade de absorção sonora de fachadas ajardinadas comparando-as com outros materiais de revestimento, demonstrando que uma parede viva pode reduzir a transmissão sonora cerca de 2 dB e uma fachada verde cerca de 3 dB (Pérez, Coma, Barreneche *et al.*, 2016).

2.4. Tratamento de águas residuais

Para uma reabilitação sustentável do edificado é também importante integrar medidas de redução do consumo de água potável. Cada vez mais estão a ser estudadas alternativas para a recuperação e tratamento de água nos edifícios, nomeadamente a reutilização de águas cinzentas, tendo especial relevância em países com escassez de água potável. As águas cinzentas podem ser provenientes de diversas fontes, tais como lavatórios e duches (low-load), excluindo sanitários ou de lava-loiças, máquinas de lavar loiça ou máquinas de lavar a roupa (high-load) (Boyjoo, Pareek, Ang, 2013), existindo uma grande variabilidade na concentração de nutrientes, partículas, micróbios e poluentes orgânicos e inorgânicos (Pradhan, Al-Ghamdi, Mackey, 2018).

Existem alguns estudos sobre o potencial das coberturas (Chowdhury, Abaya, 2018) e fachadas ajardinadas (Fowdar, Hatt, Breen *et al.*, 2017; Masi, Bresciani, Rizzo *et al.*, 2016; Masi, Rizzo, Bresciani, 2015; Prodanovic, Hatt, McCarthy *et al.*, 2017) como soluções de tratamento natural de águas cinzentas, cujo processo consiste em aproveitar as raízes das plantas e a porosidade do meio de crescimento para remover alguns dos contaminantes contidos na água, à semelhança de outros sistemas de tratamento centralizados (Prodanovic, Hatt, McCarthy *et al.*, 2017). Estas soluções ajardinadas têm vindo a ser comparadas com soluções convencionais de tratamento de águas pluviais (Pradhan, Al-Ghamdi, Mackey, 2018). Os resultados demonstram que as paredes vivas podem remover 80% a 90% dos sólidos totais em suspensão (TSS), 90% da carência bioquímica de oxigénio (BOD), 30% a 50% do nitrogénio total (TN), 15% to 30% do fósforo total (TP), 30% a 70% da carência química de oxigénio

(COD) e 20% a 80% da concentração de bactérias coliformes Escherichia coli (E. coli) (Fowdar, Hatt, Breen *et al.*, 2017; Prodanovic, Hatt, McCarthy *et al.*, 2017).

As coberturas ajardinadas permitem também contribuir para a retenção e atraso no escoamento de águas pluviais, diminuindo o risco de sobrecarga do sistema de drenagem e reduzindo assim o risco de inundações especialmente em períodos de chuvas intensas e de curta duração. Estudos realizados no clima mediterrâneo (Csa) identificaram que as coberturas extensivas possuem uma capacidade de retenção de águas pluviais variável que pode alcançar os 100% (Brandão, Cameira, Valente *et al.*, 2017). Contudo, a capacidade de retenção de águas pluviais depende do tipo de sistema de cobertura verde, nomeadamente das características e espessura do substrato (Monterusso, Rowe, Rugh *et al.*, 2002), do tipo de vegetação (Brandão, Cameira, Valente *et al.*, 2017) e também do volume e periodicidade da chuva (Brandão, Cameira, Valente *et al.*, 2017). Quanto ao atraso de escoamento pluvial, estudos realizados no clima mediterrâneo (Csa) indicam que as coberturas verdes extensivas podem reduzir o volume do pico de escoamento entre 13 e 95% (Brandão, Cameira, Valente *et al.*, 2017; Palermo, Turco, Principato *et al*.,2019).

Para além disso, as coberturas ajardinadas possuem a capacidade de reter poeiras, poluentes (92% Cb, 97% Cu, 99% Pb e 96% Zn) e nutrientes (80% NO_3; 68% PO_4) (Steusloff, 1998). A sua capacidade de retenção varia sazonalmente (Steusloff, 1998) e a longo-prazo (Köhler, Schmidt, Grimme *et al.*, 2002). Isto evita que estes sejam enviados para o sistema de drenagem (Hashemi, Mahmud, Ashraf, 2015; Köhler, Schmidt, Grimme *et al.*, 2002; Steusloff, 1998). Contudo, nem sempre a qualidade da água pluvial é garantida pelas coberturas verdes (Bliss, Neufeld, Ries, 2009), dependendo do tipo de substrato utilizado (Zhang, Miao, Wang *et al.*, 2015).

2.5. Longevidade dos sistemas

Na reabilitação de edifícios procura-se aplicar soluções duráveis e resistentes que prolonguem o tempo de vida útil do edificado. Estudos recentes referem que as soluções atuais de coberturas ajardinadas possuem uma longevidade média de 40 anos a 50 anos (Bianchini, Hewage, 2012; Kosareo, Ries, 2007; Saiz, Kennedy, Bass *et al.*, 2006; Wong, Tay, Wong *et al.*, 2003), podendo prolongar o tempo de vida útil da membrana de impermeabilização da cobertura.

No que se refere às fachadas ajardinadas ainda há pouca informação sobre a sua longevidade visto que a maioria dos sistemas de paredes vivas são relativamente recentes. No estudo realizado por Perini e Rosasco é referido que a estrutura das fachadas ajardinadas, quer sejam fachadas verdes ou paredes vivas, pode durar até 50 anos (Perini, Rosasco, 2013). No entanto há que ter em consideração as necessidades de manutenção do sistema selecionado, atendendo às suas necessidades de rega, poda e eventual necessidade de substituição de vegetação e da tubagem de irrigação.

2.6. Valor do imóvel

A integração de coberturas e fachadas ajardinadas em edifícios, quer sejam novos ou existentes, proporciona uma valorização estética da envolvente edificada, podendo contribuir como uma amenidade para o edificado, podendo garantir a fruição do espaço exterior. A valorização introduzida por estes sistemas pode não só ter um cariz estético, mas também económico. Vários estudos referem que nos centros urbanos a proximidade de um imóvel a um espaço verde (incluindo coberturas ou fachadas ajardinadas) pode valorizar o imóvel. Um estudo comparou os resultados obtidos por diversos autores quanto à valorização económica de imóveis com base na integração de coberturas e fachadas ajardinadas em edifícios. Nesse contexto, verificaram que estes sistemas ajardinados permitem valorizar os imóveis entre 1,4% e 20%, sendo que os resultados variam em função do tipo de solução aplicada e da localização do imóvel (Veisten, Smyrnova, Klæboe *et al.*, 2012). Outro estudo apurou que a integração de uma cobertura ajardinada num edifício habitacional em Nova Ioque pode refletir-se num

aumento de 16,2% do valor de arrendamento dos apartamentos desse edifício (Ichihara, Cohen, 2011). No contexto das fachadas, um estudo determinou que a integração de uma fachada ajardinada num edifício em Génova (Itália) pode aumentar o valor de um imóvel entre 2% a 5% (Perini, Rosasco, 2013), dependendo da sua localização na cidade (periférica ou central).

2.7. Risco de incêndio

Quer na construção nova quer na reabilitação de edifícios é também importante garantir que os materiais aplicados garantem um desempenho adequado do ponto de vista de segurança contra o risco de incêndios. Estudos indicam que as coberturas e fachadas verdes podem diminuir o risco de incêndio em edifícios, desde que se mantenham com uma humidade constante, a qual é necessária para que se garanta a sobrevivência das plantas. Pese embora haja um risco elevado em situações que não contenham irrigação. Assim sendo, foram criadas algumas orientações em determinados países como a Alemanha, Estados Unidos da América e Inglaterra para classificar os elementos que constituem as coberturas ajardinadas (DCLG, 2013; Standard, 2017), indicando algumas medidas de manutenção (Standard, 2017; Sydney, 2019) e conceção (Breuning, 2008) para evitar a propagação do fogo.

3. CONCLUSÕES

Este trabalho visa apresentar uma visão geral sobre os resultados obtidos por diversos estudos no que se refere a cada um dos benefícios das coberturas e fachadas ajardinadas para o edificado.

Os resultados demonstram que no clima mediterrâneo as coberturas ajardinadas são especialmente eficientes em coberturas sem isolamento térmico, adequado-se assim a sua aplicação à reabilitação de edifícios. Quando comparadas com outras coberturas planas escuras, estas permitem contribuir para a redução de consumo energético dos edifícios entre 23% (coberturas extensivas) e 84% (coberturas intensivas) no Verão e 28% (coberturas extensivas) a 48% no Inverno (coberturas intensivas).

A aplicação de paineis fotovoltáicos torna-se também cada vez mais frequente quer na reabilitação quer na construção de edifícios novos. Diversos estudos demonstram que a combinação deste sistema com uma cobertura ajardinada permite reduzir a temperatura superficial da cobertura e melhorar a eficiência eléctrica dos painéis fotovoltáicos especialmente no período com maior radiação solar incidente. A redução da temperatura dos painéis fotovoltáicos é também verificada por (Moren, Korjenic, 2017) na combinação destes com uma fachada verde.

Os revestimentos ajardinados têm sido também utilizados como uma estratégia de melhoria das condições acústicas da envolvente edificada, podendo contribuir para a atenuação da transmissão sonora entre 5 dB e 20 dB (Connelly, Hodgson, 2013), no caso das coberturas ajardinadas, e 2dB a 3dB, no caso das fachadas ajardinadas (Pérez, Coma, Barreneche *et al.*, 2016).

Estudos recentes referem o potencial de utilização de revestimentos ajardinadas para o tratamento de águas cinzentas e para a retenção e atraso no escoamento de águas pluviais, permitindo reter poeiras e poluentes.

Os revestimentos ajardinados podem ser igualmente importantes no seu contributo para a diminuição do risco de incêndio e para a proteção da envolvente edificada, podendo prolongar o seu tempo de vida útil. Por outro lado, estes sistemas contribuem para a valorização estética e económica do edificado, especialmente em centros urbanos onde os espaços verdes são escassos.

No contexto desta análise verificou-se que estudos identificados se focam principalmente na análise dos benefícios das coberturas ajardinadas, especialmente dos sistemas extensivos, os quais têm tido maior aplicabilidade nos edifícios atuais, existindo ainda poucos estudos sobre os benefícios das fachadas ajardinadas

para o edificado, atendendo a que algumas soluções de paredes vivas são ainda recentes.

Na generalidade verifica-se que os benefícios dos revestimentos ajardinados para o edificado são significativos o que pode ser utilizado pelos municípios como uma estratégia de incentivo à aplicação destes sistemas no contexto de reabilitação urbana.

REFERÊNCIAS

ASCIONE, Fabrizio; BIANCO, Nicola; DE' ROSSI, Filippo; TURNI, Gianluca; VANOLI, G. Peter, 2013 – **Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning?** Applied Energy, 104, 845-859. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.068.

BERARDI, U., GHAFFARIANHOSEINI, A., GHAFFARIANHOSEINI, A., 2014 – **State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs.** Applied Energy, 115, 411-428. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.047.

BESIR, Ahmet B.; CUCE, Erdem, 2018 – **Green roofs and facades: a comprehensive review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 82, 915-939. 10.1016/j.rser.2017.09.106.

BIANCHINI, Fabricio; HEWAGE, Kasun, 2012 – **Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: a lifecycle approach**. *Building and Environment*. 58, 152-162. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.07.005.

BLISS, Daniel J.; NEUFELD, Ronald D.; RIES, Robert J., 2009 – **Storm water runoff mitigation using a green roof**. *Environmental Engineering Science*. 26(2), 407-418. https://doi.org/10.1089/ees.2007.0186

BOYJOO, Yash; PAREEK, Vishnu; ANG, H. Ming, 2013 – **A review of greywater characteristics and treatment processes**. *Water Science and Technology*. 67(7), 1403-1424. doi:10.2166/wst.2013.675.

BRANDÃO, Carolina; CAMEIRA, M. do Rosário; VALENTE, Fernanda; CRUZ DE CARVALHO, Ricardo; PAÇO, Teresa A., 2017 – **Wet season hydrological performance of green roofs using native species under mediterranean climate**. *Ecological Engineering*. 102, 596-611. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.02.025.

BREUNING, Jörg; G. R. S. L.-G. R. T., 2008 – **Fire & wind on extensive green roofs**. Sixth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities. Baltimore, USA.

CHEMISANA, Daniel; LAMNATOU, Chr, 2014 – **Photovoltaic-green roofs: an experimental evaluation of system performance**. *Applied Energy*. 119, 246-256. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.12.027

CHOWDHURY, Rezaul K.; ABAYA, J. Sulaiman, 2018 – **An experimental study of greywater irrigated green roof systems in an arid climate**. *Journal of Water Management Modeling*. 26(C437), 1-10. 10.14796/JWMM.C437.

COMA, Julià; PÉREZ, Gabriel; DE GRACIA, Alvaro; BURÉS, Silvia; URRESTARAZU, Miguel; CABEZA, Luisa F., 2017 – **Vertical greenery systems for energy savings in buildings: a comparative study between green walls and green facades**. *Building and Environment*. 111, 228-237. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.014.

CONNELLY, Maureen; HODGSON, Murray, 2013 – **Experimental investigation of the sound transmission of vegetated roofs**. *Applied Acoustics*. 74(10), 1136-1143. https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2013.04.003.

DCLG, 2013 – **Fire performance of green roofs and walls**. London: Department for Communities and Local Government. ISBN: 978-1-4098-3997-2.

FOWDAR, Harsha S.; HATT, Belinda E.; BREEN, Peter; COOK, Perran L. M.; DELETIC, Ana, 2017 – **Designing living walls for greywater treatment**. *Water research*. 110, 218-232. https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.12.018.

HASHEMI, S. S. Ghazizadeh; MAHMUD, H. Bin; ASHRAF, M. Aqeel, 2015 – **Performance of green roofs with respect to water quality and reduction of energy consumption in tropics: a review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 52, 669-679. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.163.

HUI, Sam C.; CHAN, S. C., 2011 – **Integration of green roof and solar photovoltaic systems**. Proceedings of Joint symposium 2011: Integrated Building Design in the New Era of Sustainability. Hong Kong.

ICHIHARA, Kiku; COHEN, Jeffrey P., 2011 – **New York City property values: what is the impact of green roofs on rental pricing? Letters in spatial and resource sciences**. 4(1), 21-30. https://doi.org/10.1007/s12076-010-0046-4.

JAFFAL, Issa; OULDBOUKHITINE, Salah-Eddine; BELARBI, Rafik, 2012 – **A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance**. *Renewable Energy*. 43, 157-164. https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.12.004.

KÖHLER, Manfred; SCHMIDT, Marco; GRIMME, F. Wilhelm; LAAR, Michael; PAIVA, V. L. de Assunção; TAVARES, Sergio, 2002 – **Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics – far beyond the aesthetics**. *Environmental management and health*. 13(4), 382-391. http://dx.doi.org/10.1108/09566160210439297.

KOSAREO, Lisa; RIES, Robert, 2007 – **Comparative environmental life cycle assessment of green roofs**. *Building and Environment*. 42(7), 2606-2613. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.06.019.

LIU, KY; BASKARAN, BA. 2003 – **NRCC-46412: thermal performance of green roofs through field evaluation**. Ottawa, Ontario: National Research Council Canada (pp. 1-10).

MANSO, Maria; CASTRO-GOMES, João, 2015 – **Green wall systems: a review of their characteristics**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 41, 863-871. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203.

MASI, Fabio; BRESCIANI, Riccardo; RIZZO, Anacleto; EDATHOOT, Ajith; PATWARDHAN, Neha; PANSE, D.; LANGERGRABER, G., 2016 – **Green walls for greywater treatment and recycling in dense urban areas: a case-study in Pune**. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development***.** 6(2), 342-347. https://doi.org/10.2166/washdev.2016.019.

MASI, Fabio; RIZZO, Anacleto; BRESCIANI, Riccardo, 2015 – **Green architecture and water reuse: examples from different countries**. *Sustainable Sanitation Practice*. 23, 4-10.

MAZZALI, Ugo; PERON, Fabio; SCARPA, Massimiliano, 2012 – **Thermo-physical performances of living walls via field measurements and numerical analysis**. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 165, 251-259. 10.2495/ARC120231.

MONTERUSSO, M. A.; ROWE, D. Bradley; RUGH, Clayton L.; RUSSELL, D. K., 2002 – **Runoff water quantity and quality from green roof systems**. *XXVI International Horticultural Congress: Expanding Roles for Horticulture in Improving Human Well-Being and Life Quality*. 639, 369-376.

MOREN, M. S. Penaranda; KORJENIC, Azra, 2017 – **Green buffer space influences on the temperature of photovoltaic modules: multifunctional system: building greening and photovoltaic**. *Energy and Buildings.* 146, 364-382. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.051.

NIACHOU, A.; PAPAKONSTANTINOU, Konstantia; SANTAMOURIS, Mat; TSANGRASSOULIS, A.; MIHALAKAKOU, G., 2001 – Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings*. 33(7), 719-729. https://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00062-7.

PAÇO, Teresa A.; CARVALHO, Ricardo Cruz de; ARSÉNIO, Pedro; MARTINS, Diana, 2019 – **Green roof design techniques to improve water use under mediterranean conditions**. *Urban Science*. 3, 14. doi:10.3390/urbansci3010014.

PALERMO, S. A.; TURCO, Michele; PRINCIPATO, Francesca; PIRO, Patrizia, 2019 – **Hydrological effectiveness of an extensive green roof in mediterranean climate**. *Water*. 11, 1378. doi:10.3390/w11071378.

PÉREZ, Gabriel; COMA, Julià; BARRENECHE, Camila *et al*., 2016 – **Acoustic insulation capacity of vertical greenery systems for buildings**. *Applied Acoustics*. 110, 218-226. https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.03.040.

PÉREZ, Gabriel; COMA, Julià; SOL, Salvador; CABEZA, Luisa F., 2017 – **Green facade for energy savings in buildings: the influence of leaf area index and facade orientation on the shadow effect**. *Applied Energy*. 187, 424-437. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.055.

PERINI, Katia; ROSASCO, Paolo, 2013 – **Cost–benefit analysis for green façades and living wall systems**. *Building and Environment*. 70, 110-121. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.08.012.

PRADHAN, Snigdhendubala; AL-GHAMDI, Sami G.; MACKEY, Hamish R., 2018 – **Greywater recycling in buildings using living walls and green roofs: a review of the applicability and challenges**. **Science of the total environment**. 652, 330-344. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.226.

PRODANOVIC, Veljko; HATT, Belinda; MCCARTHY, David; ZHANG, Kefeng; DELETIC, Ana, 2017 – **Green walls for greywater reuse: understanding the role of media on pollutant removal**. *Ecological Engineering*. 102, 625-635. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.02.045.

REGULAMENTO n.º 712/2019 – **Regulamento municipal de concessão de incentivos ao investimento**, Município do Barreiro. DIÁRIO DA REPÚBLICA n.º 173/2019, Série II, Parte H, 10 de setembro 2019. 159-166.

SAADATIAN, Omidreza; SOPIAN, K.; SALLEH, E. *et al*., 2013 – **A review of energy aspects of green roofs**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 23, 155-168. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.022.

SAIZ, Susana; KENNEDY, Christopher; BASS, Brad; PRESSNAIL, Kim, 2006 – **Comparative life cycle assessment of standard and green roofs**. *Environmental Science & Technology.* 40(13), 4312-4316. doi:10.1021/es0517522.

SANTAMOURIS, M., 2014 – **Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments**. *Solar Energy*. 103, 682-703. https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003.

SILVA, C. Matos; FLORES-COLEN, Inês; ANTUNES, Maria, 2017 – **Step-by-step approach to ranking green roof retrofit potential in urban areas: A case study of Lisbon, Portugal**. *Urban Forestry & Urban Greening*. 25, 120-129. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.04.018.

SILVA, C. Matos; GOMES, M. Glória; SILVA, Marcelo, 2016 – **Green roofs energy performance in Mediterranean climate**. *Energy and Buildings*. 116, 318-325. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.01.012.

STANDARD, A. A. A. N., 2017 – **ANSI/SPRI VF-1. External fire design standard for vegetative roofs**. United States of America: SPRI.

STEUSLOFF, Sabine, 1998 – **Input and output of airborne aggressive substances on green roofs in Karlsruhe**. *Urban ecology* (pp. 144-148): Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-88583-9_24.

SYDNEY, City of, 2019 – **Green roof design resource manual sydney city council green roof resource Manual**. Sydney, Australia: City of Sydney.

TEOTÓNIO, Inês; SILVA, Cristina M.; CRUZ, Carlos O., 2018 – **Eco-solutions for urban environments regeneration: The economic value of green roofs**. *Journal of Cleaner Production*. 199, 121-135. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.084.

UNITED NATIONS, 2015 – **Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development.** A/RES/70/1, sustainabledevelopment.un.org.

VEISTEN, Knut; SMYRNOVA, Yuliya; KLÆBOE, Ronny; HORNIKX, Maarten; MOSSLEMI, Marjan; KANG, Jian, 2012 – **Valuation of green walls and green roofs as soundscape measures: including monetised amenity values together with noise-attenuation values in a cost-benefit analysis of a green wall affecting courtyards**. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 9(11), 3770-3788. 10.3390/ijerph9113770.

VIRTUDES, Ana; MANSO, Maria, 2016 – **Applications of green walls in urban design.** World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2016), IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 44 (2016) 032016. doi:10.1088/1755-1315/44/3/032016.

WONG, N. Hien; TAY, S. Fen; WONG, Raymond; ONG, C. Leng; SIA, Angelia, 2003 – **Life cycle cost analysis of rooftop gardens in Singapore**. *Building and Environment*. 38(3), 499-509. https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00131-2

WONG, N; TAN, A; TAN, P; CHIANG, K; WONG, N., 2010 – **Acoustic evaluation of vertical greenery systems for building walls.** *Building and Environment*. 45, 411-20. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.06.017.

ZHANG, Qianqian; MIAO, Liping; WANG, Xiaoke; LIU, Dandan; ZHU, Liang; ZHOU, Bing; SUN, Jichao; LIU, Jingtao, 2015 – **The capacity of greening roof to reduce stormwater runoff and pollution**. *Landscape and Urban Planning*. 144, 142-150. http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.08.017.

ZINZI, M.; AGNOLI, S., 2012 – **Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region**. *Energy and Buildings*. 55, 66-76. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.024.



ENCORE 2020

4º encontro de conservação
e reabilitação de edifícios

Inovação e Novas Tecnologias Aplicadas à Conservação e à Reabilitação



Nesta secção os trabalhos contemplam uma discussão sobre questões relacionadas com as tecnologias com carácter inovador (BIM, laserscanning, deteção remota, fotogrametria, termografia, tomografia, entre outras) em intervenções de conservação e de reabilitação do património.

ANÁLISE DO DESEMPENHO À ÁGUA DE DIFERENTES SOLUÇÕES DE ETICS E INFLUÊNCIA NA CONDUTIBILIDADE TÉRMICA

WATER PERFORMANCE ASSESSMENT OF ETICS AND INFLUENCE ON THERMAL CONDUCTIVITY

João Luís Parracha [(1)], Giovanni Borsoi [(2)], Paulina Faria [(3)], Maria da Glória Gomes [(4)], Inês Flores-Colen [(5)], Maria do Rosário Veiga [(6)]

(1) CERIS e LNEC, Portugal, jparracha@lnec.pt
(2) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, giovanni.borsoi@tecnico.ulisboa.pt
(3) CERIS e Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal, paulina.faria@fct.unl.pt
(4) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, maria.gloria.gomes@tecnico.ulisboa.pt
(5) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, ines.flores.colen@tecnico.ulisboa.pt
(6) LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt

RESUMO

Os sistemas de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS são uma solução cada vez mais frequente na reabilitação de fachadas de edifícios em Portugal, devido não só a imposições legais, cada vez mais exigentes no que diz respeito à eficiência energética dos edifícios, mas também pelas vantagens que apresentam face a outras soluções. Ainda assim, estes sistemas compósitos possuem algumas desvantagens que continuam a condicionar o seu bom funcionamento e um estudo mais abrangente e focado na durabilidade ao longo do tempo do ETICS continua a ser necessário, devendo procurar minimizar-se anomalias na superfície e otimizar os sistemas de revestimento, evitando que o desempenho térmico da camada isolante seja afetado. Neste artigo, apresentam-se os primeiros resultados de um estudo de análise do desempenho à água de 12 soluções diferentes de ETICS, através de absorção capilar e secagem, procurando avaliar-se a capacidade de proteção à água dos acabamentos das diferentes soluções e o possível impacto de deficiências de impermeabilização na condutibilidade térmica do isolante. Todas as soluções cumprem o requisito do ETAG 004 que refere uma absorção capilar após 1 h de ensaio inferior a 1 kg/m^2. Os resultados de secagem estão em concordância com os obtidos para a absorção de água por capilaridade: soluções que absorvem maior quantidade de água e mais rapidamente, também acabam por secar mais rapidamente. Ainda assim, a condutibilidade térmica dos isolantes (λ) é afetada pelo seu teor de água (Ψ), registando-se um aumento de λ com o aumento de Ψ. No entanto, este aumento não é significativo para a maioria dos isolantes, com exceção da lã mineral, onde λ aumenta muito rapidamente com o aumento de Ψ.

Palavras-chave: Isolamento Térmico pelo Exterior / Absorção Capilar / Teor de Água / Secagem / Condutibilidade Térmica

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento sobre isolante, do tipo ETICS, são uma solução cada vez mais frequente na reabilitação de fachadas de edifícios em Portugal, não só por contribuírem fortemente para a eficiência energética dos edifícios, mas também pelas vantagens que apresentam face a outras soluções (Luján *et al.,* 2019). São constituídos, em sequência, por: uma camada de isolamento térmico IT, que é fixada à parede de fachada regularizada; uma camada de base; uma camada de acabamento. Geralmente, entre demãos da camada de base, insere-se uma rede de fibra de vidro. A camada de base é geralmente constituída por um ligante hidráulico, com uma resina e um agregado fino, enquanto que a camada de acabamento é frequentemente aplicada por pintura a rolo. Algumas das vantagens destes sistemas são o facto de isolarem termicamente também a estrutura do edifício, corrigirem pontes térmicas, protegerem as paredes da envolvente e elementos estruturais e poderem ser aplicados sem interromper o uso dos edifícios. No entanto, apresentam também algumas desvantagens, que têm vindo a ser parcialmente colmatadas nos últimos anos como consequência da otimização deste tipo de sistemas compósitos. São os casos do desenvolvimento de condensações internas, aderência entre os diferentes componentes do sistema, resistência ao choque, alteração da cor e suscetibilidade à colonização biológica (Barreira e de Freitas, 2013). Ainda assim, algumas destas desvantagens continuam a condicionar o bom funcionamento dos ETICS e um estudo mais abrangente e focado na durabilidade ao longo do tempo do sistema continua a ser necessário, devendo procurar minimizar-se anomalias na superfície e otimizar os sistemas de revestimento, evitando que o desempenho térmico da camada isolante seja afetado.

De facto, a análise do desempenho à água de diferentes soluções de ETICS é de extrema importância. Estudos anteriores (p. ex. Barreira e de Freitas, 2013) indicam que um processo de secagem mais lento das camadas superficiais leva a que o teor de água à superfície permaneça alto durante longos períodos de tempo, o que conduz a um aumento do risco de colonização biológica. Outros estudos (Jerman e Cerný, 2012; Gomes *et al.,* 2017) concluíram que a condutibilidade térmica é fortemente influenciada pelo teor de água, registando-se um aumento significativo da condutibilidade térmica para maiores níveis de teor de água . Nos ETICS, isto é especialmente importante no caso de haver deficiências de impermeabilização que potenciem que a água se infiltre até à camada isolante, afetando a sua capacidade de isolamento térmico, mas também no caso de os sistemas vierem a perder hidrofobicidade à medida que envelhecem. Neste contexto, importa perceber se o envelhecimento do sistema influencia ou não a resistência térmica do isolante, ou seja, se a água que acaba por se infiltrar através das camadas de acabamento afeta a capacidade térmica do isolante e, consequentemente, de todo o ETICS.

Assim, apresentam-se neste artigo os primeiros resultados de um estudo de análise do desempenho à água de 12 soluções diferentes de ETICS, através de absorção capilar e secagem, procurando avaliar-se a capacidade de proteção à água dos acabamentos das diferentes soluções e o possível impacto de deficiências de impermeabilização na condutibilidade térmica do isolante.

2. CAMPANHA EXPERIMENTAL

2.1. Soluções de ETICS

Neste trabalho, analisaram-se doze soluções de ETICS, Sx, sendo x de 1 a 12, (Figura 1) de três fabricantes distintos (F1, F2, F3) e com três tipos de isolante térmico (EPS – poliestireno expandido, ICB – aglomerado de cortiça expandida e MW – lã mineral). Para além disso, a camada de base e de acabamento também diferem entre soluções de ETICS. No entanto, as soluções foram escolhidas para que se consiga estabelecer pontos de

contacto entre elas e para que se tenha, por exemplo, duas soluções em que só difira o tipo de isolante térmico utilizado, ou em que só difira a constituição da camada de acabamento. Todas as soluções estão homologadas pelo que é expetável um bom desempenho no que se refere às exigências do ETAG 00 4 (EOTA, 2013). No entanto, neste estudo procurou-se aprofundar a análise, de modo a avaliar outras propriedades e o comportamento dos ETICS a longo prazo.

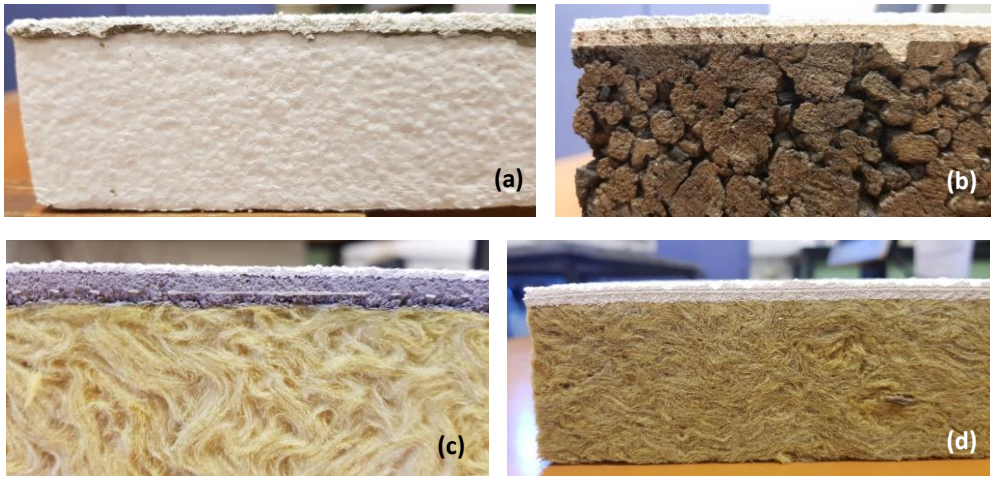


Figura 1 – Alguns dos ETICS utilizados no estudo: (a) S3, (b) S4, (c) S8 e (d) S12

Os provetes das diversas soluções foram realizados pelos respetivos fabricantes. A constituição de cada uma das camadas das diferentes soluções de ETICS estudadas encontra-se especificada no Quadro 1. Uma vez que a espessura média de cada solução ensaiada varia, o Quadro 1 apresenta, também, os dados de espessura (sistema completo e isolante) para cada um dos ETICS.

Quadro 1 – Identificação e constituição dos ETICS

Solução (S) / Fabricante (F)	Espessura S [mm]	Isolante Térmico (IT)	Espessura IT [mm]	Camada de Base (CB)*	Camada de Acabamento (CA)
S1 / F1	39,87	EPS	35,29	Cimento	Tinta acrílica 1
S2 / F1	40,57	EPS	35,29	Cimento	a) tinta acrílica 1; b) tinta acrílica 2
S3 / F1	40,27	EPS	35,29		Tinta acrílica 2
S4 / F2	65,85	ICB	59,73	Cal hidráulica natural, cimento	Cal aérea, ligante hidráulico
S5 / F2	63,61	ICB	59,73		Tinta acrílica 3
S6 / F2	65,45	EPS	59,99	Cimento	
S7 / F2	64,53	EPS	59,99		
S8 / F2	61,34	MW	56,34		
S9 / F3	43,91	ICB	37,91	Cal hidráulica natural, ligantes mistos	Tinta de silicato
S10 / F3	41,91	ICB	37,91		Tinta acrílica 4
S11 / F3	43,30	EPS	38,30	Cimento, cal hidráulica natural	
S12 / F3	44,80	MW	39,80		

*Com inclusão de rede de fibra de vidro normal ou reforçada

2.2. Métodos de ensaio

O ensaio de absorção de água por capilaridade foi realizado de acordo com o especificado no ETAG 00 4 (EOTA, 2013), utilizando-se provetes de dimensões aproximadas 150 mm × 150 mm × espessura

(Quadro 1 – mm). O ensaio foi realizado em ambiente condicionado, com uma temperatura (T) de 23 ± 2 ºC e uma humidade relativa (HR) de 65 ± 5%. Antes da realização do ensaio, todos os sistemas foram condicionados nas condições anteriormente referidas durante 7 dias e as faces laterais foram seladas com fita cola metálica impermeável para evitar qualquer contacto entre o isolante e a água.

O coeficiente de absorção de água por capilaridade (C_c) obteve-se através do declive da reta inicial no gráfico que expressa a quantidade de água absorvida em função da raiz quadrada do tempo. Para além deste valor, importa também aferir os resultados de absorção capilar (kg/m^2) a 1 h e a 24 h de ensaio.

O ensaio de secagem foi realizado de acordo com o especificado na norma EN 16322 (2013), em ambiente condicionado, com T = 23 ± 2 ºC e HR = 65 ± 5% até se obter uma variação de massa constante para todos os sistemas.

Com base nas curvas de secagem, expressas pela variação de massa em função do tempo de ensaio, é possível obter-se as taxas de secagem 1 e 2 (TS1 e TS2). A TS1 obtém-se através do declive inicial da curva de secagem correspondente à fase 1, representada pela desadsorção de água (kg/m^2) em função do tempo (min). A TS2 obtém-se através do declive da fase intermédia da curva de secagem correspondente à fase 2, representada pela desadsorção de água (kg/m^2) em função da raiz quadrada do tempo (min$^{1/2}$). Ambos os declives (TS1 e TS2) são obtidos com base numa regressão linear. É ainda possível determinar-se o índice de secagem (I_S), que traduz a resistência à secagem do material (Equação 1).

$$I_S = \frac{\int_{t_0}^{t_f} f\left(\frac{M_x - M_1}{M_1}\right) dt}{\left(\frac{M_3 - M_1}{M_1}\right) \times t_f} \quad (1)$$

Na equação anterior, M_x corresponde à massa do sistema registada durante o processo de secagem (g), M_1 corresponde à massa do sistema no estado seco (g), M_3 corresponde à massa do sistema no estado saturado (g) – esta massa corresponde à massa obtida para a medição às 24 h do quarto ciclo de capilaridade, t_f corresponde ao tempo final do ensaio de secagem (h).

O ensaio para a determinação da condutibilidade térmica do isolante de cada um dos ETICS foi realizado com recurso ao equipamento *ISOMET 2114 (2011)* (Figura 2a) que utiliza o método transiente, de acordo com a norma ASTM D5930-09 (2014). Para este ensaio, utilizou-se uma sonda de superfície que permite a análise da camada superficial com espessuras mínimas de alcance entre 2 e 4 cm e, por isso, dentro do intervalo de espessuras do isolante térmico das soluções caracterizadas (Quadro 1). O objetivo principal da realização deste ensaio é aferir-se o possível impacto que a eventual penetração de água através das camadas de revestimento possa ter na condutibilidade térmica do isolante. Para isso, procedeu-se à medição dos valores de condutibilidade térmica para cada uma das 12 soluções no estado seco (i.e. após estabilização em ambiente controlado), após um ciclo de 24 h de absorção de água por capilaridade e após 2 meses de envelhecimento natural, numa estação de envelhecimento localizada na cobertura do Núcleo de Revestimentos e Isolamentos do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (NRI-LNEC), em Lisboa (Figura 2b).

Procedeu-se, também, à medição dos valores de teor de água (Ψ) para cada um dos estados referidos anteriormente: estado seco, em que $\Psi = 0$; após 24 h de capilaridade; após 2 meses de envelhecimento natural. O valor de Ψ (%) foi calculado de acordo com a Equação 2, utilizando o método gravimétrico.

$$\Psi = \frac{M_X - M_1}{M_1} \times 100 \quad (2)$$

Na equação anterior, M_x corresponde à massa do sistema registada no estado x aquando da medição de Ψ (g) e M_1 corresponde à massa do sistema no estado seco (g).



Figura 2 – Ensaio para avaliação da condutibilidade térmica do isolante (a) e estação de envelhecimento natural na cobertura do NRI-LNEC (b)

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

3.1. Absorção de água por capilaridade

Na Figura 3 e no Quadro 2 apresentam-se os valores médios de absorção de água por capilaridade e os coeficientes de capilaridade. Pela análise da Figura 3 e do Quadro 2, verifica-se que os valores de absorção capilar após 1 h de ensaio para todas as soluções estudadas são inferiores a 1 kg/m^2, sendo este o valor exigido pelo ETAG 00 4 para a homologação dos sistemas. De facto, o maior nível de absorção capilar regista-se na primeira hora de ensaio assistindo-se, depois, a uma estabilização para a maioria das soluções. Considera-se, assim, que todos os ETICS apresentam um comportamento satisfatório caracterizado por uma absorção de água bastante baixa, como era expetável, dado serem sistemas homologados.

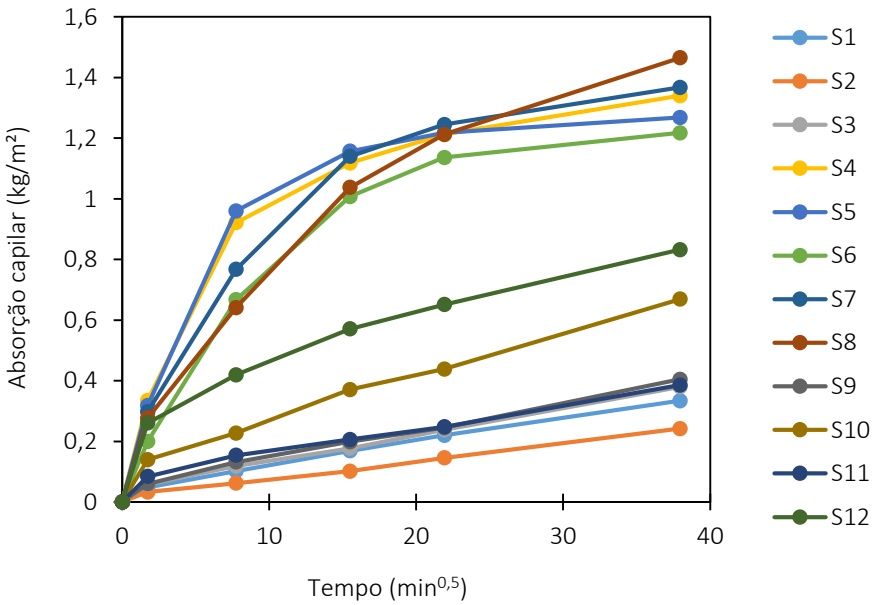


Figura 3 – Absorção de água por capilaridade

O maior valor de absorção de água por capilaridade a 1 h de ensaio acontece para S5 (0,959 kg/m^2), seguido de S4 (0,921 kg/m^2). Estas soluções estão também entre aquelas que obtiveram maiores coeficientes de capilaridade, a par de S7 e S8 (Quadro 2). De facto, S8 está entre as soluções que apresentam um maior valor de coeficiente de capilaridade (0,159 kg/m^2), o que faz com que esteja entre as que absorvem água mais rapidamente no início do ensaio. No entanto, e ao contrário do que acontece para S4 e S5, em que se assiste a

uma redução na taxa de absorção de água por capilaridade mas apenas a partir da 1 h de ensaio, S8 começa a diminuir a velocidade de absorção logo a partir dos 3 min de ensaio, o que se traduz numa menor quantidade de água absorvida por esta solução a 1 h de ensaio, contrariamente ao que acontece para S4 e S5. Se se continuar a observar o comportamento destas soluções ao longo de todo o ensaio, nota-se que a certa altura o padrão altera-se, ou seja, enquanto S4 e S5 começam a reduzir a taxa de absorção a partir da 1 h de ensaio, S8, que antes tinha evidenciado uma menor taxa de absorção dos 3 min a 1 h de ensaio, continua a absorver água e chega a atingir um valor de absorção capilar superior ao obtido para S4 ou S5 a 24 h de ensaio. Estas inversões de variação podem dever-se a diferentes comportamentos relativos das camadas de revestimento envolvidas.

Quadro 2 – Resultados de absorção de água por capilaridade

Sistema	Área [m²]	Absorção capilar [kg/m²]			C_c	TS1	TS2	I_S
		3 min	1h	24h	[kg/m²/min^{0,5}]	[kg/m²/min]	[kg/m²/min^{0,5}]	[-]
S1	0,022511	0,048	0,102	0,334	0,027	0,000053	0,0027711	1,05
S2	0,022301	0,033	0,062	0,242	0,019	0,000050	0,0025406	1,05
S3	0,022053	0,058	0,118	0,379	0,034	0,000113	0,0051086	1,02
S4	0,022263	0,335	0,921	1,339	0,193	0,000287	0,0154256	1,02
S5	0,022457	0,318	0,959	1,268	0,184	0,000252	0,0127771	1,01
S6	0,021873	0,199	0,667	1,217	0,115	0,000283	0,0141846	0,98
S7	0,022022	0,298	0,767	1,367	0,172	0,000403	0,0197220	0,94
S8	0,021752	0,277	0,641	1,465	0,159	0,000280	0,0146646	0,98
S9	0,021936	0,059	0,132	0,404	0,034	0,000110	0,0051607	1,03
S10	0,021872	0,139	0,227	0,669	0,081	0,000158	0,0079991	1,00
S11	0,022056	0,084	0,154	0,385	0,049	0,000086	0,0043290	1,00
S12	0,022554	0,261	0,419	0,832	0,151	0,000186	0,0109882	0,98

Notas: C_C – coeficiente de capilaridade; TS1 – taxa de secagem 1; TS2 – taxa de secagem 2; I_S – índice de secagem

Se se considerar os resultados a 24 h de ensaio, S8 obteve o maior valor de absorção capilar (1,465 kg/m^2), seguido de S7 (1,367 kg/m^2). No entanto, estas soluções não são as que apresentam os maiores valores de absorção de água por capilaridade no período inicial do ensaio, nem os maiores valores de absorção capilar a 1 h de ensaio, o que reforça a importância de se considerar não só a absorção capilar a 1 h de ensaio e o coeficiente de capilaridade, como também a absorção a 24 h de ensaio. S2, por sua vez, tem o menor valor de absorção de água por capilaridade a 1 h e a 24 h de ensaio, com valores de 0,062 kg/m^2 e 0,242 kg/m^2, respetivamente. Para esta solução, obteve-se, também, o menor valor de coeficiente de capilaridade (0,019 kg/m^2/min^{0,5}). Assim, pode concluir-se que esta solução do fabricante F1 foi a que obteve um melhor desempenho à água, considerando o ensaio de absorção de água por capilaridade, registando os menores valores de absorção durante todo o ensaio e também a mais lenta absorção de água no período inicial do ensaio. Este padrão de comportamento foi semelhante para as soluções S1 e S3.

Em relação aos valores de coeficiente de capilaridade (C_c), S4 foi a solução que apresentou um valor médio mais alto (0,193 kg/m^2/min^{0,5}), seguido de S5 (0,184 kg/m^2/min^{0,5}). As soluções fornecidas por F1 foram as que apresentaram os valores de C_c mais baixos, com S2 a obter o valor mais baixo de todas as soluções (0,019 kg/m^2/min^{0,5}). Se se considerarem as soluções S2 e S3, ambas do fabricante F1 e com igual composição até à camada de acabamento, em que S2 apresenta uma camada suplementar de tinta acrílica, conclui-se que esta camada acaba por ser importante na redução do coeficiente de capilaridade, traduzindo-se numa redução média de 44 %. No entanto, se se considerar as soluções S1 e S3, conclui-se haver uma redução na ordem dos 21 % do coeficiente de capilaridade de S3 para S1. Com este facto, pode concluir-se que não é a aplicação da

camada de acabamento a) (ver Quadro 1) em S2 que contribui para a redução do coeficiente de capilaridade, mas sim a aplicação integrada de duas camadas (identificadas como a) e b) no Quadro 1). Num estudo anterior (Sadauskiene *et al.,* 2009), concluiu-se que o coeficiente de capilaridade diminuiu cerca de 59 % quando se aumentou a espessura da camada de tinta acrílica aplicada, de 0,08 mm para 0,24 mm. Este facto traduz uma justificação adicional para os resultados obtidos no presente estudo.

Em relação às soluções do fabricante F2 (Quadro 1), estas são as que apresentam maiores valores de coeficiente de capilaridade no geral. S4 apresenta um valor médio de C_C cerca de 5 % superior a S5. Em relação a S6, S7 e S8, registou-se um aumento de C_C na ordem dos 50 % de S6 para S7, enquanto que um aumento de cerca de 38 % de C_C de S8 em relação a S6 indicia, pela primeira vez, uma possível influência da camada isolante no comportamento de absorção de água por capilaridade, uma vez que a composição da camada de base e de acabamento de S6 e S8 é a mesma (Quadro 1), diferindo somente o isolante térmico (EPS para S6 e MW para S8).

No que diz respeito às soluções de F3 (Quadro 1), a opção pela utilização de um acabamento acrílico ao invés da utilização de uma tinta de silicato contribuiu para um aumento de 138 % do valor médio de C_c para S10 em relação a S9. Por outro lado, a utilização de uma argamassa de cal hidráulica com agregados de cortiça na camada de base de S10 levou a um aumento de 65 % no valor de C_c em relação a S11 em que a opção recaiu pela utilização de uma argamassa de cimento na camada de base. A relação entre os comportamentos de S11 e S12 reforça a conclusão sobre a influência do isolante MW numa maior absorção de água.

3.2. Secagem

No Quadro 2 apresentam-se as taxas de secagem (TS1 e TS2) e o índice de secagem (I_S) para os sistemas caracterizados. A Figura 4 representa as curvas de secagem para todos os sistemas.

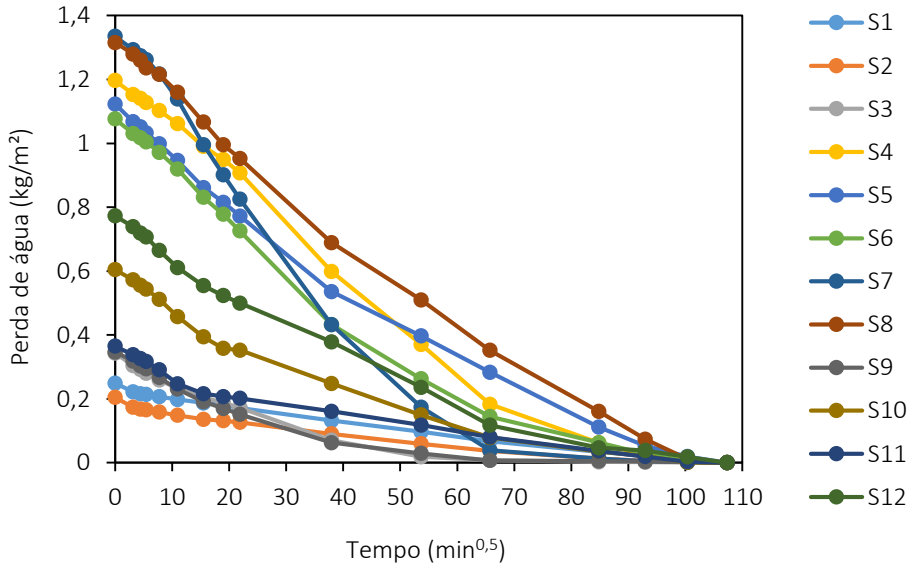


Figura 4 – Perda de água por secagem

Tal como se pode inferir através da análise do Quadro 2, S7 apresenta o maior valor médio de TS1 (0,000403 kg/m^2/min^{0,5}) e também o maior valor médio de TS2, com 0,019722 kg/m^2/min^{0,5}, o que indica que, de todas as soluções caracterizadas, esta é a que apresenta o maior transporte de água líquida até à superfície da amostra (TS1) mas também a maior difusão de vapor de água (TS2), em menor período de tempo. As soluções S4, S5, S6 e S8 apresentam, por sua vez, taxas de secagem bastante idênticas, quer considerando TS1 ou TS2. Neste caso, a maior redução na velocidade inicial de secagem (TS1) é de 12 % quando se comparam os valores

médios obtidos para S4 e S5. O mesmo verifica-se em relação à taxa de secagem (TS2) mas desta vez com uma redução na ordem dos 17%.

As soluções S1, S2, S3 e S11 são as que apresentam valores de TS1 e TS2 mais baixos, com S2 a apresentar o menor valor médio de TS1 e TS2 em relação a todas as soluções estudadas, com 0,000050 kg/m^2/min^{0,5} e 0,0025406 kg/m^2/min^{0,5}, respetivamente. De resto, estas soluções também apresentaram os menores coeficientes de capilaridade para o estudo de absorção de água por capilaridade (vide Quadro 2).

Em relação aos valores do índice de secagem, obtiveram-se valores semelhantes para as várias soluções, com S1 e S2 a apresentarem os valores mais altos (1,05) e S7 a apresentar o valor mais baixo (0,94). Assim, e através da análise dos resultados de I_S apresentados no Quadro 2, pode concluir-se que as soluções S1 e S2 são as que apresentam maior resistência à secagem, enquanto que S7 apresenta a maior capacidade de secagem total (I_S menor). Uma vez que as soluções já se encontravam com a máxima absorção atingida quando começou o ensaio de secagem (ponto 2.2), importa perceber se a quantidade de absorção no início do ensaio influencia ou não os resultados. Através da análise da Figura 5a, que apresenta os resultados de I_S em função do teor de água, é possível verificar que I_S diminui à medida que o teor de água inicial aumenta, obtendo-se uma correlação linear média (r^2 = 0,54) entre o índice de secagem e o teor de água. Assim, tanto os resultados de I_S como os do teor de água são influenciados pelo mesmo fator, ou seja, uma maior ou menor dificuldade de secagem.

Por fim, verifica-se que os resultados do ensaio de secagem estão em concordância com os obtidos no ensaio de absorção de água por capilaridade, uma vez que as soluções que, na generalidade, absorvem mais água, são aquelas que secam mais rapidamente, obtendo-se uma boa correlação entre o coeficiente de capilaridade (C_C) e a taxa de secagem (TS2), com um coeficiente de determinação r^2 = 0,77 (Figura 5b). Esta relação mostra um comportamento bem adaptado dos ETICS, havendo alguma compensação entre a absorção de água e secagem.

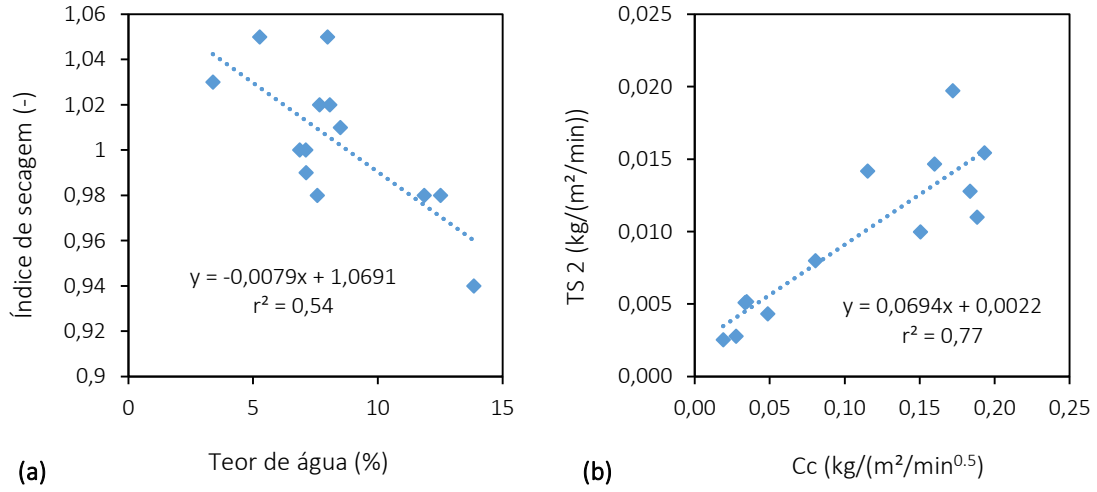


Figura 5 – Correlações obtidas entre: (a) o índice de secagem e o teor de água; (b) a taxa de secagem (TS2) e o coeficiente de capilaridade (C_C)

3.3. Condutibilidade térmica

No Quadro 3 apresentam-se os resultados de condutibilidade térmica medidos para cada isolante de cada solução no estado seco. Apresentam-se, também, os resultados de condutibilidade térmica após 24 h de absorção de água por capilaridade e após 2 meses de envelhecimento natural, com respetivos valores de teor de água associados.

Verificou-se um aumento da condutibilidade térmica com o teor de água para todos os isolantes considerados (EPS, ICB e MW). De facto, vários autores (p. ex. Gomes *et al.,* 2017; D' Alessandro *et al.,* 2018) indicam existir

uma dependência linear entre a condutibilidade térmica e o teor de água para vários materiais de construção.

Quadro 3 – Resultados de condutibilidade térmica e teor de água

Sistema (Tipo de isolante)	Estado seco	Após 24h absorção de água por capilaridade		Após 2 meses de envelhecimento natural	
	λ [W/m/K]	Ψ [%]	λ [W/m/K]	Ψ [%]	λ [W/m/K]
S1 (EPS)	0,0369	5,38	0,0379	1,66	0,0375
S2 (EPS)	0,0372	4,41	0,0379	1,08	0,0370
S3 (EPS)	0,0374	6,69	0,0379	2,47	0,0371
S4 (ICB)	0,0452	7,68	0,0456	9,63	0,0473
S5 (ICB)	0,0481	8,41	0,0484	12,41	0,0491
S6 (EPS)	0,0362	11,49	0,0379	2,67	0,0374
S7 (EPS)	0,0379	13,21	0,0383	4,92	0,0379
S8 (MW)	0,0403	10,73	0,0401	15.52	0,0564
S9 (ICB)	0,0469	3,08	0,0470	7,98	0,0497
S10 (ICB)	0,0479	5,51	0,0477	8,24	0,0491
S11 (EPS)	0,0371	5,11	0,0374	1,74	0,0373
S12 (MW)	0,0417	6,72	0,0457	17,92	0,0638

Em relação às soluções com EPS como isolante térmico, verifica-se um aumento ligeiro do valor de condutibilidade térmica após 24 h de absorção de água por capilaridade. O valor máximo deste aumento é de 4,69 % e acontece para S6. Ainda assim, e após 2 meses de envelhecimento natural, o valor do teor de água registado para cada uma das soluções com EPS como isolante é sempre inferior ao teor de água que as soluções tinham após 24 h de capilaridade. Este facto garante que, para estas soluções e com estes níveis de teor de água, existe uma certa reversibilidade no processo de humedecimento do isolante, ou seja, mesmo que a água se infiltre pelas camadas de acabamento, não provoca grandes alterações na capacidade térmica do isolante. Isto é explicado pelo facto de o EPS ser considerado de porosidade fechada, apesar de absorver pequenas quantidades nos espaços intersticiais (processo reversível) (Cai *et al.,* 2017), mas também pelo comportamento satisfatório das soluções, marcado por uma absorção de água bastante baixa. Assim que a solução comece a secar, o teor de água começa a baixar e, como consequência, a condutibilidade térmica do EPS também. No entanto, sabe-se que a condutibilidade térmica do isolante é sempre afetada pelo seu teor de água (Cai *et al.,* 2017; Jerman e Cerný, 2012), pelo que é importante que as soluções apresentem um bom desempenho à água na sua globalidade. Para além disso, Abdou e Budaiwi (2013) concluíram que, no caso da lã mineral (MW), o valor do coeficiente de condutibilidade térmica é influenciado pelo teor de água do material, mas também pelo seu historial de humedecimento, não havendo dados disponíveis na literatura em relação ao que acontece no caso do EPS.

No que diz respeito aos sistemas com ICB como isolante, verifica-se um aumento quer de teor de água, quer de condutibilidade térmica na passagem do estado seco para após 24 h de capilaridade e, consequentemente, deste para após 2 meses de envelhecimento natural. O valor máximo de aumento de condutibilidade térmica verifica-se para S9, com um aumento de 5,97%. No entanto, Tadeu *et al.* (2018) concluíram que o teor de humidade ao longo de uma parede de ICB sem qualquer tipo de revestimento exterior é alto apenas e só se o teor de humidade na interface do elemento for alto e assim permanecer por um longo período de tempo. Isto deve-se ao processo relativamente lento de difusão de humidade dentro do próprio ICB. Assim, pode concluir-se, uma vez mais, que é necessário que as soluções apresentem um bom desempenho à água, que garanta que o teor de humidade na interface isolante/camadas de acabamento não permaneça alto durante um longo período de tempo, ou seja,

que o ETICS seque rapidamente e apresente uma permeabilidade ao vapor de água elevada, que é tanto mais importante se a solução for mais permeável à água líquida.

Para as soluções com MW como isolante térmico, à semelhança do que acontece para as soluções com ICB, verifica-se um aumento de condutibilidade térmica e de teor de água do estado seco para após 24h de absorção capilar e deste para após 2 meses de envelhecimento. No entanto, para este material, verificam-se já aumentos consideráveis de condutibilidade térmica, registando-se valores máximos de aumento de cerca de 53% para S12. Estes resultados estão em concordância com aqueles obtidos por Jerman e Cerný (2012) que concluíram que a condutibilidade térmica para MW aumenta muito rapidamente com o aumento do teor de água, o que é explicado pelas propriedades hidrófilas de MW, com um processo de difusão de humidade extremamente rápido. Assim, no caso de utilização deste material em ETICS, é extremamente importante que as camadas de acabamento apresentem baixa permeabilidade à água para que esta não se infiltre até ao isolante. Note-se que S8 foi a solução com maior absorção de água por capilaridade às 24 h de ensaio – vide Figura 3 – e, também, que se detetou uma variação no valor de C_c de S8 em relação a S6 na ordem dos 38%, o que na altura se associou a uma possível influência da camada isolante no comportamento de absorção de água por capilaridade, uma vez que a composição da camada de base e de acabamento de S6 e S8 é a mesma – vide Secção 3.1. Pode, também, conferir-se algumas propriedades hidrófobas a MW. No entanto, importa aqui ter em atenção questões de compatibilidade entre as diferentes camadas dos ETICS, uma vez que MW apresenta uma permeabilidade ao vapor de água elevada, o que pode levar, neste caso, a um maior risco de ocorrência de condensação no isolante (Jiricková e Cerný, 2006).

4. CONCLUSÕES

A presente campanha experimental foi elaborada tendo como principais objetivos: estudar o comportamento à água de 12 soluções diferentes de ETICS, através de absorção capilar e de secagem; avaliar o possível impacto de deficiências de impermeabilização na condutibilidade térmica do isolante das soluções.

Os resultados obtidos sugerem um comportamento satisfatório à água para todas as soluções considerando absorção de água por capilaridade e secagem. Todas as soluções cumprem o requisito do ETAG 00 4 que refere uma absorção capilar após 1 h de ensaio inferior a 1 kg/m^2. Os resultados de secagem estão em concordância com os obtidos para a absorção de água por capilaridade: soluções que absorvem maior quantidade de água e mais rapidamente, também acabam por secar mais rapidamente, revelando um bom comportamento global à água.

A condutibilidade térmica dos isolantes aumenta com o teor de água para todas as soluções caracterizadas. No entanto, e também devido à baixa permeabilidade à água dos ETICS – que são caracterizados por uma elevada estanquidade das camadas de base e de acabamento, que não permitem uma grande transferência de água para a camada isolante, o teor de água da solução acaba por não condicionar significativamente a condutibilidade térmica do isolante, com exceção de MW, onde a condutibilidade térmica aumenta muito rapidamente com o aumento do teor de água.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo financiamento do projeto WGB_Shield – Proteção de fachadas de edifícios na revitalização das cidades. Tripla-resistência à água, ao graffiti e à biocolonização em sistemas de isolamento térmico pelo exterior (PTDC/ECI-EGC/30681/2017). Agradece-se, também, às empresas CIN, Secil e Weber Saint-Gobain pelo fornecimento dos ETICS utilizados na campanha experimental.

REFERÊNCIAS

ABDOU, A. A.; BUDAIWI, I. M., 2013 – **The variation of thermal conductivity of fibrous insulation materials under different levels of moisture content**. *Construction and Building Materials.* 43, 533-544.

ASTM D5930-09:2014 – **Standard test method for thermal conductivity of plastic by means of transient line-source technique**. Pennsylvania: ASTM.

BARREIRA, E.; de Freitas, V. P., 2013 – **Experimental study of the hygrothermal behavior of external thermal insulation composite systems (ETICS**). *Building and Environment.* 63, 31-39.

CAI, S.; ZHANG, B.; CREMASCHI, L., 2017 – **Review of moisture behavior and thermal performance of polystyrene insulation in building applications**. *Building and Environment.* 123, 50-65.

D'ALESSANDRO, F.; BALDINELLI, G.; BIANCHI, F.; SAMBUCO, S.; RUFINI, A., 2018 – **Experimental assessment of the water content influence on thermo-acoustic performance of building insulation materials**. *Construction and Building Materials.* 158, 264-274.

EN 16322:2013 – **Conservation of cultural heritage – Test methods – Determination of drying properties**. Brussels: CEN.

EOTA, 2013 – **Guideline for european technical approval of external thermal insulation composite systems with rendering**. Brussels: EOTA. ETAG 00 4.

GOMES, M. G.; FLORES-COLEN, I.; MANGA, L. M.; SOARES, A.; DE BRITO, J., 2017 – **The influence of moisture content on the thermal conductivity of external thermal mortars**. *Construction and Building Materials.* 135, 279-286.

ISOMET 2114, 2011 – **Thermal properties analyzer – User's guide version 120712**. Applied Precision

JERMAN, M.; CERNÝ, R., 2012 – **Effect of moisture content on heat and moisture transport and storage properties of thermal insulation materials**. *Energy and Buildings.* 53, 39-46.

JIRICKOVÁ, M.; CERNÝ, R., 2006 – **Effect of hydrophilic admixtures on moisture and heat transport and storage parameters of mineral wool**. *Construction and Building Materials.* 20, 425-434.

LUJÁN, S. V.; ARREBOLA, C. V.; SÁNCHEZ, A. R.; BENITO, P. A.; CORTINA, M. G., 2019 – **Experimental comparative study of the thermal performance of the façade of a building refurbished using ETICS, and quantification of improvements**. *Sustainable Cities and Society.* 51, 101713.

SADAUSKIENE, J.; STANKEVICIUS, V.; BLIUDZIUS, R.; GAILIUS, A., 2009 – **The impact of the exterior painted thin-layer render's water vapour and liquid water permeability on the moisture state of the wall insulating system**. *Construction and Building Materials.* 23, 2788-2794.

TADEU, A.; SKERGET, L.; SIMÕES, N.; FINO, R., 2018 – **Simulation of heat and moisture flow through walls covered with uncoated medium density expanded cork**. *Building and Environment.* 142, 195-210.

ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS COM FIBRAS DE LINHO NA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS: INFLUÊNCIA DAS FIBRAS NA RESISTÊNCIA À FENDILHAÇÃO

RENDERING MORTARS REINFORCED WITH FLAX FIBRES FOR BUILDING REHABILITATION: INFLUENCE OF FIBRES ON SUSCEPTIBILITY TO CRACKING





Cinthia Pederneiras [(1)], Rosário Veiga [(2)], Jorge de Brito [(3)]

(1) DECivil-IST, Universidade de Lisboa e LNEC, Portugal, cinthiamaia@tecnico.ulisboa.pt
(2) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, jb@civil.ist.utl.pt
(3) LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt

RESUMO

A fissuração é uma das anomalias com maior impacte na durabilidade de argamassas de reboco e na redução da sua capacidade de protecção das paredes. Estes aspectos são particularmente importantes na reabilitação de edifícios, em que se pretende prolongar a vida útil da construção, quer por razões de preservação do edificado, quer para promover a sustentabilidade da construção.

A incorporação de fibras é considerada um dos métodos mais eficazes para melhorar o comportamento à fissuração e a utilização de fibras naturais pode contribuir para uma construção mais sustentável.

Neste estudo, foram avaliadas as características de uma argamassa de cimento e cal aérea com incorporação de fibras de linho, com o objectivo de melhorar o comportamento do reboco em relação à fendilhação.

Foram realizadas quatro formulações de argamassas, considerando o traço volumétrico 1:1:6 de cimento, cal aérea e areia. Foram incorporadas duas percentagens de fibras, 10% e 20% em relação ao volume total de argamassa, com comprimentos de 1,5 cm e de 3,0 cm.

As argamassas foram caracterizadas no estado fresco e no estado endurecido. As argamassas reforçadas com fibras apresentaram menores módulos de elasticidade aos 28 e aos 90 dias, indiciando maior capacidade de deformação. Notou-se também um aumento na ductilidade das argamassas reforçadas com fibras naturais. As resistências mecânicas sofreram uma pequena redução, embora não significativa.

Palavras-chave: Argamassas de Cimento e Cal Aérea / Fibras de Linho / Revestimento / Fissuração / Ductilidade

1. INTRODUÇÃO

As argamassas de revestimentos para a reabilitação de edifícios antigos devem ser formuladas de forma a garantir a maior compatibilidade possível com as características das pré-existentes, para não causar novas anomalias ou agravar as existentes. Assim, as intervenções de conservação e reabilitação de edifícios requerem argamassas compatíveis com as propriedades mecânicas, físicas e químicas do revestimento antigo (Veiga, 2009).

O uso de cimento Portland é recorrente em revestimentos na construção nova; no entanto, para a reabilitação de fachadas antigas, este ligante é demasiado rígido, tornando-se inadequado para esta finalidade. Nas construções antigas, a cal aérea era um dos materiais mais utilizados para as argamassas de revestimento. No entanto, as argamassas de cal aérea podem apresentar algumas desvantagens em relação às de cimento, nomeadamente um tempo mais longo de presa e endurecimento, menores resistências mecânicas e menor durabilidade quando expostas à água (Silva, Pinto, & Gomes, 2012).

Uma das soluções propostas para mitigar as desvantagens dos dois ligantes é o uso de argamassas bastardas de cal aérea e cimento. No entanto, esta argamassas mantêm ainda alguma susceptibilidade à fendilhação (Veiga, 2003). A fim de melhorar o comportamento à fissuração de rebocos, a incorporação de fibras pode ser uma boa solução, devido a aumentar a capacidade de deformação da argamassa, apresentando um comportamento mais dúctil.

O uso de fibras naturais, em comparação com fibras sintéticas, permite alcançar benefícios ambientais, energéticos e de preservação das matérias-primas, além de contribuir para uma menor massa volúmica das argamassas e boa resistência à flexão. As fibras vegetais são, geralmente, resíduos da indústria agrícola, pelo que a sua incorporação em compósitos da construção civil proporciona um destino adequado (Maia, Veiga & Brito, 2018).

Neste sentido, este estudo investiga a incorporação de fibras de linho em argamassas bastardas de cimento e cal aérea com traço volumétrico de 1:1:6 (cimento:calaérea:areia). As incorporações foram de 10% e 20% em relação ao volume total de argamassa e dois comprimentos de fibras foram utilizados: 1,5 cm e 3,0 cm. O desempenho técnico das argamassas foi avaliado por um conjunto de ensaios em estado fresco e endurecido, analisando a trabalhabilidade, a deformabilidade e os comportamentos mecânico e hídrico das argamassas de revestimento estudadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa tem o objectivo de avaliar a influência da incorporação de resíduo de fibra de linho em argamassas de revestimento. Foram usadas argamassas de cimento e cal aérea com traço volumétrico de 1:1:6 (cimento:cal aérea:agregados), com diversos teores de incorporação, identificadas da seguinte forma:

- REF 1:1:6 (0% de incorporação – argamassa de referência de cimento e cal)
- Li 1,5_10% (10% de incorporação de fibras de linho com 1,5 cm de comprimento)
- Li 3,0_10% (10% de incorporação de fibras de linho com 3,0 cm de comprimento)
- Li 1,5_20% (20% de incorporação de fibras de linho com 1,5 cm de comprimento)
- Li 3,0_20% (20% de incorporação de fibras de linho com 3,0 cm de comprimento)

2.1. Materiais

Os materiais utilizados foram cimento Portland, cal aérea, areia e fibra de linho. O cimento utilizado foi Portland CEM II/B-L 32,5 N, conforme a EN 197-1. A cal aérea foi da classe CL80-S, de acordo com EN 459-1. Foi usada

areia natural de sílica, calibrada, apresentando uma granulometria previamente escolhida obtida por uma combinação das referências APAS 14, APAS 30 e APAS 60 da empresa *Areipor*. A Figura 1 apresenta a curva granulométrica da areia utilizada.

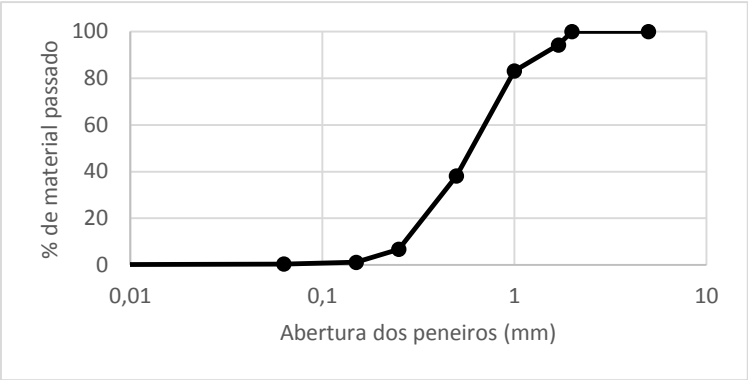


Figura 1 – Curva granulométrica da areia

As fibras de linho foram obtidas por meios mecânicos após maceração a seco da planta. As fibras utilizadas nesta pesquisa são resíduos do material que é rejeitado pela indústria têxtil. As fibras foram cortadas manualmente e o material cortado foi colocado num recipiente fechado com entrada de ar comprimido para obter uma dispersão adequada; em seguida, foram adicionadas à mistura. Na Figura 2, são apresentadas a fibra de linho antes do corte e as fibras de linho cortadas, com os dois diferentes de comprimentos: 1,5 cm e 3,0 cm.


(a)

(b)

Figura 2 – (a) Fibras de linho antes do corte; (b) fibras de linho com 1,5 e 3,0 cm

A Tabela 1 apresenta a massa volúmica aparente de todos os constituintes utilizados nas argamassas.

Tabela 1 – Massa volúmica aparente dos constituintes

Constituinte	**Massa volúmica aparente (kg/m³)**
Areia	1234,7
Cimento	975,7
Cal aérea	563,9
Fibra de linho com 1,5 cm	1,9
Fibra de linho com 3,0 cm	1,1

2.2. Métodos

A campanha experimental consistiu numa caracterização dos constituintes e das argamassas no estado fresco e endurecido, usando os métodos referidos a seguir:

- Consistência por espalhamento (EN 1015-3);
- Massa volúmica no estado fresco (EN 1015-6);
- Módulo de elasticidade dinâmico (EN 14146);
- Velocidade de propagação de ultra-sons (Fe Pa 43);
- Resistência à flexão (EN 1015-11);
- Resistência à compressão (EN 1015-11);
- Porosidade aberta (EN 1936).

Para os ensaios de argamassa endurecida, foram utilizados provetes prismáticos (40 mm × 40 mm × 160 mm). A cura dos provetes foi realizada de acordo com a EN 1015-11: os provetes foram mantidos nos moldes por dois dias, com temperatura e humidade relativa controladas de 20 ± 2 ^{0}C e 95 ± 5%, respectivamente. Depois da desmoldagem, os provetes foram mantidos nas mesmas condições de humidade e temperatura por cinco dias. Após sete dias da moldagem, a humidade relativa foi reduzida para 65 ± 5%, até ao dia do ensaio.

O módulo de elasticidade dinâmico foi calculado a partir da frequência de ressonância dos provetes prismáticos.

No ensaio de velocidade de ondas ultrassónicas, foram utilizados os métodos directo e indirecto. No método de transmissão direta, os elétrodos são colocados nas superfícies opostas da amostra (160 mm). No método indirecto, os eléctrodos são posicionados na mesma superfície do prisma: o eléctrodo do transmissor é fixado num ponto específico e o receptor move-se sobre a amostra e, a diferentes distâncias, o tempo de transmissão é medido, permitindo que a velocidade seja calculada (nas distâncias de 10 a 140 mm, a cada 10 mm).

Para analisar a susceptibilidade à fissuração das argamassas produzidas neste trabalho, a tenacidade à fractura foi calculada através da área total sob a curva força / deslocamento dos resultados de resistência à flexão aos 28 dias.

3. RESULTADOS DE ENSAIOS

3.1. Caracterização das argamassas no estado fresco

A trabalhabilidade das argamassas foi avaliada através do ensaio de consistência por espalhamento. Para garantir a comparabilidade entre as argamassas, foi fixado um espalhamento de 140 ± 5 mm. Foi feita uma aplicação num tijolo para confirmar que o espalhamento escolhido era adequado. Na Tabela 2, são apresentados os resultados da quantidade de água requerida por cada argamassa para atingir esse espalhamento.

A partir dos resultados, verifica-se que o comprimento da fibra incorporada influencia a quantidade de água de amassadura requerida. Observa-se uma redução da razão água / ligante quando a fibra com maior comprimento é utilizada. A incorporação das fibras de 1,5 cm obteve valores semelhantes ao da argamassa de referência.

Tabela 2 – Propriedades das argamassas no estado fresco

Argamassas	Razão água / ligante	Massa volúmica no estado fresco (kg/m³)
REF	0,98	1999
Li 1,5_10%	1,00	1986
Li 3,0_10%	0,93	2015
Li 1,5_20%	0,99	1964
Li 3,0_20%	0,92	2002

A massa volúmica no estado fresco também é influenciada pelo comprimento das fibras. As argamassas com fibras mais curtas apresentam menor massa volúmica do que a argamassa de controlo, o que é consistente com

a necessidade de maior teor de água de amassadura, que tende a gerar mais vazios. Por outro lado, as argamassas com incorporação de fibras mais longas obtiveram maior massa volúmica, independentemente do volume de fibras incorporadas.

3.2. Caracterização das argamassas no estado endurecido

3.2.1. Deformabilidade

A deformabilidade das argamassas foi avaliada através dos ensaios de módulo de elasticidade dinâmico por frequência de ressonância e de velocidade das ondas ultra-sónicas e pela energia de fractura, calculada a partir da área do gráfico de resistência à flexão.

O módulo de elasticidade dinâmico por frequência de ressonância foi avaliado aos 28 e 90 dias de idade e os resultados são apresentados na Figura 3.

As argamassas com fibras mais curtas obtiveram uma redução no módulo de elasticidade comparadas com a argamassa de referência, atingindo cerca de 20% aos 28 dias, para os volumes de incorporação de 10% e 20%. Aos 90 dias, mantém-se a redução do módulo de elasticidade para as mesmas argamassas, embora com diferenças menores em relação à argamassa de referência. Já as incorporações de fibras mais longas apresentaram valores semelhantes aos da argamassa de referência, o que indicia uma deformabilidade idêntica.

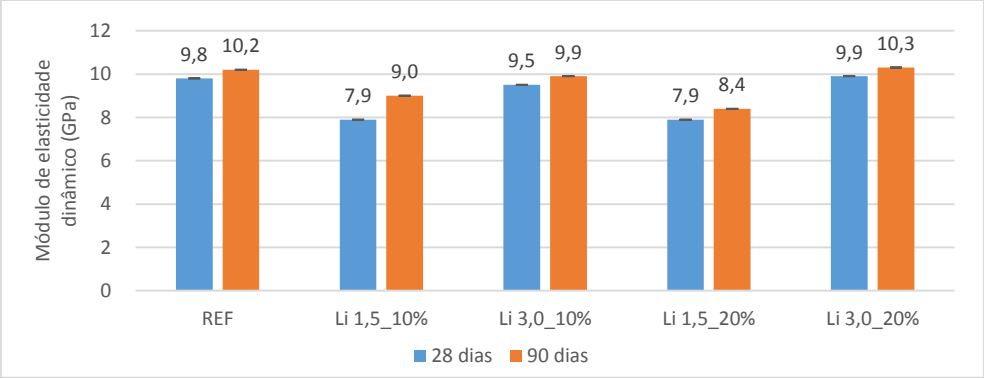


Figura 3 – Módulo de elasticidade dinâmico

Na Figura 4, são apresentados os resultados da velocidade de ondas ultra-sónicas através dos métodos indirecto e directo.

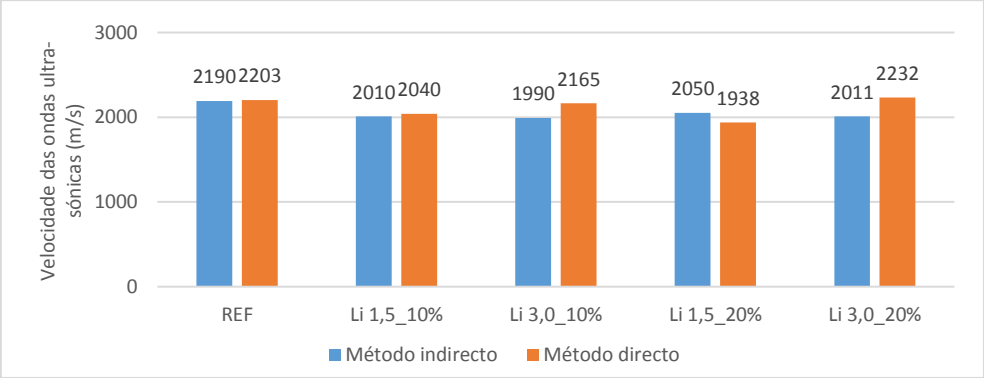


Figura 4 – Velocidade das ondas ultra-sónicas

Pelo método directo, pode-se observar a mesma tendência obtida nos resultados do módulo de elasticidade dinâmico. A incorporação de fibras mais longas conduziu a velocidades mais elevadas do que as das argamassas com as fibras mais curtas. Maiores velocidades correspondem a uma maior compacidade da argamassa.

Por outro lado, pelo método indirecto, todas as argamassas com incorporação de fibras apresentaram menores velocidades comparadas à argamassa de controlo, o que parece indiciar menor coesão superficial das argamassas com fibras.

A energia de fractura de cada argamassa foi quantificada pela área sob a curva força / deslocamento (Figura 5), obtida no ensaio de flexão aos 28 dias. Os valores de energia de fractura são apresentados na Tabela 3.

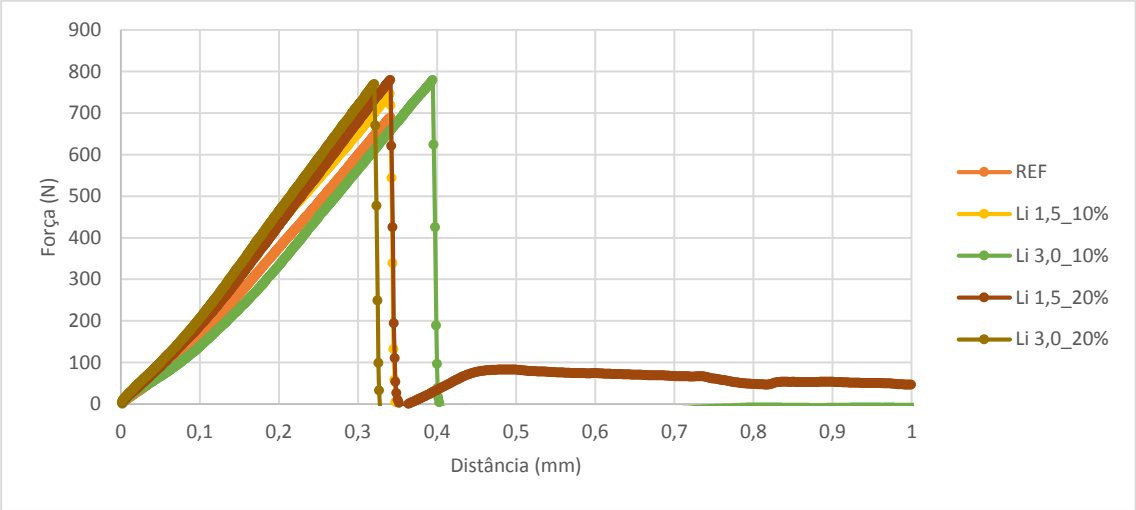


Figura 5 – Curva de força / deslocamento

Na Figura 5, pode-se observar que a argamassa Li 1,5_20% apresenta um comportamento menos frágil, absorvendo maior deformação sem aumento de tensão e não apresentando ruptura abrupta.

Tabela 3 – Energia de fractura das argamassas

Argamassas	**Energia de fractura (N.mm)**
REF	109,39
Li 1,5_10%	125,98
Li 3,0_10%	140,33
Li 1,5_20%	182,21
Li 3,0_20%	124,50

Em geral, a deformabilidade das argamassas aumentou com a incorporação das fibras de linho. Observou-se uma diminuição do módulo de elasticidade (cerca de 20%) nas argamassas com fibras mais curtas e um aumento da energia de fractura em todas as argamassas com incorporação de fibras.

Esta mesma tendência foi observada por Coutts (1983), verificando-se que a incorporação de fibras de linho em argamassas cimentícias aumentou a energia de fractura à medida que o volume de fibras incorporado aumentou. Kesikidou & Stefanidou (2019) investigaram a incorporação de três fibras vegetais (côco, juta e alga marinha) em argamassas de cimento e cal. Também nesse estudo todas as argamassas reforçadas com fibras apresentaram um aumento na energia de fractura em comparação com a argamassa de referência.

3.2.2. Comportamento mecânico

As resistências à flexão e à compressão foram avaliadas aos 28 dias.

A Figura 6 apresenta os resultados da resistência à flexão aos 28 dias. Verificou-se que a incorporação de fibras de linho diminuiu a resistência à flexão das argamassas, embora de forma pouco significativa, tendo em conta os desvios-padrão do ensaio. A incorporação de 20% de fibras de linho com 1,5 cm obteve a menor resistência à

flexão, com uma redução de 13% comparada com a argamassa de referência. Desta forma, observou-se que a incorporação de fibras de linho não resultou numa perda considerável da resistência mecânica.

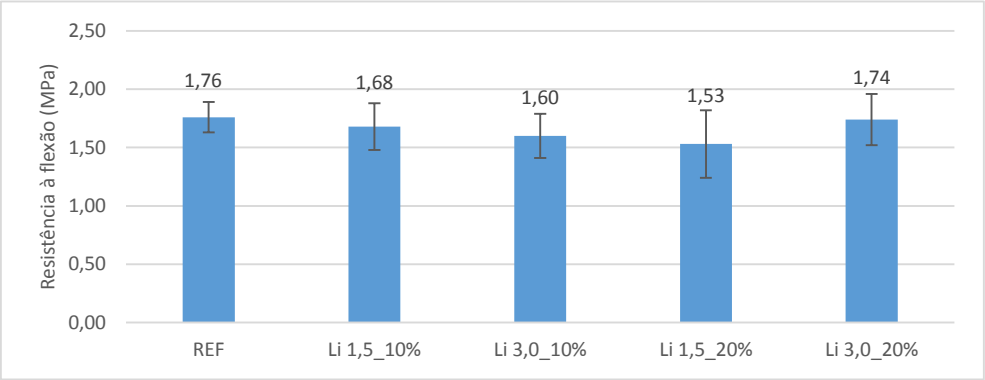


Figura 6 – Resistência à flexão aos 28 dias

A resistência à compressão das argamassas seguiu a mesma tendência dos resultados obtidos na resistência à flexão. Os resultados são apresentados na Figura 7. Todas as argamassas com fibras de linho apresentaram menor resistência à compressão do que a argamassa de referência. A argamassa que obteve a menor resistência à compressão foi Li 1,5_20%, a mesma que obteve a menor resistência à flexão. Esta redução foi de aproximadamente 25% comparada com a argamassa de controlo.

A argamassa com incorporação de 20% de fibras com 3,0 cm de comprimento apresentou resultados semelhantes à argamassa de referência, como era expectável devido aos resultados do módulo de elasticidade e velocidade das ondas ultra-sónicas, que também foram semelhantes.

No estudo de Çomak, Bideci & Bideci (2018) a incorporação de fibras de cânhamo em argamassas cimentícias obteve resultados semelhantes, tendo as argamassas com fibras mais longas apresentado melhores desempenhos mecânicos.

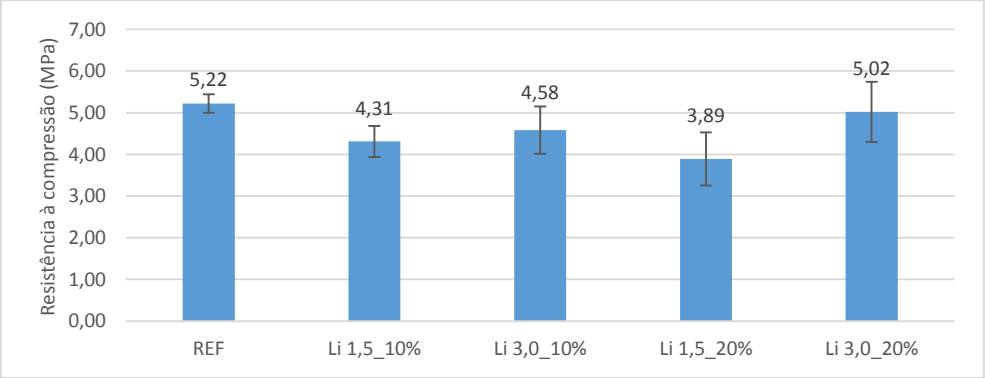


Figura 7 – Resistência à compressão aos 28 dias

3.2.3. Porosidade aberta

O ensaio de porosidade aberta permite determinar o volume de vazios conectados nas argamassas, em percentagem volumétrica. Essa propriedade está correlacionada com a velocidade das ondas ultra-sónicas e com o módulo de elasticidade, bem como com a resistência mecânica e a absorção de água. A Tabela 4 apresenta os resultados do ensaio de porosidade aberta.

Os resultados corroboram os dos ensaios apresentados acima: as argamassas com incorporação de fibras mais curtas apresentaram valores superiores de porosidade aberta do que a argamassa de referência. Já as argamassas com fibras mais longas obtiveram menores valores de porosidade aberta do que a argamassa de

controlo, mostrando uma maior compacidade.

Estes resultados confirmam que as fibras mais curtas, ao implicarem o uso de maiores teores de água de amassadura, dão origem a argamassas mais porosas e com menores resistências mecânicas e menores módulos de elasticidade.

Tabela 4 – Porosidade aberta

Argamassas	Porosidade aberta (%)	Desvio-padrão (%)
REF	23,93	0,30
Li 1,5_10%	25,49	0,40
Li 3,0_10%	23,25	0,40
Li 1,5_20%	25,14	0,40
Li 3,0_20%	22,96	0,40

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados, pode-se perceber que a incorporação de fibras de linho é mais influenciada pelo comprimento da fibra do que pelo volume incorporado.

No estado fresco, a incorporação de fibras de 3,0 cm reduziu a razão água / ligante e aumentou a massa volúmica, o que interferiu nos resultados de outras propriedades no estado endurecido como um maior módulo de elasticidade e maiores resistências mecânicas quando comparadas com as fibras mais curtas. As argamassas com fibras de 1,5 cm requereram teores de água semelhantes ao da argamassa de referência.

A deformabilidade das argamassas aumentou com a incorporação das fibras. O módulo de elasticidade dinâmico foi reduzido com a incorporação de fibras curtas. Já as argamassas com a incorporação de fibras longas obtiveram resultados próximos do da argamassa de controlo. A incorporação de fibras de linho aumentou a energia de fractura nas argamassas. Li 1,5_20% obteve o maior aumento nessa propriedade, cerca de 66,5% a mais do que a argamassa sem fibras. Com isso, pode-se perceber que as argamassas com fibras apresentam um comportamento mais dúctil.

Em relação ao comportamento mecânico das argamassas, a introdução das fibras reduziu as resistências à flexão e à compressão. No entanto, esta redução não mostrou ser significativa. A resistência à compressão obteve maior perda quando as fibras curtas foram incorporadas.

As fibras curtas aumentaram a porosidade aberta das argamassas, enquanto as fibras longas reduziram a porosidade aberta relativamente à argamassa de referência.

Dessa forma, as argamassas bastardas de cimento e cal aérea podem obter melhor desempenho em relação à deformabilidade com a incorporação de fibras de linho, o que contribui para um melhor comportamento à fendilhação. Podem também ser consideradas mais sustentáveis, devido à reutilização de resíduos da indústria agrícola e ainda ao aumento da durabilidade dos rebocos resultante da menor fissuração.

REFERÊNCIAS

CEN, 1998 – **Methods of test for mortar for masonry. Part 6: determination of bulk density of fresh mortar.** Brussels: CEN. EN 1015-6:1998.

CEN, 1999 – **Methods of test for mortar for masonry. Part 3: determination of consistence of fresh mortar (by flow table).** Brussels: CEN. EN 1015-3:1999.

CEN, 1999 – **Methods of test for mortar for masonry. Part 11: determination of flexural and compressive strength of hardened mortar.** Brussels: CEN. EN 1015-11:1999.

CEN, 2004 – **Natural stone test methods. Determination of the dynamic elastic modulus of elasticity (by measuring the fundamental resonance frequency).** Brussels: CEN. EN 14146:2004.

ÇOMAK, B.; BIDECI, A.; BIDECI, O., 2018 – **Effects of hemp fibers on characteristics of cement-based mortar.** *Construction and Building Materials*. v. 169, pp. 794-799. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.029

COUTTS, R. S. P., 1983 – **Flax fibres as a reinforcement in cement mortars**. *The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete*. v.5, n. 4, pp. 257-262.

Fe Pa 43:2010 – **Ficha de ensaio. Ensaio de avaliação de caracteristicas mecânicas por ultra-sons.** Lisboa: LNEC.

KESIKIDOU, F.; STEFANIDOU, M., 2019– **Natural fiber-reinforced mortars**. *Journal of Building Engineering*. v. 25. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100786.

MAIA, C.; VEIGA, M. R.; BRITO, J., 2018 – **Desempenho de argamassas com incorporação de fibras naturais: contribuição para o comportamento à fissuração**. *3.º Simpósio Argamassas e Soluções Térmicas de Revestimento*. Coimbra: ITeCons.

NP EN 197-1:2012 – **Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes**. Caparica**:** Instituto Português da Qualidade.

NP EN 459-1:2010 – **Cal de construção. Parte 1: definições, especificações e critérios de conformidade.** Caparica: Instituto Português da Qualidade.

SILVA, B.; PINTO, A. P.; GOMES, A., 2012 – **Influência da dosagem de cimento nas características mecânicas de argamassas bastardas para rebocos de edifícios antigos**. *Congresso Nacional de Argamassas de Construção.* Lisboa: APFAC.

VEIGA, M. R. 2003 – **Argamassas para revestimento de parede de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes**. 3.º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: LNEC.

VEIGA, M. R. – **Conservação e reparação de revestimentos de paredes de edifícios antigos. Métodos e materiais.** Teses e Programas de Investigação (TPI 58). Lisboa: LNEC, 2009.

A PARAMETRIZAÇÃO DOS MODELOS BIM: ESTUDO DE CASO EM PORTUGAL

PARAMETRIZATION OF BIM MODELS: CASE STUDY IN PORTUGAL

Lorena Luedy [(1)], Paula Couto [(2)], Maria João Falcão [(3)], João Hormigo [(4)]

(1) ISEL, Brasil, lorenaluedy@gmail.com
(2) LNEC, Portugal, pcouto@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(4) ISEL, Portugal, joao.hormigo@edp.com

RESUMO

O *Building Information Modelling* (BIM), apresenta-se como uma grande revolução no setor da Construção. Nessa metodologia, o termo Nível de Informação Necessário auxilia na definição da extensão e do nível de detalhe necessários para que cada ação proveniente do projeto tenha o conteúdo essencial para sua execução. O presente trabalho pretende tornar tangível, para os intervenientes no Brasil e em Portugal, a aplicabilidade dos parâmetros dos modelos BIM. Para o efeito é considerada a aplicação a um espaço de lazer em Lisboa para caso de estudo e consequente validação da relação entre os requisitos de parametrização para diferentes fases do ciclo de vida do empreendimento.

Palavras-chave: Building Information Modelling (BIM) / Nível de Informação Necessário / Parametrização / Modelos 3D

RESUMO ALARGADO

DESENVOLVIMENTO

O principal recurso utilizado para alinhamento dos parâmetros do BIM entre as partes interessadas e para evitar excesso de trabalho e desperdício de informação era o Nível de Desenvolvimento (LOD). As normas EN ISO 19650-1 e EN ISO 19650-2 (2018) descrevem o novo conceito de Nível de Informação Necessário, para desenvolver um modo mais adaptável e digital para os requisitos de informação dos modelos BIM.

O trabalho propõe a definição de uma estrutura básica de parametrização que sirva como referência para utilizadores do BIM. Inicialmente, foram definidas as fases do projeto, as disciplinas das especialidades e as listas de informação. Depois, foi desenvolvida uma estrutura básica que relaciona os parâmetros já definidos, considerando a informação necessária para a execução de cada fase do projeto. Finalmente, são indicados os aspetos que personalizam essa estrutura para a realidade de cada projeto. Para produzir um modelo fácil de entender e básico de utilizar, foram ainda realizadas simplificações e combinações de conceitos e, a partir do referencial generalista, foi indicada, para cada informação, uma análise da sua adaptação à realidade do projeto e da empresa. O trabalho apresenta ainda a aplicabilidade da estrutura de parametrização e dos seus aspectos de personalização a um caso de estudo.

O caso de estudo analisado foi um cinema localizado num centro comercial em Lisboa. Os documentos utilizados para o processo de modelação em BIM foram os projetos tradicionais da fase de projeto de execução em 2D, fornecidos pela empresa SONAE Sierra, proprietária e gestora do ativo. A exceção foi o projeto de estruturas fornecido já no formato IFC (Industry Foundation Classes) para BIM. Considerando os projetos fornecidos, as necessidades do cliente e a quantidade de informação necessários para analisar

CONCLUSÕES

A estrutura genérica proposta é baseada em diferentes padrões e guias, tendo exigido a comparação e a simplificação do conteúdo da documentação original. Esta estrutura visa ser a base para arquitetos e engenheiros, que estão a iniciar a implementação do BIM, entenderem e aplicarem os parâmetros nos seus projetos. Posteriormente, é necessário usar os aspetos de personalização para adaptar a estrutura geral a cada realidade do projeto e da empresa.

A partir da aplicação da estrutura proposta ao caso de estudo conclui-se que a estrutura é útil e aplicável, orientando todo o processo de modelação. Outro resultado importante foi que o projeto de estruturas, em formato IFC, foi verificado por meio da estrutura proposta, o que funciona como uma lista de verificação dos parâmetros, garantindo a interoperabilidade BIM. Dado que o trabalho foi desenvolvido analisando em paralelo o cenário de Portugal e do Brasil, a proposta é aplicável a esses dois contextos.

REFERÊNCIAS

BIM DICTIONARY, 2014 – **BIM dictionary platform**. Disponível em: https://bimdictionary.com. Acesso em: 18 Ago. 2014.

BIMFORUM, 2018 – **Level of development specification Part I & Commentary**. United States: MISD e BIM-M.

BOLPAGNI, M., CIRIBRINI, A., 2015 – **The information modeling and the progression of data-driven projects**. Milano, Italy.

BS 1192-4:2014 – **Collaborative production of information. Part 4: Fulfilling employer's information exchange requirements using COBie – Code of practice**. United Kingdom: BSI.

CT197-BIM, 2017 – **Guia da contratação BIM**. Comissão Técnica de Normalização BIM, Portugal.

EASTMAN, C. *et al*., 2014 – **Manual de BIM: um guia de modelação da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman.

GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2014 – **Caderno BIM – Apresentação de projetos de edificações em BIM**. Santa Catarina, Brasil.

ISO 19650-1:2018 – **Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: concepts and principles**. Geneva, Switzerland: ISO.

ISO 19650-2:2018 – **Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 2: delivery phase of the assets**. Geneva, Switzerland: ISO.

PORTARIA n.º 701-H/2008 – **Conteúdo obrigatório do programa e do projecto de execução, bem como os procedimentos e normas a adoptar na elaboração e faseamento de projectos de obras públicas, designados «Instruções para a elaboração de projectos de obras», e a classificação de obras por categorias.** Diário da República n.º 45, 1.º Suplemento, Série I de 2008-07-29. Lisboa: Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.

A RETROFIT TECHNIQUE FOR TIMBER BEAMS USING WOODEN PEGS – GUIDELINES AND EXPERIMENTAL VALIDATION

TÉCNICA DE REFORÇO DE VIGAS DE MADEIRA COM USO DE CAVILHAS DE MADEIRA – ORIENTAÇÕES E VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL





Alice Sartori [(1)], Hélder S. Sousa [(2)], Jorge M. Branco [(3)]

(1) ISISE, IB-S, Dept. Civil Engineering, University of Minho e AOF – Augusto de Oliveira Ferreira & Ca. Lda., Portugal, alice.sartori@hotmail.com

(2) ISISE, IB-S, Dept. Civil Engineering, University of Minho, Portugal, sousa.hms@gmail.com

(3) ISISE, IB-S, Dept. Civil Engineering, University of Minho, Portugal, jbranco@civil.uminho.pt

ABSTRACT

This work presents the analysis of a retrofit method for existing floor or roof timber beams, using only timber elements. The retrofit technique applies timber planks connected on the lateral sides of the existing beam by means of timber pegs. Based on literature recommendations and carpenters' experience, a guideline was prepared with the description of each step of implementation of the technique for onsite applications. The guidelines reflect recommendations that derive from an experimental campaign regarding the application of this technique. That experimental campaign consisted of both double shear tests on smaller size specimens and 4-point bending tests on structural size elements.

Keywords: Timber Structures / Wooden Pegs / Guidelines / Retrofit / Material Compatibility

EXTENDED SUMMARY

INTRODUCTION

This work results from the cooperation between the Civil Engineering Dept. of University of Minho and the company Augusto de Oliveira Ferreira & Ca. Lda (AOF) aiming at analysing a retrofitting technique, based on compatibility concerns and validated through experimental evidences. The technique is an evolution of the traditional method which considers the use of planks on the extrados of the beam. In this case, the work focused on the study of the strengthening technique carried out with the application of timber planks on the lateral sides of the beams by means of a dry connection with timber pegs.

PROPOSED TECHNIQUE – GUIDELINES

Dividing the procedure in different steps, the first considers the installation of a propping system followed by visual inspection, possibly with the help of non-destructive tests (NDT), in order to approximately estimate the depth of decay and the need of intervention on either the entire length of the beam or simply in correspondence of critical cross-sections. The second step focus on the cleaning of the existing structure where all the natural irregularities are maintained as long as proved not decayed. Metal elements are to be removed, if possible, without bringing more damage to the structure. The third step sees the application of the retrofitting planks which are maintained in place by means of clamps during the procedure. In case of an application along the entire length of the beam, the planks are to be inserted in the bearing wall. Wedges are then inserted in the next step to provide a smooth and regular surface for the installation of the fastener. In the following step, the timber planks are cored and the peg is inserted right after. Once the installation of the pegs is finished, the propping system can be removed. Because of its possible dry nature, this technique does not require an additional time to set as its influence on the structure is immediate.

EXPERIMENTAL CAMPAIGN

Double shear test

For the double shear local tests, a total of 30 samples with different cross-sections geometry were prepared from old chestnut. Reinforcing pine planks were then added by means of 6 Massaranduba pegs (3 per each side) with a diameter of 25 mm and a variable length depending on the cross-section of the sample. The specimens were built following the suggested guidelines. During the tests, values of minimum and mean vertical load and slip were monitored and recorded for all samples.

4-point bending test

The values obtained from the 4-point bending tests of two full scale beams (one unglued and one with glued pegs), showed that once the influence of the geometrical dimension is neglected the glued beam display a strength 18 % higher than the unglued element. Modulus of elasticity equal to 5289 N/mm^2 (glued) and 6995 N/mm^2 (unglued) were found. The two reinforced beams provided a value of modulus of elasticity lower than the threshold assumed by the codes, and therefore a higher stiffness than the one expected by an unreinforced element. It is important to underline that in both the bending tests carried on the beams, none of the pegs experimented failure or significant deformation.

CONCLUSIONS

Considering all the analysis carried out, the observation done and the results presented, it is possible to assert that the reinforcing technique studied in this work gave satisfying results and was able to provide a higher

performance to the strengthened timber beams. This result lead to the conclusion that a satisfying retrofitting can be provided for historical timber structure where this technique may be applied.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was partly financed by FEDER funds through COMPETE and by national funds through FCT within the scope of project POCI-01-0145-FEDER-007633. Project POCI-01-0145-FEDER-032031-UM.1.19, "TimQUAKE", financed by national funds through FCT and co-financed by the FEDER through POCI is acknowledged. A particular acknowledgement to AOF – Augusto de Oliveira Ferreira & Ca. Lda for the assistance and availability in the building of the samples and for sharing their experience and knowledge.

Nota

Artigo completo publicado no número temático: Reabilitação Estrutural de Edifícios da série III da RPEE – *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas* (consultar em: http://rpee.lnec.pt/Ficheiros/rpee_serieIII_n13/rpee_sIII_n13.pdf?fbclid=IwAR2MgK8BhCDKZfHxFsIXZu_NcfWR_KObWxgcrD5ls5b_mSLJknwYk2MFmlw).

ENQUADRAMENTO PARA A DEFINIÇÃO DE UM CICS NACIONAL

FRAMEWORK TO DEFINE A NATIONAL CICS

Paula Couto [(1)], Maria João Falcão Silva [(2)], Filipa Salvado [(3)], Álvaro Vale e Azevedo [(4)]

(1) LNEC, Portugal, pcouto@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, asalvado@lnec.pt
(4) LNEC, Portugal, ava@lnec.pt

RESUMO

O levantamento dos sistemas de classificação da informação para a construção (CICS, *Construction Information Classification Systems*) internacionais mais utilizados na atualidade constitui uma referência da maior relevância para o desenvolvimento da proposta para um sistema de classificação nacional aplicável à gestão da informação da construção. Os princípios básicos, de estruturação e de codificação, validados pela aplicação e evolução destes sistemas, apresentam-se como as referências para o desenvolvimento de um CICS para Portugal. Devem ainda ser tidos em consideração documentos em português, como outros tipos de sistemas de classificação, legislação relacionada com a construção e normas portuguesas já estabelecidas, para a consolidação dos termos e das definições em português. Neste contexto, assume-se de grande importância o desenvolvimento, implementação e divulgação de um CICS nacional, harmonizado com as normas e os sistemas de classificação internacionais, tendo em consideração os mais recentes avanços operados nas áreas das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e das metodologias BIM (*Building Information Modelling*).

O presente artigo apresenta um levantamento de sistemas de classificação da informação para a construção existentes ao nível internacional e de outros documentos nacionais existentes e que contemplem o setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), mas cujo enfoque não seja exclusivamente neste setor. O trabalho desenvolvido tem em vista contribuir para a definição e proposta de desenvolvimento de um CICS nacional normalizado, orientado para objetos BIM, e com uma abrangência que permita representar a complexidade dos processos do setor AECO português. Inicialmente é apresentado o levantamento documental relevante realizado e depois são apresentadas linhas gerais de uma proposta futura para um CICS de âmbito nacional para Portugal. Finalmente são apresentados os desenvolvimentos futuros do trabalho desenvolvido.

Palavras-chave: Sistemas de Classificação / CICS / Normalização / Gestão da Informação

1. INTRODUÇÃO

Sendo o setor AECO conservador no que respeita à adoção de novas tecnologias, e considerando as restrições de natureza orçamental resultado da conjuntura atual, para fazer face a estas adversidades, as organizações, tem vindo a adaptar-se, procurando diminuir custos, aumentando a eficiência e produtividade, sendo mais flexíveis e promovendo a qualidade do seu trabalho (Nunes *et al.*, 2019; FEPICOP, 2018).

De forma a melhorar a integração e interoperabilidade entre diferentes tecnologias, adicionando as vantagens e minimizando os inconvenientes de cada ferramenta, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) desempenham assim um papel fundamental neste processo, proporcionando a automação e comunicação de diversos processos. Os CICS assumem um papel importante no desenvolvimento de um projeto através de metodologias BIM com a implementação, organização e estruturação da informação gerada (Nunes *et al.*, 2016).

Na sequência da crescente tendência do setor AECO a nível mundial para desenvolver e adotar CICS, tendo presente a sua interoperabilidade e intervenção nos procedimentos BIM (Gelder, 2015a), Portugal tem vindo a promover esforços no sentido de desenvolver um CICS para utilização a nível nacional (Nunes *et al.*, 2019).

Neste sentido, o presente artigo apresenta-se um levantamento de sistemas de classificação internacionais e de sistemas de classificação nacionais que abranjam o setor AECO, com vista a contribuir para a definição e implementação de um CICS nacional normalizado, com uma abrangência que permita representar a complexidade dos processos do setor e orientado para objetos BIM, salientando-se a sua relevância para as atividades de conservação e reabilitação de edifícios.

2. CICS EXISTENTES A NÍVEL INTERNACIONAL

O conceito de classificação pode ser decomposto nos seguintes três propósitos (Leach e Gibbs, 2011):

- Agrupar objetos em classes.
- Definir taxonomias.
- Promover a recolha, tratamento e distribuição de informação de objetos distinto.

Objetos podem representar conceitos concretos (*e.g.* materiais de construção, edifícios) ou abstratos (*e.g.* propriedades de materiais).

A classificação surge quando se realiza uma distribuição de objetos em classes, sendo que, uma classe é composta por um conjunto de objetos com determinadas particularidades em comum, relação lógica ou afinidade, que possibilita a sua distinção de outros objetos.

A norma internacional ISO 12006-2, onde o sistema proposto é maioritariamente analítico, apresenta uma da estrutura base para a definição de um sistema de classificação para a construção. Aqui as diversas tipologias de classificação não se excluem mutuamente, sendo possível encontrar em várias classificações utilizações simultâneas destas tipologias (Monteiro, 1998).

O sistema OmniClass (USA) e o Uniclass2015 (UK) destacam-se dos restantes sistemas internacionais existentes devido à sua maturidade e abrangência, ambos têm sido desenvolvidos e aprimorados ao longo de vários anos, estando atualmente amplamente difundidos e adaptados aos setores dos seus países. No Quadro 1 apresenta-se a descrição da documentação normativa relevante para CICS no setor AECO.

Quadro 1 – Documentação normativa para CICS no setor AECO

CICS	Descrição
Uniclass	O Uniclass 2015 incorpora o BIM Toolkit Project, desenvolvido pelo National Bureau of Standards (NBS). Constitui um sistema de classificação unificado e abrangente a todo o setor AECO do Reino Unido que tem como objetivo a organização da informação gerada na conceção e execução de projetos de forma estruturada e normalizada (Delany, 2015). É composto por tabelas de classificação de objetos, podendo ser aplicadas a objetos com diferentes escalas. As tabelas podem ser utilizadas para categorizar informação sobre orçamentação, instruções, criação de *layers* CAD e para preparar especificações ou documentação sobre produtos. Abrangem a informação gerada pelos projetos, bem como a informação relacionada com a fase de manutenção e de gestão (Nunes *et al.*, 2019). A organização das tabelas é hierárquica e permite que a informação seja considerada de um modo geral ou detalhado, de acordo com a exigência do projeto em questão (Delany, 2015).
OmniClass	O OmniClass (OCCS, 2016) está concebido para dotar o setor AECO norte-americano de uma ferramenta normalizada, que permita a classificação e organização da informação, definida e utilizada pelo setor, promovendo a sua integração e partilha, com recurso a meios informáticos. Este sistema tem como objetivo a classificação do ambiente construído, ao longo do seu ciclo de vida. Para tal, contempla as diversas tipologias de construção norte-americanas existentes (Nunes *et al*., 2019). Este sistema é constituído por diferentes tabelas baseadas em sistemas de classificação existentes aquando da sua conceção, nomeadamente: MasterFormat; UniFormat e Electronic Product Information Cooperation (EPIC). Atualmente é composto por 15 tabelas de classificação, em que cada uma representa uma diferente faceta de informação sobre a construção. Cada tabela pode ser usada individualmente ou combinada com outras de modo a classificar temas mais complexos. (Nunes, 2016).
ProNIC	O Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção (ProNIC) é uma aplicação normalizada, estruturada e codificada para trabalhos de construção, contemplando especificações técnicas e custos relacionados com esses trabalhos e materiais de construção (Consórcio ProNIC, 2015). Atualmente é composto por duas estruturas de desagregação, uma prevista para obras em edifícios e outra para obras de infraestruturas rodoviárias, as quais se decompõem em 26 e 10 capítulos, respetivamente. Constitui uma ferramenta e metodologia de gestão técnica de informação na construção, cujo potencial, eficiência e utilidade se encontram firmados (Parque Escolar, 2016). O conjunto das suas características e funcionalidades enquadram-no no âmbito dos CICS e dos IPDS – Integrated Project Delivery Systems. O ProNIC baseia-se na proposta de classificação desenvolvida pela EPIC (European Product Information Cooperation) e permite classificar materiais ao nível do produto, de acordo com os princípios base de função, forma e material (Consórcio ProNIC, 2015).

3. PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE CICS NACIONAL

Verificada a inexistência de um sistema nacional focado no sector AECO e através da análise dos princípios, atributos e vantagens dos diferentes CICS existentes a nível nacional e internacional, verifica-se que será proveitoso adotar um sistema existente, validado pela sua utilização, como referência na proposta para a conceção de um sistema de classificação nacional (Nunes, 2016).

O sistema OmniClass em termos gerais é um sistema equivalente a Uniclass2 (versão anterior a Uniclass2015), ambos foram concebidos em harmonia com a ISO 12006-2 e contam com diferentes versões publicadas, revelando maturidade enquanto ferramentas.

O sistema Uniclass, atualmente na versão Uniclass2015, apresenta-se como um sistema mais flexível, suscetível de acomodar alterações de forma mais célere, minimizando o desfasamento temporal entre as necessidades do sector e a sua capacidade de resposta. Revela-se também um CICS mais equilibrado e abrangente uma vez que todas as tabelas que o compõem permitem abranger o setor AECO, enquanto, o OmniClass não alcança esse nível de abrangência em todas as suas tabelas.

Verifica-se também que, ao contrário do Uniclass2015 que apresenta 4 níveis de detalhe em quase todas as tabelas, no OmniClass existem tabelas com discrepância ao nível de detalhe (Gelder, 2015a; Gelder, 2015b).

Com base nesta análise e na ponderação entre os sistemas OmniClass e Uniclass2015, propõe-se o desenvolvimento de um CICS baseado no sistema internacional UniClass2015 que integre vantagens de outros sistemas e esteja adaptado ao setor nacional.

Desta forma é possível desenvolver um CICS abrangente, capaz de satisfazer as necessidades do setor AECO português nesta temática, dotando-o de um sistema moderno e eficiente, adaptado à complexidade e dimensão dos trabalhos de engenharia civil do país.

Sendo o UniClass2015 a principal referência, tal implicará que o CICS a desenvolver esteja em conformidade com as normas internacionalmente aceites, e, portanto, um sistema normalizado. Assim, o Sistema de Classificação Nacional para a Construção deverá contemplar os seguintes princípios gerais:

- Estar em conformidade com a norma ISO 12006.
- Incluir uma classificação composta por tabelas hierarquicamente organizadas.
- Abranger a complexidade e dimensão dos trabalhos do setor AECO nacional.
- Ser dotado de uma codificação simples, intuitiva e flexível para acomodar novas entradas.
- Permitir a aplicação isolada das tabelas ou de tabelas relacionadas entre si.
- Integrar uma base de dados de terminologias, conceitos e descrições.
- Ser orientado para o objeto, promovendo a sua integração e aplicação nas metodologias BIM.

O desenvolvimento de uma metodologia para a definição de um CICS nacional poderá contemplar características semelhantes às do UniClass2015 (ver Quadro 2). Salienta-se o nível de abrangência (contemplando a atividades de conservação e reabilitação), a estrutura hierárquica; a relação entre diferentes tabelas; o complemento de uma base de dados de terminologia; e a codificação flexível, que permite a introdução de novos elementos.

Quadro 2 – Tabelas de classificação Uniclass2015

Abreviatura	Designação
Co	Complexes (Empreendimentos)
En	Entities (Entidades)
Ac	Activities (Actividades)
SL	Spaces /Locations (Espaços / Localizações)
EF	Elements / Functions (Element / Funções)
Ss	Systems (Sistemas)
Pr	Products (Produtos)
Zz	CAD (Desenho Assistido por Computador)
Ca	Construction Aids (Ajudas de Construção)
FI	Form of Information (Tipos de Informação)
PM	Project Management (Gestão de Projeto)

O desenvolvimento de um CICS nacional beneficiará também com a participação e crítica dos diferentes intervenientes dos processos construtivos, promovendo um sistema aberto, adaptado à realidade portuguesa, não descurando, enquanto ferramenta, o seu potencial para a promoção, desenvolvimento e modernização do setor AECO.

Realça-se também o papel contributivo do ProNIC no desenvolvimento de um CICS no que se refere a: i) listagem e estruturação dos capítulos dos trabalhos de construção; ii) classificação de materiais de acordo com função, forma e material; iii) terminologia e conceitos utilizados. No entanto o CICS proposto permite uma maior abrangência pois está alinhado e com correspondência direta (ao nível de codificações) com CICS utilizados internacionalmente (*e. g.* Omniclass; Uniclass).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos princípios base, estruturação e codificação já validados com a aplicação e evolução dos CICS internacionais utilizados atualmente, representa uma referência para o desenvolvimento de uma proposta de um CICS nacional. Ponderando os princípios, atributos e vantagens dos diferentes CICS analisados e dada a inexistência de um CICS nacional focado no setor AECO Construção, nomeadamente para as atividades de conservação e reabilitação de edifícios, verifica-se que a adoção de um sistema já existente para a realidade Portuguesa é proveitosa. Assim, destacam-se o OmniClass e o Uniclass2015 devido à sua maturidade e abrangência. Ambos têm sido desenvolvidos ao longo dos últimos anos, estando atualmente difundidos e adaptados aos diversos setores dos seus países de origem.

O Uniclass2015 apresenta-se como um sistema mais flexível, suscetível de acomodar alterações de forma mais célere, minimizando o desfasamento temporal entre as necessidades do setor e a sua capacidade de resposta. Propõem-se assim, o desenvolvimento de um CICS baseado no sistema internacional UniClass2015 que integre vantagens de outros sistemas e esteja adaptado ao setor AECO nacional. Este sistema abrangente a desenvolver, demonstra-se capaz de satisfazer as necessidades do setor AECO português. Este sistema proposto permite também uma harmonização e interligação com CICS existentes.

REFERÊNCIAS

CONSÓRCIO PRONIC, 2015 – **ProNIC - resumo executivo – funcionalidades**.

DELANY, S., 2015 – **An update on Uniclass2**. http://www.cpic.org.uk/uniclass/ [acedido a 18-12-2019].

FEPICOP, 2018 – **Construção cresce 3,5% em 2018**. *Conjuntura de Construção – Principais indicadores*. (106), pp. 1/2. Lisboa: FEPICOP.

GELDER, J., 2015a – **The design and development of a classification system for BIM**. *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations*. 149, pp. 477-491. http://library.witpress.com/viewpaper.asp?pcode=BIM15-039-1 [acedido a 18-12-2019].

GELDER, J., 2015b – **The principles of a classification system for BIM: Uniclass 2015.** *Living and Learning: Research for a Better Built Environment*: *49th International Conference of the Architectural Science Association*. 1, pp. 287-297.

ISO, 2015 – **Building construction – Organization of information about construction works – Part 2: framework for classification**. Genebra: ISO. ISO 12006-2:2015

LEACH, R.; GIBBS, S., 2011 – **Waste management and minimization – Classification of industrial, commercial, residential, agricultural and construction waste**. *Encyclopedia of Life Support Systems*. pp.1-6.

MONTEIRO, M., 1998 – **Classificação da informação na indústria da construção – Perspetivas e percursos**. Dissertação de Mestrado. Porto: FEUP.

NEEDHAM, C., 1971 – **Organizing knowledge in libraries: an introduction to information retrieval**. 2nd ed. London: Seminar Press Ltd.

NUNES, H., 2016 – **Sistemas de classificação de informação da construção: proposta de metodologia orientada para objetos BIM**. Dissertação de Mestrado. Caparica: FCT-UNL.

NUNES, H.; COUTO, P.; FALCÃO SILVA, M. J., 2019 – **Sistemas de classificação de informação na construção: contribuição para a definição de um sistema de classificação para Portugal**. Relatório 268/2019 – DED/NEG. Lisboa: LNEC.

NUNES, H.; COUTO, P.; FALCÃO SILVA, M. J.; PINHO, F., 2016 – **Proposta de sistema de classificação nacional orientado para objetos BIM**. In 1.º Congresso Português de Building Information Modelling: Atas.

OCCS, 2016 – **Development committee secretariat. omniclass: a strategy for classifying the built environment.** *About OmniClass*. http://www.omniclass.org/about.asp [acedido a 18-12-2019].

PARQUE ESCOLAR, 2016 – **ProNIC – Estrutura de codificação de artigos**. http://www.parque-escolar.pt/pt/empresa/parceria-pronic.aspx [acedido a 18-12-2019].

ProNIC, 2019 – **Protocolo para a normalização da informação técnica na construção**. http://www.pronic.inescporto.pt [acedido a 18-12-2019].

LASER SCANNING NO APOIO À REABILITAÇÃO FUNCIONAL DE UM EDIFÍCIO

FUNCTIONAL REHABILITATION OF A BUILDING SUPPORTED BY LASER SCANNING TECHNOLOGY





Maria João Falcão Silva [(1)], Paula Couto [(2)], Fernando Pinho [(3)]

(1) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, pcouto@lnec.pt
(3) CERIS, FCT-UNL, Portugal, ffp@fct.unl.pt

RESUMO

A conjuntura dos últimos anos em Portugal tem promovido a reabilitação em detrimento da construção nova, sendo que estas ações possuem especificidades técnicas que devem ser alvo de estudo por parte dos intervenientes no projeto, construção e manutenção. A reabilitação, para além de uma componente estrutural, contempla muitas vezes aspetos funcionais relacionados com uma "nova utilização" do espaço. O setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO) tem vindo a inovar nos métodos de projetar e construir através do uso de novas tecnologias, destacando-se o Building Information Modelling (BIM).

O presente trabalho enquadra o BIM na reabilitação funcional de edifícios, sendo desenvolvido um estudo em que é aplicada esta metodologia à conversão de um espaço de armazenamento de um edifício comercial numa sala de cinema de última geração. A modelação em BIM foi desenvolvida tendo por base peças desenhadas, disponibilizadas pelo gestor do ativo, em complemento com o levantamento do existente, efetuado com recurso à tecnologia inovadora *Laser Scanning*. O modelo digital desenvolvido permitiu a verificação de diferenças dimensionais existentes entre os desenhos e a realidade, e ainda a integração de toda a informação pertinente, que pelos meios tradicionais implicaria a realização de desenhos diferenciados. Os resultados obtidos, e devidamente justificados, permitem demonstrar a utilidade desta metodologia no apoio a eventuais intervenções de reabilitação funcional.

Palavras-chave: Laser Scan / BIM / Reabilitação Funcional

1. INTRODUÇÃO

A reabilitação de edifícios surge como uma oportunidade para o setor da AECO se tornar dinâmico, com foco na reabilitação de edifícios existentes, tanto a nível estrutural e funcional, melhorando sua qualidade com base em princípios de sustentabilidade, como preservação de valores culturais, proteção ambiental, consumo de energia e valorização do patrimônio. Nesse tipo de ação, é necessário considerar um conjunto de requisitos técnicos e operacionais que não existem na nova construção e que criam desafios diferentes para todos os atores envolvidos nesse processo (Bryde, Broquetas, Volm, 2013).

Não basta investir apenas na reabilitação desses edifícios antigos, já que muitos deles estão em centros urbanos servidos por infraestruturas antigas e sem capacidade para novos grupos populacionais que desejam se mudar para esses centros. Nesses casos, são necessárias ações de reabilitação urbana, com a recuperação e melhoria de infraestruturas, a criação de espaços de socialização e cultura e a provisão de novos serviços, alterando a função dos espaços existentes. Assim, com a perspetiva de aumentar as obras de reabilitação em Portugal, do espaço público e privado, é necessário adaptar o setor às novas solicitações e desafios, com o apoio em tecnologias inovadoras e emergentes (Crespo, Ruschel, 2007).

Nos projetos de reabilitação, os desafios são colocados no nível da necessidade de informações sobre a geometria dos espaços exteriores e interiores, heterogeneidade dos materiais de construção, processos de construção da época e todas as operações necessárias na obra. Nesse contexto, a adoção do BIM em projetos de reabilitação apoia a troca de informações entre os diferentes intervenientes e melhora o processo de relacionado entre eles desde as fases de projeto e de construção, até às fases de manutenção e de desconstrução (Ghassemi, Becerik-Gerber, 2011; Kivits, Furneaux, 2013).

2. ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL

2.1. BIM na reabilitação de edifícios

O Building Information Modeling (BIM) é uma das metodologias emergentes que oferece uma nova abordagem ao processo de controlo e gestão de todas as informações criadas e desenvolvidas na fase de projeto pelas várias especialidades e por todas as partes interessadas durante o ciclo de vida da construção, através da criação de modelos digital. As ferramentas baseadas na metodologia BIM permitem a automação de todos os elementos que constituem um projeto de construção / reabilitação, a deteção de erros nos projetos existentes e a análise de incompatibilidades entre as diferentes especialidades, permitindo o compartilhamento de informações, evitando assim a reprodução dos mesmos dados (Paiva, Aguiar, Pinho, 2006; Mahdjoubi, Moobela, Laing, 2013).

Há, no entanto, um conjunto de barreiras e limitações que estão a dificultar a implementação do BIM na prática profissional. A maioria das condições de natureza técnica tem vindo a ser gradualmente ultrapassadas. No entanto, são os problemas centrados nas pessoas e nas organizações que colocam os maiores desafios à adoção do BIM, nomeadamente a mudança de procedimentos e fluxos de comunicação, prestação de contas e confiança, que apresentam, na grande maioria das situações, grande oposição (Bryde, Broquetas, Volm, 2013). O uso do BIM está associado ao planeamento de projetos, análise de custos de construção, entregas de projetos de estruturas construídas, entre outros. Atualmente existe uma maior motivação para usar o BIM nos estágios iniciais do ciclo de vida dos edifícios existentes (Lino, Azenha, Lourenço, 2012).

Os principais desafios da implementação do BIM na reabilitação estão relacionados com a modelação dos elementos únicos que a constituem, exigindo um esforço de trabalho acrescido na modelação da informação incorporada nos objetos BIM e uma constante necessidade de atualizar essa mesma informação (Ghassemi,

Becerik-Gerber, 2011; Lino, Azenha, Lourenço, 2012). De fato, em projetos de reabilitação, a modelação deixa de recair sobre os elementos novos, passando a corresponder à criação de modelos “as-built” ou "como construídos", correspondentes ao modelo do edifício existente, com todas as informações e características associadas ao estado inicial da construção incorporada, devendo também a informação sobre as fases de manutenção, remodelação ou demolição estar associadas (Penttila, Rajala, Freese, 2007).

Cada projeto de reabilitação é único e apresenta problemas e dificuldades individuais na modelação (incluindo para fases de demolição e/ou reconstrução), pelo que a incorporação da metodologia BIM se torna vantajosa na medida em que permite a monitorização das incompatibilidades que ocorrem e antecipar eventuais obstáculos. Os benefícios da aplicação do BIM em projetos de reabilitação surgem ao nível: i) do próprio modelo e de sua visualização; (ii) da estimativa de quantidades e de custos; iii) da otimização de recursos humanos e de equipamentos; (iv) da garantia de uma construção mais sustentável, reduzindo o desperdício. Considera-se que existem duas maneiras distintas de criar modelos BIM para edifícios existentes em fase de reabilitação (Lopes, 2017) (Figura 1). Na primeira situação, o utilizador possui um modelo desatualizado ou possui apenas informações sobre o edifício existente, que precisa de atualização na base do pré-existente (CASO I). Na segunda situação, não existe informação sobre o projeto inicial e a construção atual, sendo necessária uma recolha e incorporação de dados "points-to-BIM" (CASOII) (Tang, Huber, Akinci *et al*., 2010; Taborda, Cachadinha, 2012; Randall, 2013; Volk, Stengel, Schultmann, 2014).

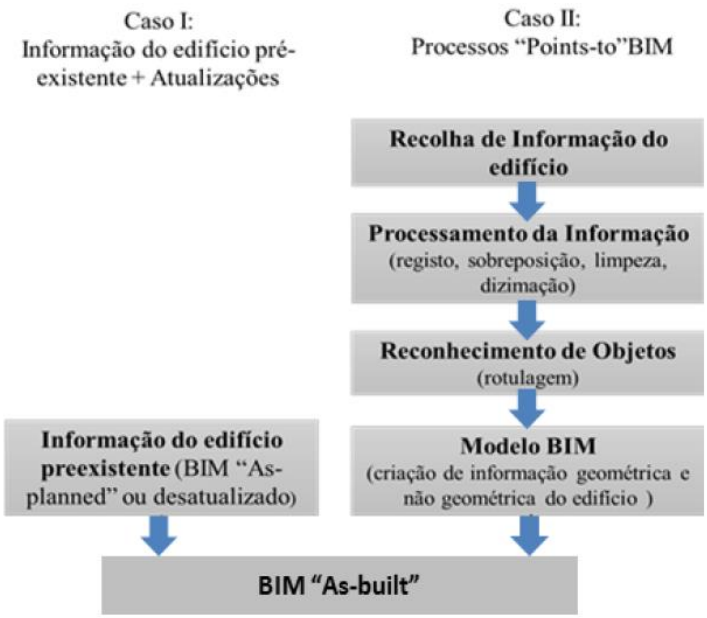


Figura 1 – Criação do modelo BIM em reabilitação de edifícios, adaptado de (Lopes, 2017)

2.2. Laser scanning na reabilitação de edifícios

O *laser scanning* é uma técnica adotada em projetos BIM, por ser reconhecida como uma tecnologia 3D capaz de medir com grande precisão o existente (Tang, Huber, Akinci *et al*., 2010). A metodologia BIM apresenta vários benefícios para projetos de construção e reabilitação. No entanto, quando combinado com o Laser Scanner 3D, permite a criação de modelos “as-built” ou "como construídos" (existentes) com precisão, flexibilidade na gestão de informações e grande eficiência (Randall, 2013).

O *laser scanning* pode ser usado na captura 3D das dimensões de uma determinada instalação existente e a nuvem de pontos resultante pode ser manipulada para criar um "modelo construído", facilitando, por meio da automação, um trabalho que antes era lento, subjetivo e muito propenso a erros (Mahdjoubi, Moobela, Laing, 2013). As principais vantagens são: i) obtenção de um grande conjunto de dados, com elevada precisão, num

curto período de tempo. Ao usar o *laser scanning*, é possível obter a visualização espacial através da recolha de milhões de pontos e alcançar locais inacessíveis, ao contrário do levantamento tradicional, que obtém apenas medições simples e algumas anotações; ii) precisão uniforme das coordenadas; iii) resposta em tempo real; iv) com a nuvem de pontos é possível criar uma malha através de triangulação que pode ser renderizada com uma certa textura ou fotografia; v) a partir dos dados vetoriais, também é possível obter informação detalhada das fachadas no modo vetorial; vi) flexibilidade na escolha do posicionamento do aparelho; vii) controle de qualidade no local; viii) ser um método de visão ativa e, portanto, não requer luz; ix) permite a reconstrução tridimensional de objetos de maneira completa e densa, permitindo a criação rápida de arquivos arquitetónicos.

O *laser scanning* 3D articulado na metodologia BIM oferece novas possibilidades de captura, mapeamento e análise de informações em edifícios existentes, em muitas situações a necessitar de intervenções de manutenção e reabilitação (Crespo, Ruschel, 2007). Trata-se de uma tecnologia muito adequada para identificação de anomalias no património edificado para subsequente incorporação em modelos BIM (Júlio; 2011).

3. CASO ESTUDO

3.1. Considerações gerais

Com a análise de um caso estudo, correspondente à aplicação da metodologia BIM à reabilitação funcional de um espaço comercial (transformação do armazém no cinema), pretende-se reunir um conjunto de instruções para a implementação do BIM em obras de reabilitação funcional, transmitindo ao utilizador procedimentos para sua aplicação, além de detalhes sobre o levantamento e modelação de objetos existentes.

O conjunto de indicações permite demonstrar como a metodologia BIM associada ao laser scanning pode ser aplicada desde a fase de recolha de dados do existente até a fase de modelação em formato digital, onde serão definidos os elementos a construir ou a demolir. Com o modelo digital global do edifício existente, os diferentes modelos parciais obtidos, para as diversas especialidades, são comparados e a informação contida (elementos a serem demolidos ou a serem construídos) podem ser extraídas do modelo e subsequentemente analisadas (Lopes, 2017).

3.2. Levantamento por Laser scanning

Em seguida é descrito o levantamento por *laser scanning* efetuado ao armazém de uma superfície comercial na zona da grande Lisboa que sofreu muito recentemente uma reabilitação funcional, tendo sido convertido numa sala, com características inovadoras, para cinema e lazer (Figura 2).


a) b)

Figura 2 – Realidade (fotografia) *vs* nuvem de pontos: a) aspeto do espaço interior; b) nuvem de pontos, adaptado de (Lopes, 2017)

O procedimento começa com uma visita de inspeção ao local (Figura 2a) para analisar a arquitetura e a geometria do espaço, a fim de planear a localização de equipamento de *laser scanning*, bem como definir o nível de detalhe pretendido. Verificou-se que, atendendo à geometria do espaço, não havia conexão direta e contígua entre as duas zonas a serem integradas na nova sala cinema, sendo, como tal, necessário planear a união das nuvens de

pontos obtidos nos dois espaços distintos através de alvos de referência colocados fora (ao ar livre), em área visível a partir dos dois espaços.

Antes da digitalização, a área coberta e a resolução pretendida foram definidas e, dependendo dos parâmetros inseridos, o sistema estimou o intervalo de tempo necessário para executar a completa digitalização do espaço em análise. Para as tarefas de importação, registo, limpeza e segmentação das nuvens de pontos, o módulo REGISTER da plataforma de software Leica Cyclone foi utilizado tendo-se obtido uma representação com grande nível de aproximação à situação real (Figura 2b) (Lopes, 2017).

3.3. Modelação BIM

Para efeitos de modelação em BIM, a informação referente ao edifício existente foi obtida por duas fontes diferentes: i) elementos em papel fornecidos pelo gestor do edifício; ii) levantamento dos espaços em estudo através da tecnologia *laser scanning*. Os elementos em papel (plantas) foram fornecidos em formato. dwg, contendo informações sobre arquitetura, estabilidade e sistemas secundários do edifício. Com o levantamento por *laser scanning* do existente, foi obtido modelo, contendo informações semelhantes, em formato. rcp (Autodesk Recap). O modelo digital BIM foi criado através da utilização do software Autodesk Revit (Figura 3a), assim como a nuvem de pontos foi obtida por *laser scanning* (Figura 3b).

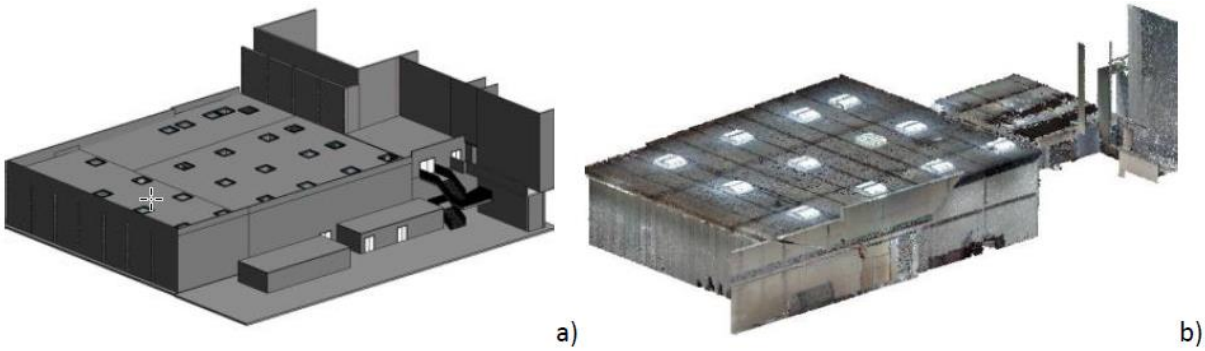


Figura 3 – Modelos da intervenção (As-built): a) BIM; b) nuvem de pontos, adaptado de (Lopes, 2017)

Os modelos obtidos pelas duas vias foram integrados num modelo global o que permite, desta forma, melhorar o nível de detalhe para as análises e extração futuras de informação do modelo global (Figura 4).

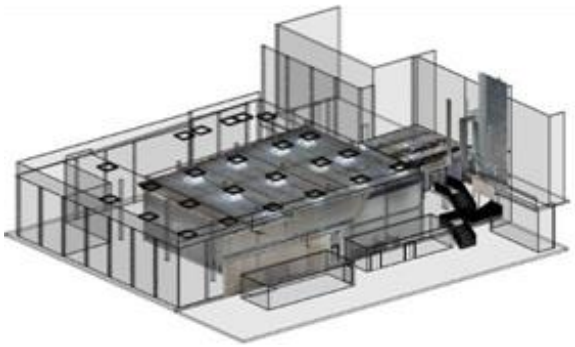


Figura 4 – Interseção modelo BIM com modelo da nuvem de pontos, adaptado de Lopes, 2017)

Com a premissa de que o software utilizado se encontra orientado para trabalhar em ambientes colaborativos, torna-se necessário que o software reconheça e leia formatos diferentes, pois no mesmo modelo diferentes intervenientes e especialidades podem, e devem trabalhar simultaneamente. O modelo digital do espaço intervencionado foi construído de forma estruturada e sequencial, com base no formato .dwg. A primeira fase da criação do modelo compreendeu a consideração de vários níveis, com correspondência direta às cotas de projeto, o que facilitou a introdução dos elementos constituintes das especialidades de arquitetura e de

estruturas do edifício analisado. Os elementos das especialidades são criados seguindo determinada ordem, nomeadamente estruturais (pilares, vigas, lajes) e elementos arquitetónicos. Em termos de modelação, a nuvem de pontos, obtida do *laser scanning*, quando inserida no software BIM utilizado, concretiza o aspeto de modelo BIM. No entanto este resultado da nuvem de pontos corresponde apenas a uma representação do existente onde não há elementos modelados com a informação correspondente integrada. O software BIM selecionado no âmbito do desenvolvimento do estudo, apresenta grande versatilidade por ter capacidade de interpretar dois formatos distintos: i) .dwg correspondente a plantas, elevações e cortes no Autocad; ii) rcp correspondente à informação contida na nuvem de pontos obtida pelo *laser scanning* (Lopes, 2017).

3.4. Análise e discussão de resultados

Durante o processo de modelação, a representação 3D tornou-se uma ajuda poderosa na identificação de diferenças, anomalias nos elementos existentes e na obtenção de medidas dimensionais essenciais para a tomada de decisão e a racionalização das mesmas. O software utilizado permite a integração de diferentes fases do processo empreendido durante a intervenção de reabilitação funcional em estudo, como a demolição e a construção nova de alguns espaços, no mesmo modelo (Figura 5 e Figura 6).

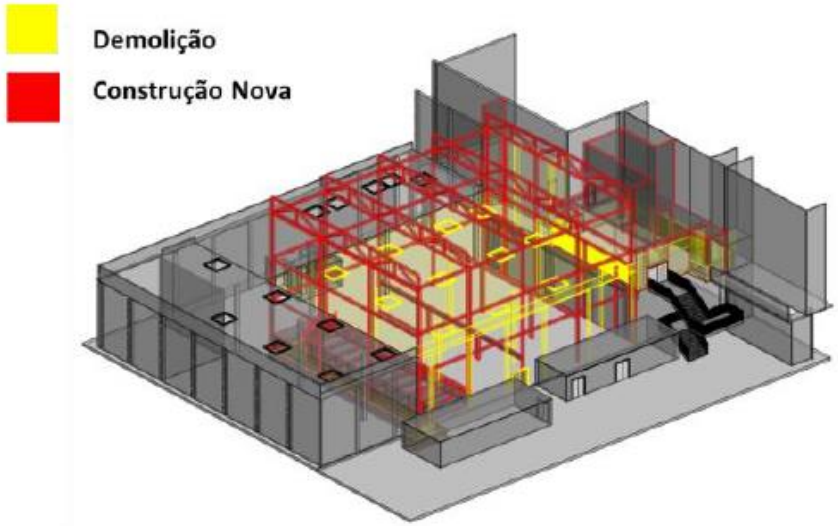


Figura 5 – Modelo BIM com faseamento construtivo, adaptado de (Lopes, 2017)

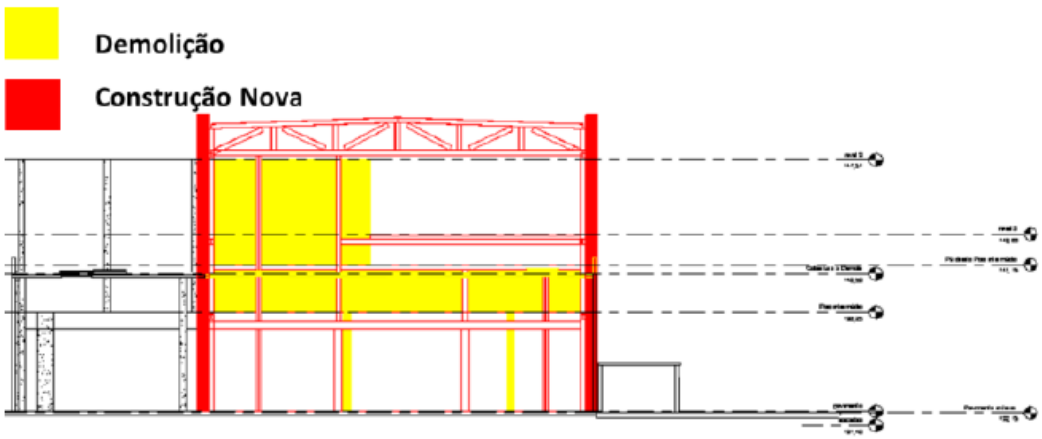


Figura 6 – Corte obtido de Modelo BIM, adaptado de (Lopes, 2017)

Em relação ao modelo da nuvem de pontos, foram identificadas algumas diferenças significativas entre as telas finais e o obtido do levantamento por *laser scanning* (Figura 7).

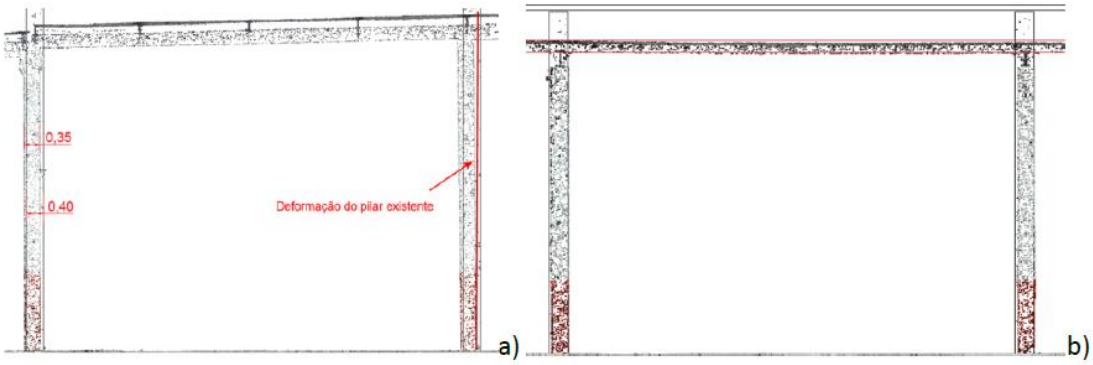


Figura 7 – Diferenças entre telas finais e nuvem de pontos: a) ao nível dos pilares; b) ao nível das coberturas, adaptado de (Lopes, 2017)

Por vezes, as diferenças identificadas podem estar associadas às espessuras dos elementos que não estão presentes na digitalização; de facto na maioria das vezes não é possível desenhar sem especulação. Além disso, por serem pontos e não linhas ou superfícies, a delimitação de elementos pode suscitar dúvidas e a seleção de pontos médios deve ser adotada, o que pode diminuir a precisão da modelação. A nuvem de pontos obtidos pelo levantamento a laser, após tratamento e manipulação, permitiu a criação de um modelo BIM correspondente, com elementos parametrizáveis.

É expectável que os modelos (BIM e nuvem de pontos) se apresentem muito semelhantes, no entanto, e usando as ferramentas de visualização que o software tem disponíveis, foram detetadas ligeiras diferenças entre os modelos arquitetónicos e estruturais, bem como a presença de certas e determinadas anomalias nos elementos constituintes.

4. PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DE LEVANTAMENTO POR LASER SCANNING EM MODELOS BIM, EM INTERVENÇÕES DE REABILITAÇÃO FUNCIONAL

A abordagem proposta insere-se numa fase prévia do ciclo de vida de um projeto de reabilitação (entre fases de estudo preliminar/anteprojeto e projeto de estruturas/especialidades), na qual se perspetivam as intervenções a empreender e as respetivas especialidades intervenientes, sendo compatibilizados os novos elementos com os elementos existentes. A introdução desta abordagem, apoiadas na metodologia BIM, entre a Fase 2 e a Fase 3, contribuirá de forma muito positiva para as fases subsequentes do projeto.

Após análise dos procedimentos efetuados e descritos sumariamente na secção anterior, bem como da análise dos resultados obtidos para o caso de estudo, verificou-se ser mais adequada a inversão do processo: primeiro levantamento por *laser scanning* seguido de modelação em BIM. Neste sentido, apresenta-se, de forma esquemática, uma proposta de procedimento para a implementação de *laser scanning* no apoio à reabilitação funcional de edifícios. (Figura 8).

Realizar uma compatibilização prévia entre o existente e as intervenções de reabilitação (de forma objetiva correspondentes a construção nova) num único modelo digital integrando toda a informação relativa ao edifício a intervencionar, permite que em fases de execução de obra, todos os obstáculos e até constrangimentos entre as diversas especialidades a instalar sejam analisadas e solucionados.

O contributo da proposta permite que as intervenções de reabilitação se tornem técnica e financeiramente mais apelativas e viáveis, na medida em que permite um maior controlo de custos e do tempo das atividades envolvidas nos processos de intervenção, bem como um planeamento prévio das intervenções que apresentem um elevado grau de dificuldade ao nível técnico.

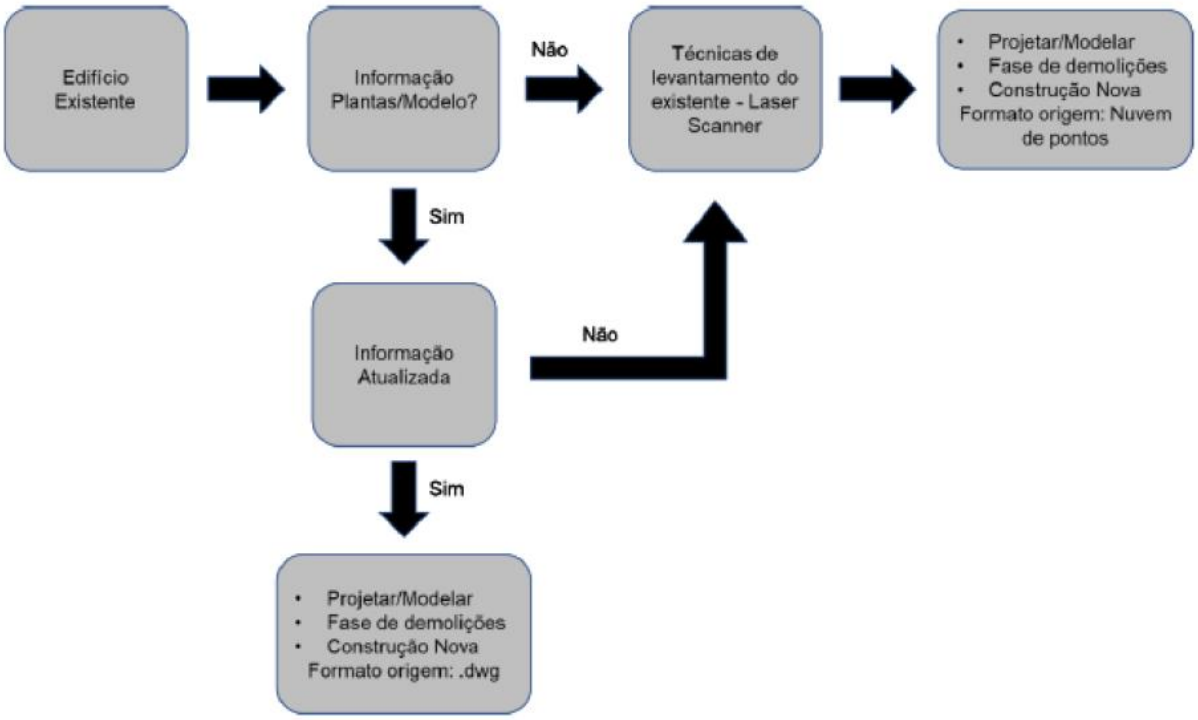


Figura 8 – Levantamento por *laser scanning* em modelos BIM para apoio a projetos de reabilitação: Proposta de abordagem, adaptado de (Lopes, 2017)

5. CONCLUSÕES

Na modelação dos objetos existentes, foi possível demonstrar que, apesar de ser uma tarefa que exige algum tempo e conhecimento do utilizador, é possível obter virtualmente um modelo representativo do real, com um elevado nível de detalhe e pormenorização. Durante todo este processo de modelação do edifício, a apresentação tridimensional (3D), tornou-se um poderoso auxiliar na identificação de diferenças entre os dois modelos já descritos, anomalias nos elementos existentes e na obtenção de medidas dimensionais essenciais à tomada de decisão e agilizando as mesmas.

A utilização do *laser scanning* é uma realidade cada vez maior em Portugal, com predominância de utilização em edifícios grandes e com algum grau de complexidade, onde serve de suporte topográfico e controlo em obra, havendo uma tendência na generalização da aplicação desta técnica em trabalhos de investigação no que se refere a projetos de reabilitação. Esse tipo de ferramenta apresenta muitas vantagens quando comparada com ferramentas e/ou procedimentos tradicionalmente usados, sendo uma delas, e a mais relevante, a facilidade com que se efetua a aquisição de informação relacionada com todos os processos associados a intervenções sobre edifícios existente e a manipulação na forma de nuvem de pontos.

Muito embora o levantamento de nuvens de pontos seja um processo expedito, não é ainda um processo que se encontra automatizado, sendo, como tal, necessário recorrer à utilização de ferramentas que permitam a semi-automação dessa tarefa. Nesse sentido, conclui-se que a integração do levantamento por *laser scanning* na metodologia BIM, designadamente em projetos de reabilitação, apresenta muitas vantagens quando comparado com os métodos utilizados convencionalmente, tanto no tratamento de informações sobre o edifício existente quanto na criação de todos os novos elementos a serem adicionados ao existente.

Com o uso mais frequente de técnicas de levantamento, como o laser scanning, os custos de aquisição e recolha de informação serão cada vez menores, de modo que as empresas do setor AECO poderão, num futuro próximo, substituir os seus dispositivos para levantamentos topográficos e arquitetónicos 2D por dispositivos 3D, que

permitem a criação automática de modelos. O caso apresentado permitiu a obtenção de conhecimentos sobre: i) a técnica de levantamento com recurso a *laser scanning*; ii) o tratamento dos dados adquiridos; iii) a modelação de objetos paramétricos, explorando a melhor maneira de aplicar a metodologia BIM em todas as suas dimensões.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os elementos disponibilizados pelo Eng. João Lopes para a elaboração do presente artigo.

REFERÊNCIAS

BRYDE, D., BROQUETAS, M., VOLM, J., 2013 – **The project benefits of building information modelling (BIM)**. *International Journal of Project Management*. 31(7):971-80.

CRESPO, C., RUSCHEL, R., 2007 – **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. *Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil*. (3):9.

GHASSEMI, R., BECERIK-GERBER, B., 2011 – **Transitioning to integrated project delivery: potential barriersand lessons learned.** Lean Construction Journal (September).

JÚLIO, E., 2011 – **6.2 Aplicação da tecnologia laser scanning à reabilitação do espaço construído. Aula 06: Métodos de inspeção e diagnóstico – Reabilitação e reforço de estruturas**. Aulas do Mestrado em Engenharia Civil 2011/2012, 55 p.

KIVITS, R., FURNEAUX, C., 2013 – **BIM: enabling sustainability and asset management through knowledge management**. *The Scientific World Journal*.

LINO, J., AZENHA, M., LOURENÇO, P., 2012 – **Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas**. Encontro Nacional Betão Estrutural – BE2012 24-26.

LOPES, L., 2017 – **Utilização da metodologia BIM no apoio à reabilitação funcional de um edifício**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: FCT-UNL. 101 p.

MAHDJOUBI, L.; MOOBELA, C.; LAING, R., 2013 – **Providing real-estate services through the in-tegration of 3DLaser scanning and building information modelling**. *Computers in Industry*. 64(9):1272-81.

PAIVA, J.; AGUIAR, J.; PINHO, A., 2006 – **Guia técnico de reabilitação habitacional**. Lisboa: INH e LNEC.

PENTTILA, H.; RAJALA, M.; FREESE, S., 2007 – **Building information modelling of modern historic buildings**. *Predicting the Future, 25th eCAADeKonferansı Frankfurt Am Main*. Germany 607-14.

RANDALL, T., 2013 – **Client guide to 3D scanning and data capture**. 35 p.

TABORDA, P., CACHADINHA, N., 2012 – **BIM nas obras públicas em Portugal: condicionantes para uma implementação com sucesso**. *Congresso Construção 2*012. 1-14.

TANG, P.; HUBER, D.; AKINCI, B.; LIPMAN, R.; LYTLE, A., 2010 – **Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: a review of related techniques**. *Automation in Construction*. 19(7):829-43.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F., 2014 – **Building information modeling (BIM) for existing Buildings – Literature review and future needs**. *Automation in Construction*. 38(April):109-27.

BIM-BASED METHODOLOGY FOR THE SEISMIC PERFORMANCE ASSESSMENT OF EXISTING BUILDINGS

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO SÍSMICO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES COM RECURSO A BIM

Gonçalo Lopes [(1)], Romeu Vicente [(2)], Tiago Ferreira [(3)], Miguel Azenha [(4)], Hugo Rodrigues [(5)]

(1) RISCO, Universidade de Aveiro, Portugal, gclopes@ua.pt
(2) RISCO, Universidade de Aveiro, Portugal, romvic@ua.pt
(3) ISISE, Universidade do Minho, Portugal, tmferreira@civil.uminho.pt
(4) ISISE, Universidade do Minho, Portugal, miguel.azenha@civil.uminho.pt
(5) RISCO, Universidade de Aveiro, Portugal, hrodrigues@ua.pt

ABSTRACT

This presents a BIM-based methodology for the seismic performance assessment of existing mixed URM-RC buildings that consists of four phases: (1) **Anamnesis**, dedicated to the survey and collection of facts about the existing building, the structure and its environs. It aims at a better understanding of the complexity of different layers, historic phases, interventions and additions; (2) **Diagnosis**, dedicated to the analysis and interpretation of the collected facts in order to obtain the necessary understanding of the current state of conservation, the building's behaviour and performance, and to discern about the eventual need for intervention; (3) **Therapy**, corresponding to the actual retrofitting design and can be performed using a fully developed information model (as in the case of new design), along with advanced BIM-based analysis and simulation methods to predict the expected improved performance and the related life cycle costs from the application of the proposed retrofitting measures and to evaluate different retrofitting proposals; and (4) **Control**, entailing a series of cyclical and regular monitoring actions and the implementation of strategies for a preventive conservation plan.

Keywords: BIM / Seismic Performance Assessment / Mixed Buildings / Laser Scanning / Rehabilitation

EXTENDED ABSTRACT

The recent advent of Building Information Modelling (BIM) has been changing the paradigm in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry. Regarding the assessment of existing buildings, one of the applications of BIM with more significant potential concerns the so-called "reverse engineering" (i.e., the reverse process compared with the traditional design procedure), which consists in recreating the existing “as-built” structure into a BIM model. Thanks to the high level of interoperability of BIM-based data, it is possible to transform this model into an accurate 3D computational numerical model, exploiting all the information collected and organised during the survey phase.

This BIM environment will represent the backbone strategy for bridging the research gap associated with a particularly vulnerable structural typology when subjected to seismic loads: the mixed URM-RC buildings. In fact, unreinforced masonry (URM) structures represent the highest proportion of the building stock worldwide and in regions affected by destructive seismicity, and together with reinforced concrete (RC) buildings, they account for the largest proportion of casualties in earthquakes. However, one typology that has revealed to be extremely vulnerable to seismic loads concerns the derived mixed URM-RC buildings. These have risen from the later introduction of RC structural elements (slabs, columns, ring-beams, etc.) into existing URM buildings, making them structurally more complex and unpredictable. The implementation of such practices, mainly in retrofitting interventions of existing unreinforced masonry (URM) building stock, has been spread all over the world, especially due to numerous vague recommendations given in certain building codes. Only in recent years, researchers have started to turn their attention to the seismic vulnerability of these structures, by studying and observing their particular damage patterns, mechanisms, and interaction effects from coupling RC structural elements to URM loadbearing walls. Moreover, the beneficial nature of structural interventions with RC on URM buildings located in seismically prone regions is still a contentious issue for most of the research community.

In this context, the full version of the present work (Correia Lopes, Vicente, Ferreira *et al*., 2020) presents a BIM-based methodology for the seismic performance assessment of existing mixed URM-RC buildings that consists of four phases: (1) **Anamnesis**, dedicated to the survey and collection of facts about the existing building, the structure and its environs. It aims at a better understanding of the complexity of different layers, historic phases, interventions and additions; (2) **Diagnosis**, dedicated to the analysis and interpretation of the collected facts in order to obtain the necessary understanding of the current state of conservation, the building’s behaviour and performance, and to discern about the eventual need for intervention; (3) **Therapy**, corresponding to the actual retrofitting design and can be performed using a fully developed information model (as in the case of new design), along with advanced BIM-based analysis and simulation methods to predict the expected improved performance and the related life cycle costs from the application of the proposed retrofitting measures and to evaluate different retrofitting proposals; and (4) **Control**, entailing a series of cyclical and regular monitoring actions and the implementation of strategies for a preventive conservation plan.

A case study building is presented to demonstrate the advantages and applicability of this methodological approach during the different phases of a building's lifecycle. This building is an example of the URM-RC building typology and consists in a residential palace from the 18th century located in the city of Aveiro, Portugal. Once accurately known the geometrical information (based on a laser scanning survey), and estimated the structural loads, it was possible to predict the material properties based on the calibration of natural frequencies obtained numerically and experimentally from an *in situ* ambient vibration testing campaign. Then, non-linear static (pushover) analyses have been performed based on the macro-element approach, using the 3DMacro software, in order to assess the seismic performance of the analysed building before and after the intervention (without

and with RC, respectively). Finally, the geometrical survey process used during the anamnesis stage will aid in the control stage (structural monitoring), should damage occur in the future, since it can help to detect significative deformations due to construction defects or cumulative ageing effects over time.

REFERENCE

CORREIA LOPES, Gonçalo; VICENTE, Romeu; FERREIRA, Tiago Miguel *et al.*, 2020 – **BIM-based methodology for the seismic performance assessment of existing Buildings**. *Portuguese Journal of Structural Engineering*. III(13): 45-54. *http://rpee.lnec.pt/Ficheiros/rpee_serieIII_n13/rpee_sIII_n13.pdf?fbclid=IwAR2MgK8BhCDKZfHxFsIXZu_NcfWR_KObWxgcrD5ls5b_mSLJknwYk2MFmlw*

APLICAÇÃO BIM NA CONSERVAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE VALOR PATRIMONIAL

BIM APLLIED ON THE CONSERVATION OF BUILDINGS OF PATRIMONIAL VALUE

Alcínia Z. Sampaio [(1)], Alberto Sánchez [(2)], Patricia Zulueta [(2)], Cristina Gonzalez [(3)]

(1) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, zita@civil.ist.utl.pt
(2) Escola de Engenheiros Industriais, Universidade de Valladolid, Espanha, asanchez@eii.uva.es; pzulueta@eii.uva.es
(3) Escola Técnica Superior de Engenheiros Industriais da UNED, Universidade de Madrid, Espanha, cggaya@ind.uned.es

RESUMO

A metodologia Building Information Modelling (BIM) é, actualmente, a principal plataforma de trabalho na indústria da Construção, e todos os sectores têm vindo a potenciar a sua aplicabilidade. Uma recente perspectiva de implementação do BIM, designada de Historic ou Heritage Building Information Modelling (HBIM), é direccionada para os imóveis de valor histórico ou de relevância patrimonial. Os trabalhos, desenvolvidos neste contexto, englobam essencialmente a descrição das formas arquitectónicas marcantes em cada época e a análise das soluções construtivas utilizadas, as quais revelam o nível de conhecimento, adquirido ao longo da evolução histórica da construção, relativamente ao comportamento resistente do material empregue. Adicionalmente, um projecto HBIM deve considerar a associação de toda a informação relacionada com o edifício, nomeadamente, o seu enquadramento histórico quando da sua construção, os desenhos antigos eventualmente existentes em arquivos municipais ou, mesmo, os relatórios de inspecção prévia ou de intervenção eventualmente efectuada. O conceito HBIM requer, assim, o estabelecimento de objectos paramétricos adequados, considerando a sua forma geométrica e o material constituinte, e, ainda, a incorporação de toda a informação histórica que possa ser recolhida, e que serve, naturalmente, de base de trabalho para uma correcta análise do imóvel antigo. O estudo apresentado reflecte o estado de arte relativo à recente implementação do BIM no apoio ao sector da conservação de imóveis de valor histórico, envolvendo os procedimentos relativos à modelação e gestão de documentação, no contexto da preservação do património arquitectónico.

Palavras-chave: BIM / HBIM / Património Arquitectónico / Documentação / Modelação / Conservação

1. INTRODUÇÃO

O conceito *Building Information Modelling* (BIM) considera a geração, a actualização e a reutilização de informação, centralizada num modelo digital, base do desenvolvimento do projecto colaborativo, envolvendo a participação de todos os intervenientes. Os avanços tecnológicos, que têm vindo a ser alcançados, incrementam permanentemente as capacidades disponibilizadas nos sistemas de base BIM, os quais são utilizados na elaboração de múltiplas tarefas inerentes ao projecto. O fundamento essencial na geração de um modelo digital rico em informação, consiste no processo de modelação baseado no uso de objectos paramétricos, que no contexto da preservação, devem ser rigorosamente representativos dos componentes construtivos, quer no seu aspecto geométrico, quer na correcção das propriedades físicas associadas aos materiais aplicados em cada época.

Na modelação de uma construção nova, os sistemas de base BIM disponibilizam objectos paramétricos de formas genéricas, por tipo de família, facilmente adaptáveis a cada caso concreto. Em relação ao imóvel antigo, as actuais bibliotecas de objectos são muito limitativas. A modelação rigorosa, da forma arquitectónica ou da solução construtiva adoptada num edifício antigo, requerida como base da análise e, posterior, concepção do projecto de conservação ou de reconversão, é de facto bastante difícil de alcançar, por recurso às bibliotecas de objectos existentes. Assim, o estabelecimento de objectos paramétricos adequados, requer uma abordagem específica quanto à representação da configuração arquitectónica marcante de cada época, a qual se quer, naturalmente, preservar. O histórico do processo construtivo, de um imóvel que atravessou diversas tendências arquitectónicas e que acompanhou a evolução das soluções construtivas aplicadas, deve ser recolhido, estudado e arquivado, como documentação de base, na concepção do projecto de intervenção, seja com o objectivo de reparação ou de reabilitação do edifício.

No contexto BIM, a pesquisa inovadora e muito recente, direccionada ao imóvel de valor histórico, tem vindo a ser reportada em diversas publicações. Esta perspectiva do BIM é referida, na literatura, como Historic ou Heritage Building Information Modelling, e é designada de HBIM. Nos relatos de intervenção efectuada em casos concretos, são apresentados estudos, essencialmente, relacionados com:

- A metodologia de **recolha** de informação baseada na documentação eventualmente existente, no levantamento gráfico e fotográfico efectuado no local e na utilização de equipamento de registo de imagens digitais (laser scanner e drones);
- A tentativa de padronizar configurações arquitectónicas, com a intenção de criar **objectos paramétricos** representativos de formas aplicáveis e reutilizáveis na construção antiga;
- A análise de **técnicas construtivas** utilizadas, com o objectivo de preservar as bases metodológicas conhecidas em cada época, e de identificar os materiais empregues e propriedades físicas associadas;
- O **arquivo** de documentos de cadastro, estudos realizados ou intervenções prévias, e a sua disponibilização para consulta por técnicos envolvidos no desenvolvimento de futuros projectos de intervenção.

2. HISTORIC BUILDING INFORMATION MODELLING

O conceito HBIM é um tópico recente de investigação e de aplicação em casos reais de restituição e devolução, ao edifício antigo, de um estado restaurado e valorizado, com base no conceito metodológico BIM. A investigação, educação e prática têm explorado a imergente utilização da tecnologia BIM no ambiente histórico, apoiando a preservação digital da informação recolhida e a visualização do modelo tridimensional (3D) gerado para os diferentes estádios construtivos do edifício, seja o inicial (baseado na documentação cadastrada

recolhida), a representação do actual estado de conservação (abandono, ruína ou degradação) e a proposta de intervenção (restauro ou reconversão).

A área HBIM engloba o processo inicial de estudo de contextualização histórica do imóvel, o domínio das tecnologias e materiais tradicionais aplicadas na construção antiga e o arquivo e gestão de toda a informação, recolhida e criada. Um edifício de valor patrimonial admite, normalmente, um histórico de transformações efectuadas ao longo do tempo, motivadas por diferentes influências arquitectónicas e por alteração imposta por reconversão habitacional exigida pelos sucessivos proprietários. Os trabalhos de intervenção devem, contudo, respeitar o passado e o valor histórico adquirido ao longo dos séculos. A preservação do imóvel histórico requer o envolvimento multidisciplinar de especialistas, abrangendo as áreas de história de arte, arquitectura e engenharia.

No âmbito da aplicação da metodologia BIM na actividade de conservação e restauro do património arquitectónico, a componente de **modelação** rigorosa e a recolha e a associação de **documentação** relevante, constituem as premissas fundamentais que têm vindo a ser alvo de investigação.

2.1. Padronização e modelação

A concepção de objectos paramétricos representativos de elementos arquitectónicos, incluindo o leque de ornamentos associado, normalmente não tipificados e únicos em cada obra, pode, em parte, ser baseado na interpretação de manuscritos sob arquitectura, desde os tratados de Vitrúvio (séc. I a.C.) aos de Palladio (1508-1580), evoluindo para os séculos XVII e XVIII, segundo os registos em livros de padrões arquitectónicos, com o objectivo de **identificar padrões** característicos das distintas épocas. Vitrúvio, autor romano responsável pelo mais antigo tratado a respeito de arquitectura, é o fundador de um entendimento moderno da arquitectura e da construção, tendo estabelecido regras de proporção estética. Andrea Palladio, publicou, em 1570, uma obra em quatro volumes, que se tornou fundamental na história da arquitectura, onde aborda as ordens arquitectónicas, a edificação pública e a construção sacra (Figura 1). O processo da modelação rigorosa num projecto HBIM requer uma representação sustentada no estudo da história de arte.



Figura 1 – Ilustrações de tratados de Vitrúvio e de Palladio

2.1.1. Regras de padronização

Segundo Murphy *et al.* (2013) o conceito HBIM constitui uma direcção inovadora do BIM onde a interactividade com o objecto paramétrico, deve permitir representar correctamente os **elementos arquitectónicos**, tanto em forma como no material constituinte (Figura 5). A construção de uma biblioteca paramétrica de elementos arquitectónicos requer um estudo detalhado sobre técnicas de construção, as quais podem ser encontradas em manuscritos sobre arquitectura, enquadradas em cada época. A evolução histórica dos manuscritos, seguindo uma ordem cronológica, permite a identificação de regras características da ornamentação aplicada nos edifícios clássicos, as quais devem poder ser representadas na modelação computacional, através de famílias especificas de objectos (Figura 2).



Figura 2 – Inserção de portal em fachada de edifício (M. Murphy *et al*., 2013)

Os padrões aplicados na construção antiga, seguem normalmente regras de definição que estão devidamente documentadas e ilustradas. Ou seja, é relativamente fácil identificar formas de revolução geradas com base em regras paramétricas da geometria de formas, características, por exemplo, de uma base de pilar, do seu fuste ou capitel ou de portais em arco e, ainda, de coberturas de configuração cilíndrica ou esférica (Figura 3). No contexto HBIM, o estudo relativo à recolha de informação e à caracterização de **regras de geração de formas**, tem como objectivo, a concepção de bibliotecas de objectos por época e tipo de construção, aristocrática, religiosa ou institucional (Quattrini *et al*., 2015).

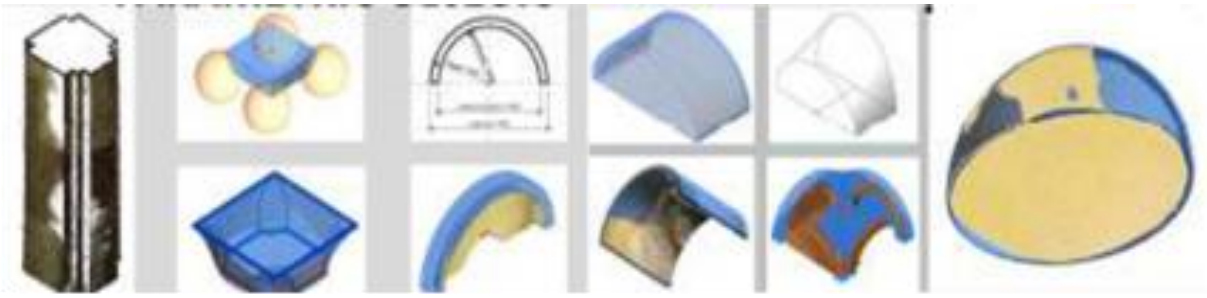


Figura 3 – Formas geométricas como base de objectos paramétricos (Quattrini *et al*., 2015).

Osello *et al.* (2018) apresenta um estudo de reconversão para uso hoteleiro, de um imóvel de interesse patrimonial, em Turim, Itália, recorrendo à modelação de **formas padronizadas**, estabelecidas com base na recolha de dados documentais e numa inspecção visual directa. A documentação de arquivo refere que a sua construção remonta ao séc. XVI, como casa forte, e que admitiu, no séc. XVIII, uma importante reabilitação, tendo requerido a renovação do espaço interior, o reforço do sistema construtivo e o restauro de detalhes decorativos. Como base do trabalho a desenvolver em ambiente BIM, foi efectuada, inicialmente, a caracterização do processo construtivo tradicional das épocas de construção e reabilitação, permitindo a identificação do modo de execução e do material constituinte dos componentes construtivos, de forma a serem representados através de objectos paramétricos, adaptados de famílias genéricas ou de famílias criadas especificamente para o caso de estudo (Figura 4).

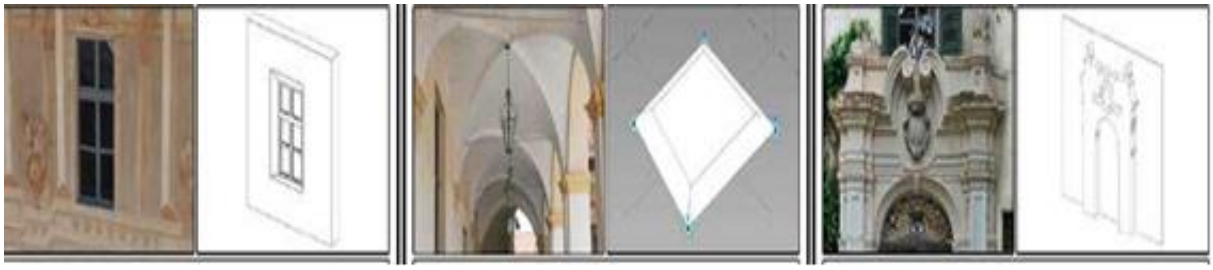


Figura 4 – Objectos paramétricos adaptados de famílias genéricas e específicas (Osello et al., 2018)

A interpretação e a compreensão de regras geométricas, são fundamentais à transposição, em termos

paramétricos, dos livros de padrões arquitectónicos para o processo de modelação HBIM (Figura 5). A arquitectura clássica é baseada em componentes de proporção geométrica regular e numa gama limitada de material e de textura, que interessa identificar, de forma a gerar os objectos paramétricos com os materiais e as propriedades físicas realistas. O produto final HBIM deve ser um modelo geométrico 3D completo, incluindo detalhes geométricos rigorosos, os materiais utilizados e os métodos construtivos aplicados.

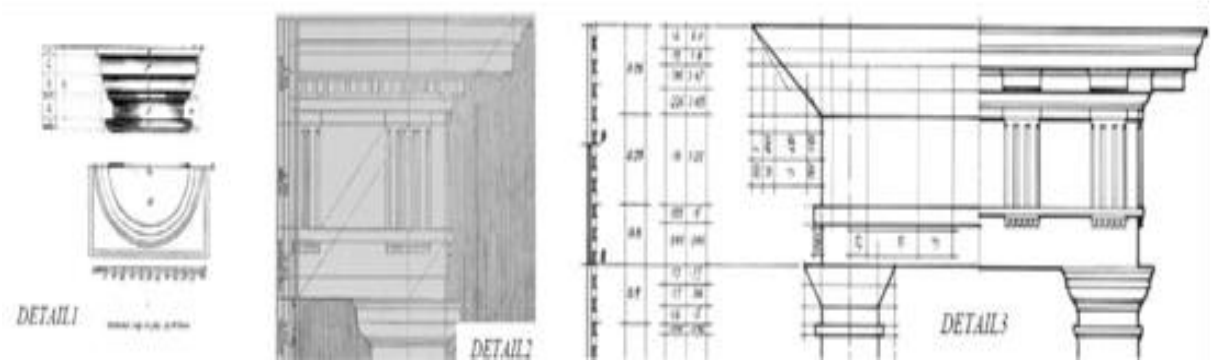


Figura 5 – Estudo de padrões (M. Murphy *et al*., 2013)

2.1.2. Concepção de famílias específicas

A tradução da complexidade da construção histórica através de um modelo 3D, por recurso a ferramentas que incorporam algoritmos reguladores rígidos, característica subjacente à modelação paramétrica dos instrumentos computacionais disponíveis, constitui uma limitação à obtenção de uma réplica da realidade, o que contrasta com a variabilidade e especificidades da construção histórica.

Ramalho (2011) efectua uma análise ao grau de degradação dos elementos escultóricos e decorativos que compõem o portal principal da Sé do Porto. A configuração dos elementos decorativos é representativa da construção religiosa, do início do séc. XII. A geometria é analisada com o objectivo de estudar os padrões aplicados, de forma a identificada a sua geometria exacta, traduzida por **leis de geometria analítica** referente a arcos circulares e elípticos e por curvas paramétricas de evolução (Figura 6). Neste sentido os sistemas de modelação BIM admitem capacidades suficientes à sua representação, de um modo idêntico aos sistemas computacionais de traçado de desenhos.

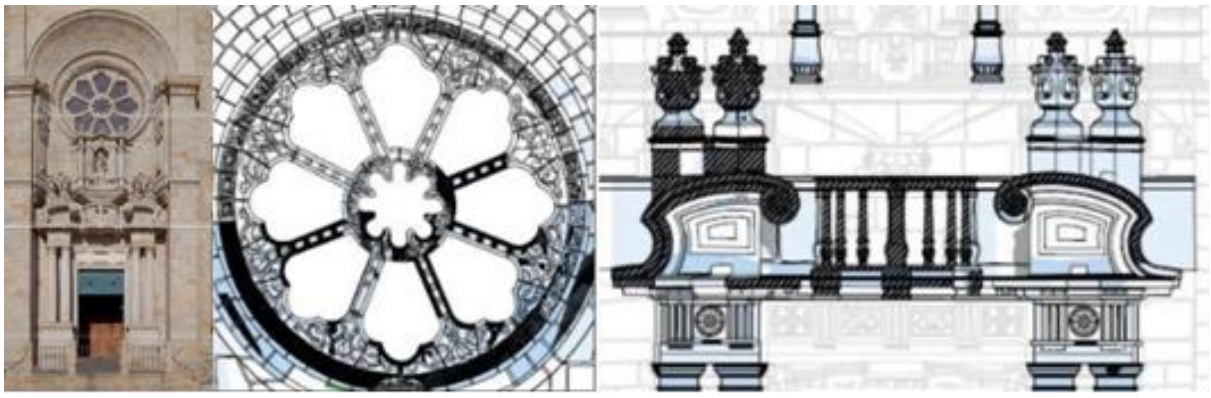


Figura 6 – Identificação de formas geométricas (Ramalho, 2011)

Adicionalmente, a **gramática de formas**, introduzida na década de 70 do séc. XX, é um conceito que permite a análise da geometria e a sua representação em termos de modelação computacional. A arquitectura dos edifícios antigos é baseada numa sobreposição de estilos arquitectónicos, que podem ser subdivididos e representados por conjuntos de formas básicas, as quais são regidas por transformações geométricas de geração de curvas regulares ou paramétricas. A gramática de forma permite a geração automática de configurações representativas

de estilos arquitectónicos, de aplicação na concepção de famílias HBIM. Murphy *et al*., (2013), no seu estudo, identifica diversas famílias específicas, que individualiza por época história e por tipo de componente construtiva (Figura 7).



Figura 7 – Concepção de famílias específicas geradas com base na gramática de formas (M. Murphy *et al*., 2013) e através de capacidades disponíveis na ferramenta de modelação BIM (M. Pinto, 2019)

No estudo de reconversão habitacional proposto por M. Pinto (2019), referente a um palácio do início do séc. XX, foi criada uma biblioteca de **famílias específicas**, requerido no processo rigoroso de modelação. O imóvel de valor patrimonial apresenta características idênticas a outros edifícios da cidade de Lisboa, que marcam a construção nobiliária à época. A biblioteca do software utilizado não admite a representação rigorosa de elementos de vão, com o detalhe exigido. Contudo, por recurso à capacidade de geração de famílias de objectos, inerente ao software, foi definido um conjunto de famílias específicas, referente a janelas (de guilhotina. Figura 7), portas e frisos. O processo requer um dispêndio relevante de tempo de modelação. A ferramenta BIM utilizada admite a geração de famílias específicas e o seu arquivo de modo a estabelecer uma biblioteca reutilizável na modelação de edifícios de idêntica tipologia e época.

Em relação ao processo de recuperação da Basilica di Collemaggio, danificada por acção do sismo que ocorreu em *L'Aquilla*, Itália, em 2009, Brumana (2018) considerou a metodologia HBIM no apoio ao estudo de restauro. As colunas, em alvenaria de pedra, foram fortemente afectadas, tendo-se verificando a perda de volume de pedra, dos blocos que compõem as camadas dos elementos portantes. Foi necessário efectuar a correcta modelação de cada coluna e a identificação do grau de anomalia, em percentagem da quantidade de material que seria necessário repor. O detalhe da forma octogonal da pedra aparelhada (ashlar masonry) foi definido à **escala do bloco de pedra**, tendo sido associada uma cor distinta para a representação da gravidade do dano observado. Os trabalhos de restauro e a reposição da pedra foram analisados sobre o modelo BIM (Figura 8).

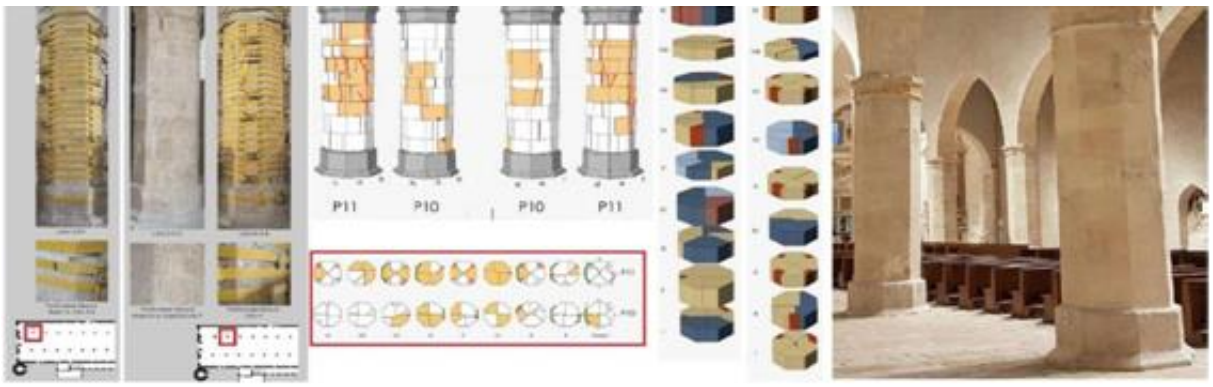


Figura 8 – Modelos de colunas danificadas e identificação de grau de anomalia (Brumana *et al.,* 2018)

2.2. Documentação e informação digital

No contexto de uma análise prévia ao imóvel, alvo de intervenção, é necessário efectuar uma recolha

documental e iconográfica, um levantamento gráfico e de imagens digitais, um estudo das técnicas construtivas e dos materiais aplicados, a observação de patologias na sua contextualização histórica e a avaliação do estado de conservação dirigida os elementos estruturais e arquitectónicos. Este tipo de estudo necessita que a equipa interdisciplinar possa desenvolver a sua actividade de um modo colaborativo, sobre uma plataforma de trabalho comum. Num projecto HBIM, é relevante o nível de rigor que deve ser imposto ao processo de modelação geométrica; mas, adicionalmente, é requerido que suporte a incorporação e o arquivo de atributos (como materiais e técnicas construtivas utilizadas, estado de conservação, etc.) e de dados de diferente natureza (como textos, documentos capturados por scanner, fotografias digitais, entre outros). A informação arquivada, num modelo centralizado e de fácil acesso, constitui um instrumento muito útil na gestão do património histórico, fornecendo a base documental para a análise e o desenvolvimento de projectos de intervenção.

2.2.1. Documentação cadastrada

A estratégia de conservação do património privado ou industrial é, frequentemente, dirigido à remodelação do espaço interior, preservando, contudo a sua identidade. A informação documental, registada no cadastro do bem de valor histórico, fornece dados relevantes quanto à caracterização da construção (época histórica e sistemas construtivos) e a descrição das intervenções eventualmente realizadas. A gestão do património arquitectónico, por recurso a tecnologias digitais, torna o processo de arquivo da documentação, manutenção e actualização mais ágil, completa e acessível, constituindo um benefício importante na preservação do edifício de valor arquitectónico. O arquivo da informação do construído permite estruturar o cadastro do imóvel, constituído por toda a informação recolhida e criada, apoiando o estudo de futuras intervenções.

O estudo de reabilitação estrutural de um edifício, na zona nobre da cidade de Lisboa, proposto por M. Pinto (2019), iniciou com a **recolha documental**, solicitada ao Arquivo Municipal de Lisboa, composta por desenhos de plantas, alçados e corte, datados de 1924, e pelo registo das alterações efectuadas (amarelos e vermelhos), referido ao ano de 1953. Com o objectivo de gerar os objectos representativos dos elementos de vão e adornos existentes na actual construção, foi, adicionalmente, efectuado no local, um levantamento gráfico (esquiços) e fotográfico e, ainda, uma inspecção ao estado de conservação dos componentes do edifício, nomeadamente, aos elementos resistentes e aos revestimentos de pavimentos e paredes (Figura 9).

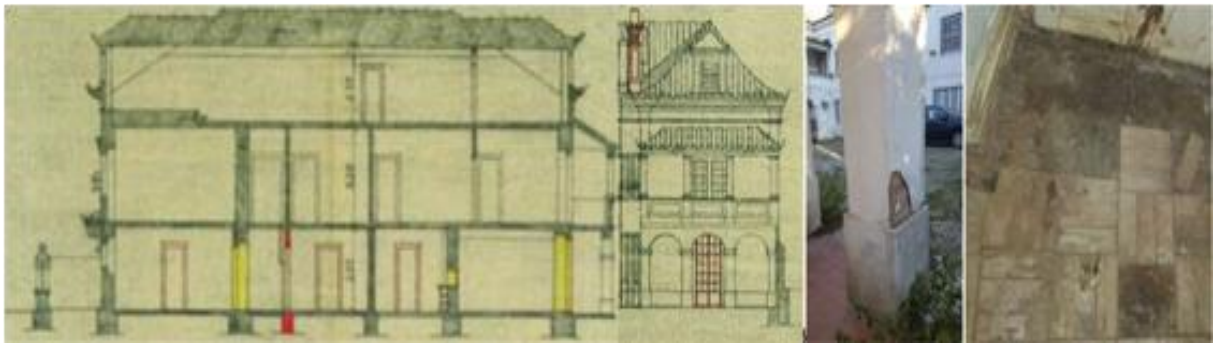


Figura 9 – Documentos de arquivo e fotografias (M. Pinto, 2019)

No contexto do projecto de reconversão do antigo moinho de farinha, La Julita, em Valladolid, Espanha, num centro de investigação, Sanchez *et al*. (2019) efectuaram um **levantamento documental** inicial. Foi recolhido um antigo registo gráfico da fábrica, na publicação de Carrera (1990), datada de 1865. A documentação é constituída por alçados, plantas e cortes, permitindo conhecer a estrutura inicial do edifício principal, que é composto por quatro pisos e cobertura (Figura 10). Complementando, a documentação gráfica, com fotografias obtidas no local, e com uma análise à situação de ruína encontrada, foi possível efectuar a modelação do edifício nos estados inicial e de conservação actual.



Figura 10 – Documentação de cadastro da fábrica de farinha La Julita (Carrera, 1990)

Posteriormente, foi modelada a proposta do projecto de reabilitação. Os elementos de janela e porta são adaptados da biblioteca básica do sistema BIM utilizado (Figura 11), mas a representação de equipamentos de fábrica, constituídos por maquinaria e elementos construtivos de suporte, necessitou de um processo de modelação específico, mais moroso.

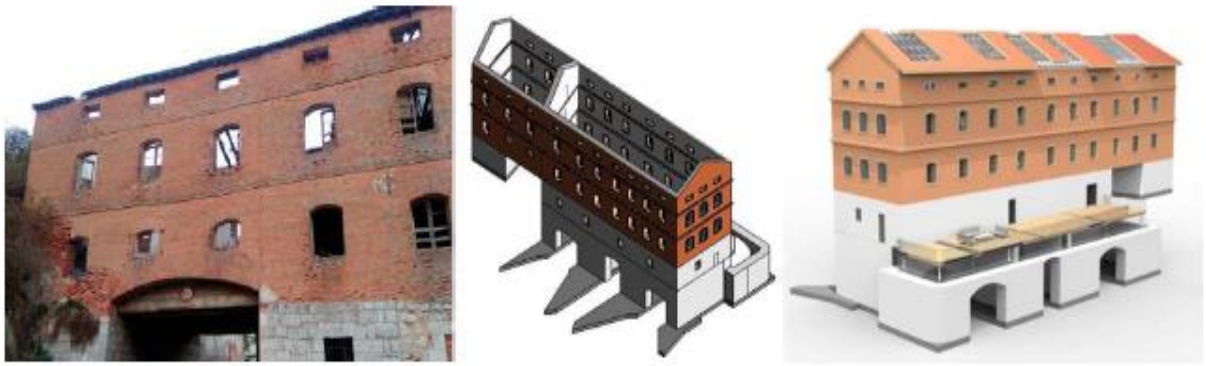


Figura 11 – Fotografia do edifício em ruínas e modelos BIM (Sanchez *et al.,* 2019)

Como pré-requisito, ao desenvolvimento de uma proposta de restauração da Igreja Bom Jesus, em Minas Gerais, Brasil, Tolentino, (2016), realizou um **levantamento cadastral** da documentação existente, junto ao Instituto do Património Histórico e Artístico Nacional, constituído por plantas (implantação, piso e coro), cobertura, fachadas e cortes verticais. Adicionalmente, foi efectuado um levantamento fotográfico e o mapeamento de danos, com vista à análise do actual estado de conservação do imóvel, os quais constituíram a base para a criação do modelo HBIM. Esta abordagem tem ainda como objectivo a recolha da documentação existente, a sua actualização e organização, de forma a contribuir para a preservação documental relativa ao imóvel.

2.2.2. Fotogrametria e estratigrafia

O estudo de Murphy (2012) recorre a técnicas de laser scanner e **fotogrametria** para o levantamento dos elementos arquitectónicos que, posteriormente, analisa segundo a óptica da identificação de regras ou de gramáticas de forma, para serem utilizadas na concepção de objectos paramétricos. O levantamento fotogramétrico consiste na obtenção de fotografias, segundo distinto ponto de vista, e da aplicação de algoritmos de remoção, das imagens, o efeito de perspectiva. As projecções são ajustadas à escala, de forma a permitirem uma correcta obtenção de dimensões. No âmbito HBIM, este processo é utilizado para atingir um elevado nível de detalhe para que a reprodução, dos componentes construtivos ou detalhes decorativos, em termos de objectos paramétricos, possa ser rigorosa.

O monumento histórico é, normalmente, constituído pela sobreposição de tipos de construção efectuados em

intervenções de remodelação, que se sucedem no tempo, os quais são registados por testemunhos de distinto material ou identificação arquitectónica de época. A análise **estratigráfica** abrange o estudo das acções construtivas e destrutivas num edifício. O domínio da estratigrafia pelos técnicos que lidam com o património cultural, na recolha do histórico da construção antiga, deve constituir um complemento científico necessário (Genovez, 2012). Na actividade de restauro, a microestratigrafia é aplicada na análise da pintura em murais e frescos. As etapas construtivas são representadas por diferentes cores, conduzindo a uma percepção visual da cronologia construtiva, apoiando a análise das soluções arquitectónicas aplicadas. A representação de análise estratigráfica tem sido aplicada em fotografias e desenhos (Figura 12).



Figura 12 –Representação de análise estratigráfica: Santiago de Burgo, em Zamora (Murillo e Agudo, 2008), Banho árabe, em Granada (Osorio e Torres, 2008), Palácio Nacional, em Sintra (Ponte *et al.,* 2019)

No contexto HBIM, as famílias de objectos que compõem o modelo virtual, podem ser associadas a parâmetros relativos à época histórica de cada remodelação construtiva, as quais podem ser apresentadas com uma coloração distinta. Em relação ao Palácio Nacional de Sintra, foi efectuada uma análise documental histórica, a qual foi aplicada sob o modelo BIM criado, ilustrando as distintas intervenções de remodelação, percorrendo o período árabe, os reinados de D. Dinis a D. Manuel I e o século XVII (Figura 12).

2.2.3. Tecnologia laser e drone

A tecnologia **3D laser scanner** detecta, com uma elevada precisão e com uma rápida taxa de aquisição (milhões associados a de pontos por segundo), a configuração de fachadas e paredes interiores, na forma de uma nuvem de pontos, coordenadas (x, y, z) e, eventualmente, à intensidade de cor (red, green, blue, RGB). Num processo HBIM é necessário estabelecer uma estação de dispositivos laser, adequadamente posicionados, de forma a, posteriormente, os pontos obtidos poderem ser unificados, numa única nuvem de pontos. De seguida, a configuração é identificada por recurso a algoritmos de reconhecimento da forma de superfícies, essencialmente, baseados na linguagem de descrição geométrica (Geometry Description Linguage, GDL) e, posteriormente, convertida na forma de objectos paramétricos de uso directo ou de fácil adaptação.

Num estudo recente, dirigido à caracterização anti-sísmica do Palácio Nacional de Sintra, e de forma a obter a sua correcta geometria, foi estabelecida uma campanha de recolha topográfica com estações de dispositivos laser, localizadas pelo interior e exterior do edifício (Ponte *et al*., 2019). Com base nos dados da nuvem de pontos, obtida com o equipamento laser e **drone**, e por inspecção visual do local, foi criado o respectivo modelo BIM (Figura 13), posteriormente, submetido à análise estrutural. No âmbito HBIM, Brumana (2018) refere que o grau de detalhe geométrico com que é representado um imóvel histórico é classificado por níveis (Level of Geometry, LOG) e a capacidade de resolução das imagens captadas por equipamentos electrónicos, resultam na classificação de níveis de precisão (Level of Accuracy, LOA).



Figura 13 – Equipamento (laser scanner 3D e drone), nuvem de pontos e modelo BIM (Ponte *et al*., 2019)

Uma instalação laser foi, igualmente, utilizada no projecto de recuperação arquitectónica do mercado Giulio Romano (2018) em Mântua, Itália, onde foi adoptada a abordagem HBIM, abrangendo as fases de projecto e de planeamento dos trabalhos de restauro. No entanto, o processo de identificação de objectos paramétricos é complexo e moroso. Inicialmente, foi obtida uma **nuvem de pontos** e gerada a fachada principal do mercado, incluindo a modelação dos seis pilares grampeados, técnica utilizada pelo arquitecto Giulio Romano (1492-1546). A modelação HBIM envolveu a representação rigorosa de "insectos" de tijolo e a geração de alguns componentes como uma composição de partes, para uma atribuição diferenciada de material, estado de degradação ou fase histórica (Figura 14).



Figura 14 – Mercado Giulio Romano em Mântua, Itália

Relativamente ao trabalho de Tolentino (2016), foi igualmente realizado um levantamento por **varrimento a *laser***. O modelo BIM da edificação foi desenvolvido, com base na nuvem de pontos obtida. Por recurso à biblioteca de objectos genéricos, disponível no *software* de modelação, foram modelados os pavimentos, paredes e cobertura, e, através da capacidade de edição de famílias do software, foram geradas as janelas e portas, de caracter específico (Figura 15).



Figura 15 – Igreja em Minas Gerais: pintura antiga, nuvem de pontos e modelo BIM (Tolentino, 2016)

2.2.4. Noção de hierarquia de informação

Um dos aspectos mais inovador do conceito HBIM é designado de modelo as-built, em que o modelo BIM é criado de forma a incorporar parâmetros com distinto tipo de informação, organizados por etapas históricas de construção, e arquivados como camadas de dados devidamente datados, formando uma sequência **hierárquica** e cronológica de informação.

A igreja de Santiago de Penalva, do século X, localizada na província de Castilla y León, Espanha, de arquitectura mozárabe-hispânica, foi registada, em 1931, na Dirección General de Patrimonio Cultural, como um Monumento Histórico-Artístico Nacional (Murillo, 2017). Este organismo solicitou um trabalho de reorganização de informação, de forma a complementar a documentação cadastrada existente, englobando: a contextualização histórica e artística do monumento; as intervenções recentes de restauração, eventualmente, efectuadas; a análise do actual estado de conservação de paredes e elementos decorativos do edifício (Figura 16). A documentação, organizada segundo a hierarquia as-built e em suporte digital, fica acessível para consulta por técnicos, podendo ser filtrada de acordo com os parâmetros relativos a épocas construtivas, como base de análise de estudos de preservação, de restauro ou como apoio à gestão do próprio monumento.

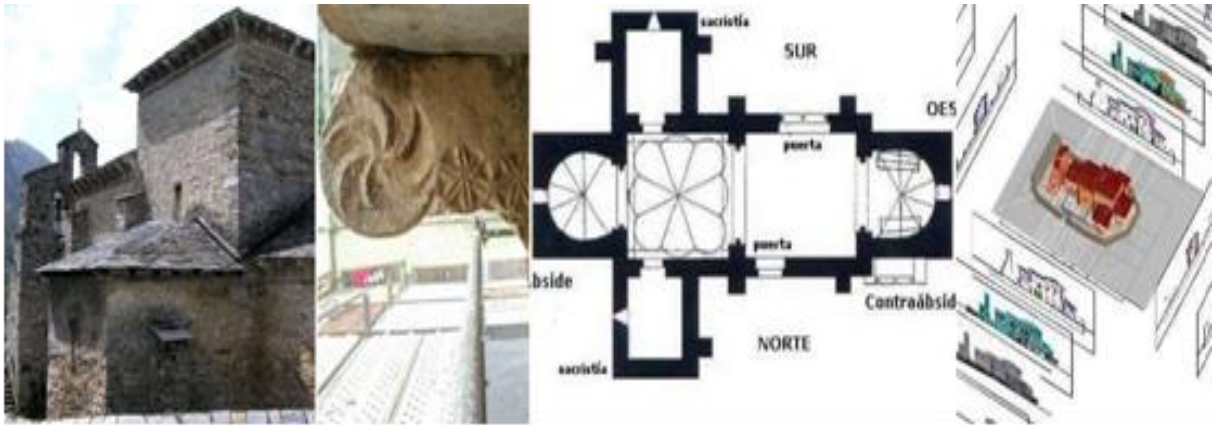


Figura 16 – Igreja de Santiago de Penalva: Fotografias, planta e modelo BIM *as-built*

O modelo BIM da igreja, estruturado segundo a evolução temporal do edifício, foi criado a partir de: recolha de documentos cadastrados existentes; levantamento gráfico (esquiços e dimensões associadas), fotográfico e fotogramétrico 3D (pelo interior e exterior); inspecção ao estado de degradação dirigida aos elementos portantes e decorativos; estudo histórico e artístico no contexto da época de construção; registo de análise estratigráfica das pinturas e frescos.

3. CONCLUSÕES

Na manutenção da herança do edifício histórico é necessário respeitar o passado, mas simultaneamente renovar para o futuro, reconvertendo o edifício degradado ou ao abandono, num espaço actual e funcional. Neste contexto, a metodologia HBIM adquire relevância sob diversos aspectos: as tecnologias *scanner, drone* e de fotogrametria ou estratigrafia captam a informação geométrica, posteriormente convertida em famílias de objectos paramétricos de tradução rigorosa de padrões, regras e gramáticas de forma; o modelo pode ser apresentado segundo distintas fases construtivas (hierarquia histórica), como uma contribuição para a preservação documental do património e reconhecimento de processos construtivos e materiais ancestrais, servindo de base de apoio à análise de projectos de recuperação ou reconversão; a aplicabilidade do modelo HBIM é idêntica à da construção nova como, estudos alternativos de reconversão, treino de trabalhos de restauro ou análises estrutural e sísmica, entre outros. A perspectiva HBIM é um aspecto em permanente descoberta e inovação, contribuindo positivamente para a preservação do património histórico.

REFERÊNCIAS

BRUMANA R.; TORRE S. Della; PREVITALI M. *et al*., 2018 – **Generative HBIM modelling to embody complexity (LOD, LOG, LOA, LOI): surveying, preservation, site intervention – the Basilica di Collemaggio (L'Aquila).** Applied Geomatics.

CARRERA, M. Á., 1990 – **Las fábricas de harina en la provincia de Valladolid**. Valladolid: Caja de Ahorros, Provincial de Valladolid.

GENOVEZ, S. Carneiro, 2012 – **Análise estratigráfica: uma contribuição ao projeto de restauro**. Dissertação de mestrado em História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo. São Paulo: FAUSP.

IGLESIA de Santiago de Peñalba, 2018 – http://biblus.accasoftware.com/ptb/hbim-a-restauracao-da-iglesia-de-santiago-de-penalba/.

M. PINTO, A., 2019 – **O projecto de estruturas em BIM: reconversão de edifício de valor patrimonial**. Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: ISTécnico.

MURILLO, J. Ignacio, 2017 – **Secuencia constructiva de la iglesia de Santiago en Peñalba de Santiago (Ponferrada, León). Reformas de un edificio unitario**. *Arqueología y Territorio Medieval*. N.º 24.

MURILLO, J. Ignacio; AGUDO, María, 2008 – **El Protorrománico y el Románico en Santiago del Burgo (Zamora). Dos proyectos, una iglesia**. *Arqueología de la Arquitectura*. N.º 91.

MURPHY M., MCGOVERN E., Pavia S., 2013 – **Historic Building Information Modelling: Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture**. *ISPRS – Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 76 (2013) 89-102.

OSELLO, A.; LUCIBELLO, G.; MORGAGNI, F. 2018 – **HBIM and Virtual Tools: a new chance to preserve architectural heritage**. *Buildings*. N.º 8 (12).

OSORIO, J. López; TORRES, J. Manuel, 2008 – **El análisis estratigráfico del baño árabe de Churriana de la Vega (Granada): síntesis del conocimiento como base del proyecto de restauración**. *Arqueología de la Arquitectura.* N.º 5.

PONTE, M.; BENTO, R.; VAZ, D., 2019 – **A multi-disciplinary approach to the seismic assessment of the National Palace of Sintra**. International Journal of Architectural Heritage.

QUATTRINI, R.; MALINVERNI, E. S.; CLINI P.; NESPECA R.; ORLIETTI E., 2015 – **From TLS to HBIM. High quality semantically-aware 3D modeling of complex architecture**. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Avila, Spain.

RAMALHO, M. Magalhães, 2011 – **Building Archeology and surveying methodologies tradition can not be what it was**. III International Seminary ArcHC_3D, Lisbon: CIAUD-FAUTL.

ROMANO Giulio, 2018 – **Pescherie di Levante**. https://www.bimportale.com/la-traduzione-della-complessita-del-costruito-storico-nel-modello-hbim/.

SANCHEZ, Alberto; GONZALEZ-GAYA, Cristina; ZULUETA, Patrícia *et al*., 2019 – **Academic proposal for heritage intervention in a BIM environment for a XIX century flour factory**. *Applied Sciences*. 9, 4134.

TOLENTINO, Mônica, 2016 – **A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico**. XX Congress of the iberamerican Society of Digital Graphics, Buenos Aires, Argentina.

HISTORIC BUILDING INFORMATION MODELLING (HBIM). MODELAÇÃO PARAMÉTRICA E ARQUIVO DE DOCUMENTAÇÃO

HISTORIC BUILDING INFORMATION MODELLING (HBIM): PARAMETRIC MODELING AND DOCUMENTATION ARCHIVE





Alcínia Z. Sampaio [(1)], A Mendes Pinto [(2)], Augusto M. Gomes [(3)]

(1) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, zita@civil.ist.utl.pt
(2) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, antoniomendespinto@tecnico.ulisboa.pt
(2) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, augusto@civil.ist.utl.pt

RESUMO

O conceito *Building Information Modelling* (BIM) assenta na geração de um modelo digital centralizado de toda a informação relacionada com o edifício, apoiando a sua construção e gestão, sendo fortemente baseado na modelação paramétrica e na capacidade de armazenamento de dados. Embora as ferramentas de base BIM, de uso corrente, sejam mais vocacionadas para a construção nova, adaptadas à geometria da arquitectura actual, o interesse crescente no sector da reabilitação, tem conduzido à incursão da aplicação do BIM no apoio à conservação de imóveis de interesse histórico. Neste contexto, surge uma perspectiva de investigação, e de aplicação em casos concretos, designada de *Historic Building Information Modelling* (HBIM). As soluções construtivas antigas, requerem uma adequação das bibliotecas de objectos paramétricos disponíveis, no sentido de possibilitarem a utilização do BIM, também na recuperação de edifícios de valor patrimonial. A modelação paramétrica, inerente ao conceito BIM, admite o arquivo de toda a informação referente à sua constituição e forma, como base da criação do modelo BIM do edifício, e de suporte à tomada de decisões relativas à conservação, à reconversão ou à reparação do imóvel antigo. O trabalho apresentado aborda a geração de objectos paramétricos específicos, representativos de formas arquitectónicas relevantes em desuso, e o arquivo da documentação recolhida em instituições públicas, no contexto do estudo de reabilitação de um imóvel de valor patrimonial de utilização privada, um palacete do inicio do século XX.

Palavras-chave: BIM / HBIM / Objectos Paramétricos / Arquivo Documental / Reabilitação

1. INTRODUÇÃO

A metodologia *Building Information Modelling* (BIM) envolve o processo de geração, gestão e transferência de informação entre os especialistas no desenvolvimento do projecto. O reconhecimento do benefício da implementação do BIM é transversal a todos os sectores da indústria da Construção, demonstrado através da fácil comunicação, permitida pelo uso das plataformas tecnológicas disponíveis, e pela confiança na correcção da informação manipulada entre os colaboradores (Sampaio, 2017).

O conceito BIM é baseado na modelação paramétrica, requerendo o uso de bibliotecas de objectos representativos dos elementos construtivos. Na modelação do projecto de uma construção corrente, os sistemas de base BIM de uso frequente, admitem um vasto leque de opções construtivas de fácil adaptação, para a sua aplicação imediata na modelação do edifício (Araújo, 2016). Contudo, para o desenvolvimento de um projecto BIM, de conservação ou de reabilitação, de edifícios de valor histórico, os sistemas de modelação não incorporam objectos paramétricos nem os materiais ancestrais, que permitam uma aplicação directa na geração do modelo de arquitectura ou de estruturas. Assim, é necessário um trabalho prévio de recolha das formas arquitectónicas presentes, em cada caso real a analisar, e, ainda, a identificação dos processos construtivos e as características dos materiais aplicados época. A base deste estudo é composta por fotografias obtidas no local e pela documentação gráfica e escrita, eventualmente existente em arquivos municipais, e, em situação de uma maior disponibilidade técnica, à captação de imagens através de equipamentos *3D laser scanner* ou *drones*.

O trabalho em curso, de M. Pinto (2020), é dirigido ao estudo estrutural da reconversão de um palácio de início do século XX, localizado em zona nobre da cidade de Lisboa, de forma a acomodar uma compartimentação multifamiliar, requerendo uma modelação correcta da sua arquitectura, característica da época de construção.

2. HISTORIC BUILDING INFORMATION MODELLING

No âmbito BIM, uma recente orientação de trabalho de investigação, é dirigida ao património arquitectónico e assume a designação *Historic ou Heritage Building Information Modelling* (HBIM). Esta área de estudo abrange os aspectos relacionados com a modelação, de forma a respeitar a identidade arquitectónica, e a recolha e a manutenção de documentação inerente ao histórico da construção e ao tipo de utilização, em relação a imóveis de valor patrimonial.

Quattrini *et al.* (2015) refere que um dos requisitos fundamentais na representação HBIM é a caracterização exacta das formas arquitectónicas, exigindo a identificação do tipo de configuração, para a sua posterior caracterização através de novos objectos paramétricos. No entanto, para cada caso concreto, é necessária a geração de objectos paramétricos específicos, que são em geral de difícil padronização, numa edificação antiga.

O Museu de Engenharia Civil, parte integrante da organização do Instituto Superior Técnico, em Lisboa, constitui uma memória da evolução tecnológica relacionada com a actividade da Construção, através de um conjunto de peças que identificam uma diversidade de épocas marcantes de descobertas, de passos afirmativos de progresso e da sua maturidade (Sampaio, 2017a). No propósito de acções de preservação do património edificado, são relevantes, por exemplo, o modelo em madeira representativo de um portal típico de edifício do princípio do séc. XX, apresentando um trabalho de carpintaria muito detalhado e rigoroso, e os modelos em gesso característicos de capitéis de colunas (Figura 1). O estudo da história da arquitectura pode ser apoiado nestes elementos, como identificadores de soluções características de tendências arquitectónicas. A modelação HBIM pode ser fortemente apoiada no contexto de Museus tecnológicos.



Figura 1 – Modelos de portal e capitel (Sampaio, 2017a) e geração geométrica de formas (Murphy *et al*., 2013)

Em edifícios de arquitectura marcante, como, por exemplo, a gótica ou a românica, é possível identificar tipos de elementos, de modelação geométrica gerada por revolução de um perfil específico ou por repetição de padrão (Figura 1). Segundo Murphy *et al*. (2013) o HBIM é uma direcção inovadora do BIM onde a interactividade com o objecto paramétrico, deve permitir representar correctamente os elementos arquitectónicos. Elementos como colunas, capitéis ou arcos, podem ser criados, catalogados e reutilizados na modelação BIM. Criam-se, assim, bibliotecas de uso mais generalizado, embora identificadores apenas de determinado tipo de construção e época. Contudo, constituem uma contribuição positiva e promovem a agilização do processo de modelação, pois a caracterização geométrica caso a caso é morosa. Uma das tendências do HBIM é a criação de bibliotecas de objectos paramétricos que possam ser criados e reutilizados, no âmbito da representação do edifício histórico. No contexto HBIM, este tipo de estudo, incluindo a recolha de informação e a caracterização de regras de geração de formas, tem como objectivo a concepção de bibliotecas de objectos por época e tipo de construção (aristocrática ou religiosa).

Criado o modelo BIM, com a configuração exacta, e associada a informação relevante integrada no modelo, pode proceder-se a distinto tipo de análise ou de aplicabilidade, que normalmente é requerida no contexto da construção nova: o planeamento dos trabalhos de construção, adaptação ou preservação (modelo 4D); a estimativa de custos (modelo 5D), os estudos energéticos (modelo 6D) (Sampaio e Araújo, 2019); a segurança dos trabalhadores em obra (modelo 8D).

A diferença, em relação à construção nova, reside, essencialmente, na necessidade de terem de ser concebidas famílias de objectos paramétricos específicos, base da metodologia BIM. E neste contexto, a recolha histórica é fundamental para uma adequada modelação arquitectónica. As técnicas de conservação ou de reabilitação requerem a colaboração interdisciplinar, histórica, arquitectónica e de engenharia, de forma a conceber objectos paramétricos correctos e com a informação histórica relevante, nomeadamente, documentos antigos, processos construtivos ancestrais e tipo de materiais aplicados (Bruno *et al.,* 2018).

3. PALACETE DO SÉCULO XX

A manutenção de edifícios de valor histórico e arquitectónico, requer gastos que podem constituir, actualmente, um encargo significativo para o proprietário privado. A estratégia de conservação deste património é frequentemente dirigido à sua remodelação no sentido da sua fragmentação em parcelas de habitação individual, preservando contudo a sua identidade. O caso de estudo seleccionado é um palacete, construído no início do século XX, situado numa zona nobre da cidade de Lisboa (Figura 2). Propõe-se a reconversão do edifício em quatro apartamentos, com a alteração da organização interna da compartimentação. A remodelação pretendida envolve um estudo estrutural que conduz a uma proposta de projecto, definida em conformidade com a regulamentação vigente, e de forma a manter as características arquitectónicas da época.

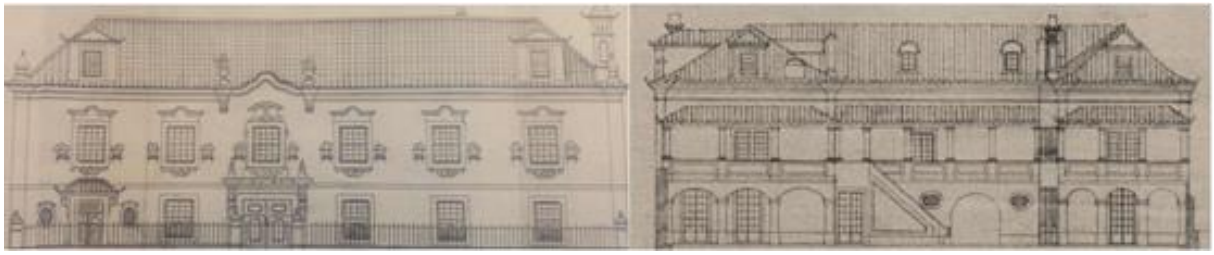


Figura 2 – Fachadas do palacete (M. Pinto, 2020)

Com o objectivo de analisar a adequabilidade da metodologia BIM no apoio e desenvolvimento do projecto de reconversão do edifício de elevado valor patrimonial, é descrito o processo de modelação por recurso a ferramentas de base BIM. A perspectiva a abordar no presente texto contempla apenas o aspecto da modelação: recolha de documentação gráfica e escrita; geração de famílias específicas de objectos paramétricos; aplicação de objectos na representação de fachadas.

3.1. Recolha de informação histórica

Na aplicação do BIM no sector da construção de valor histórico, a componente de recolha e a interpretação de documentação antiga, é relevante como suporte ao desenvolvimento do projecto de conservação ou remodelação. A documentação associada ao palácio foi fornecida pelo Arquivo Municipal de Lisboa (A. M. L.), e é composta, por alçados, plantas e cortes, e ainda por um texto descritivo.

O palacete apresenta características idênticas a muitos edifícios da cidade de Lisboa, que marcam as construções tradicionais do início do século XX. Nomeadamente, na fachada frontal, as paredes, de alvenaria de pedra calcária, ostentam elementos decorativos de cantaria de granito, especificamente, frisos, frontões, pilastras e socos, assim como as janelas e portas estão emolduradas por lancis de soleiras, lintéis, parapeitos e ombreiras, trabalhadas igualmente em cantaria de granito. O edifício é constituído por um piso térreo, um piso elevado e um sótão (Figura 2) e apresenta, em planta, uma geometria em "U" (Figura 3). Em 1924, o edifico, que funcionava como uma instituição pública, foi adquirido pela família do actual proprietário, tendo adaptado a compartimentação inicial, a zonas de apoio e de habitação familiar. Converteu a cobertura em mansarda, como documentam os registos gráficos e a memória descritiva consultados, e remodelou as fachadas frontal e posterior de forma adquirirem um aspecto de "casa apalaçada".

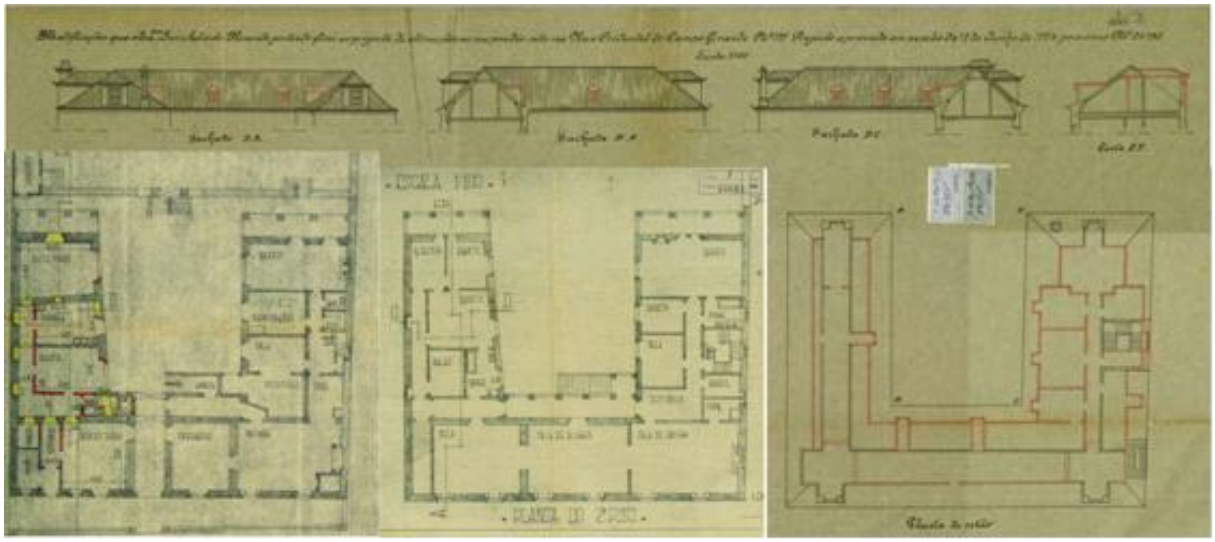


Figura 3 – Alçado e cortes de cobertura (1924) e plantas (1953) fornecidos pelo A. M. L. (M. Pinto, 2020)

Nos anos 1952/53, o edifício admite uma importante intervenção, de modo a incrementar a zona de habitação

familiar, reflectida na representação, a amarelos e vermelhos, nos desenhos de plantas, alçados e corte, datados de 1953, existentes no A. M. L. (Figura 3).

Previamente ao desenvolvimento do projecto estrutural a propor, foi efectuado um detalhado levantamento arquitectónico e de inspecção visual, de forma a poder fundamentar, de um modo sustentado, as opções de reconversão a apresentar. A visita ao local foi realizada pelo interior e exterior do imóvel, tendo sido obtidas fotografias das principais características geométricas e registadas em esboços as medições de detalhes de forma, que serviram de apoio à geração das famílias de objectos BIM, requeridas numa representação rigorosa do edifício.

As fachadas, compostas por alvenaria de pedra calcária e com uma espessura de cerca de 0.60m, são elementos verticais autoportantes e conferem um elevado conforto térmico interior, protegendo adequadamente o interior do edifício em relação à acção dos agentes atmosféricos. Foi possível observar no local, que estes elementos são revestidos, pelo exterior e interior, por argamassas de saibro e cal, com um acabamento em estuque sobre o qual foi aplicada uma tinta branca. O edifício apresenta diversos detalhes em azulejo aplicado em paredes, nomeadamente, no interior da fachada principal envolvendo a zona reentrante junto às janelas (Figura 4). Esta informação é fundamental para complementar a definição dos objectos paramétricos, quanto ao material a associar e suas propriedades.



Figura 4 – Fachada principal e detalhe de janela de guilhotina (M. Pinto, 2020)

3.2. Geração de famílias de objectos

Como exemplo de modelação de objectos no âmbito HBIM, considerou-se a representação de janelas de guilhotina localizadas na fachada principal, em ambos os pisos (Figura 4). A parede da fachada frontal apresenta diversos detalhes que requerem uma modelação específica. O sistema de modelação BIM utilizado permite a geração de famílias de objectos, com o rigor requerido no processo de modelação: as portas em madeira são distintas e com detalhes e ornamentos diferentes; embora as janelas apresentem alguma regularidade, foram identificados quatro tipos específicos, três rectangulares e um oval; a cornija superior apresenta elementos decorativos únicos e com alguma variante na extensão da fachada (M. Pinto, 2020).

De forma a ilustrar o processo de criação de um elemento de vão, é gerada uma janela de guilhotina. Como informação de base foram consultados os desenhos (plantas e alçados) e analisadas as fotografias obtidas no local. Os desenhos antigos fornecidos são limitativos quanto à representação do pormenor da janela (Figura 4), sendo necessária a deslocação ao local e a realização de um levantamento, suficientemente detalhado, de forma a permitir executar uma modelação com o rigor pretendido. Foram, assim traçados distintos esquiços com o registo das medições relevantes.

O sistema de modelação BIM utilizado, o Revit (Autodesk), apresenta uma biblioteca de janelas de edifícios comuns, contudo, a janela de guilhotina que se pretende representar apresenta diferenças na tipologia e em relação à cantaria. Assim, foi necessário criar uma nova família de janelas. A metodologia do processo construtivo da janela de guilhotina é baseada em quatro etapas fundamentais: **(1)** definição da abertura de vão com as

dimensões recolhidas no local; **(2)** modelação dos elementos envolventes de apoio à colocação da janela (ombreira e peitoril); **(3)** geração dos dois painéis que compõem a janela; **(4)** criação dos adornos exteriores de cantaria.

1. Na interface inicial da ferramenta BIM seleccionar a opção projecto de arquitectura e indicar a criação de uma nova família de janelas (*Metric Window.rft*) (Figura 5).

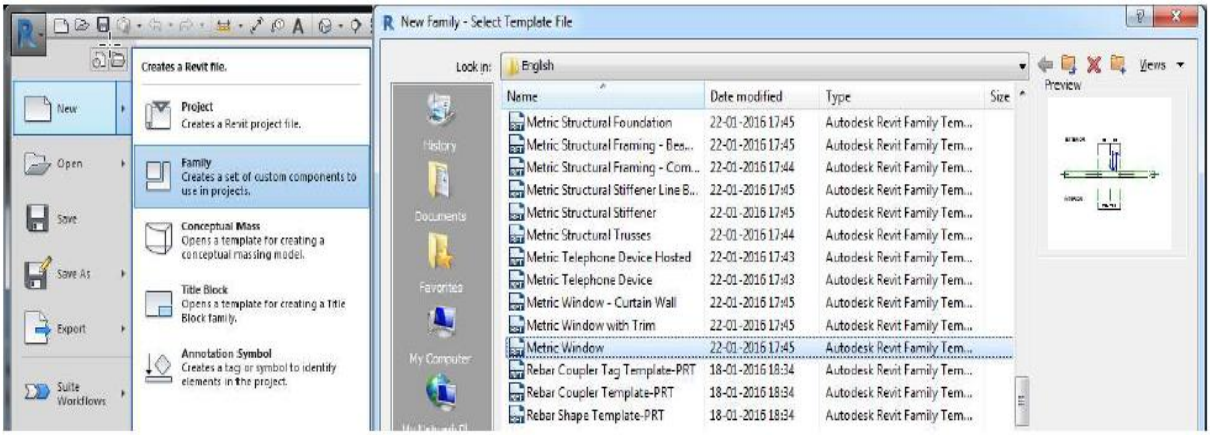


Figura 5 – Interface de geração de família de janelas

a. A definição de uma janela requer uma **parede de suporte**, a qual deve ser adaptada à espessura pretendida (615 mm) e a abertura do vão deve ser ajustada à dimensão do vão da janela (1400 mm x 1650 mm) (Figura 6).
b. Sob a janela, a **espessura** da parede de fachada é reduzida para 180 mm, e, de acordo, com o esquiço traçado no local, a abertura apresenta detalhes reentrantes que devem ser considerados (Figura 7).

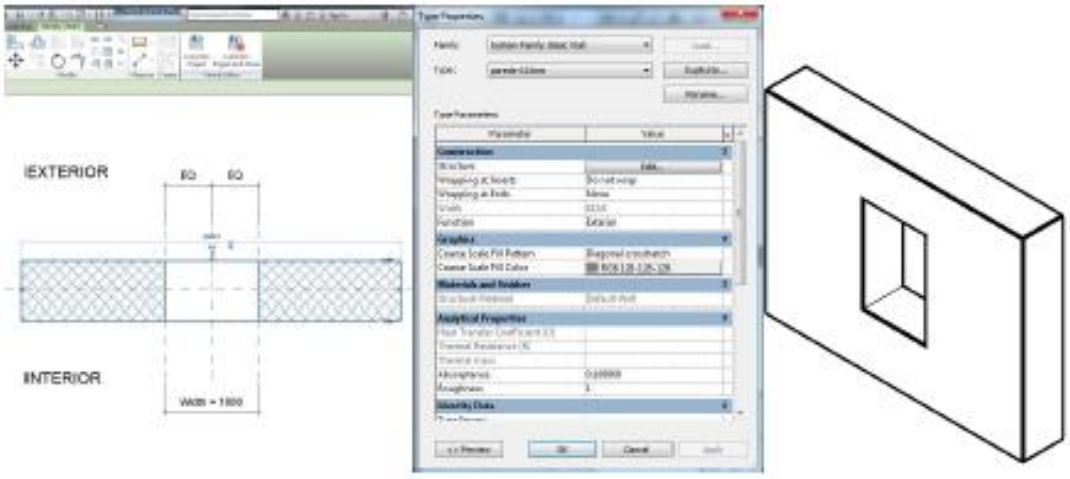


Figura 6 – Adaptação de espessura de parede e da abertura do vão

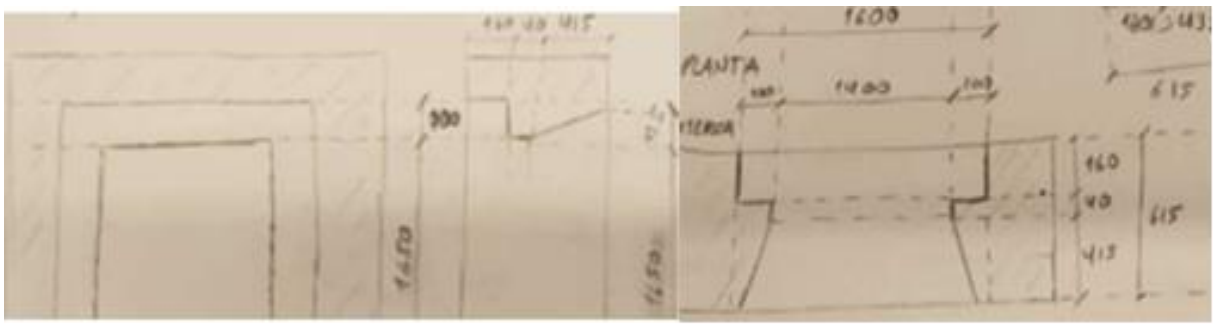


Figura 7 – Esboço da janela que serve de base à modelação da abertura de vão

c. De forma a **reduzir** a espessura da parede sob o vão da janela, é aplicada uma extrusão (extrusion) no sentido da superfície interior da parede para o exterior, com uma espessura de 435mm. De seguida, é definida (sweep) a forma geométrica em bisel que percorre os contornos verticais laterais e superior. Finalmente, é executada, pelo exterior da parede, uma extracção de uma **secção rectangular** (sweep), em torno do vão, de forma a acomodar posteriormente a pedra de cantaria.

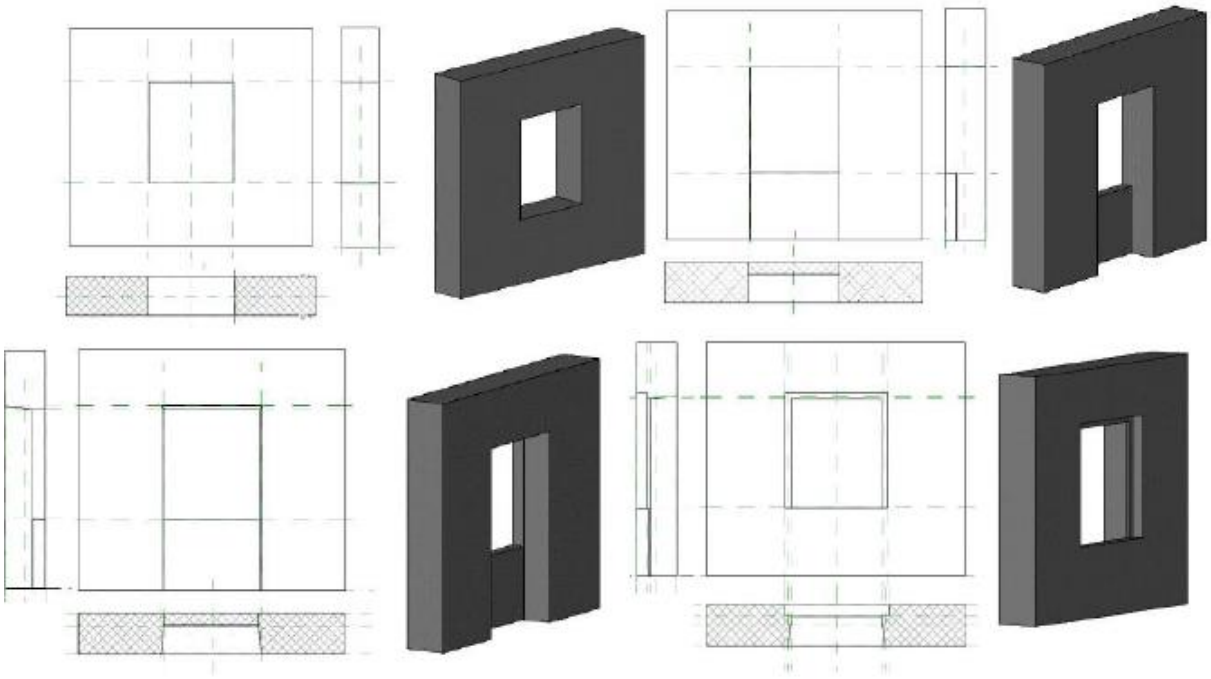


Figura 8 – Redução de espessura de parede (Extrusion) e definição de detalhes (Sweep)

2. Criada a abertura, é definida a **zona envolvente** de colocação da janela. Novamente a modelação é assente na interpretação de esboços definidos no local, com o detalhe e as dimensões necessárias (Figura 9). Como a escala de detalhe pretendida é muito reduzida, realizou-se um esquema mais esclarecedores, complementar ao esquiço, por recurso a um sistema gráfico de traçado.

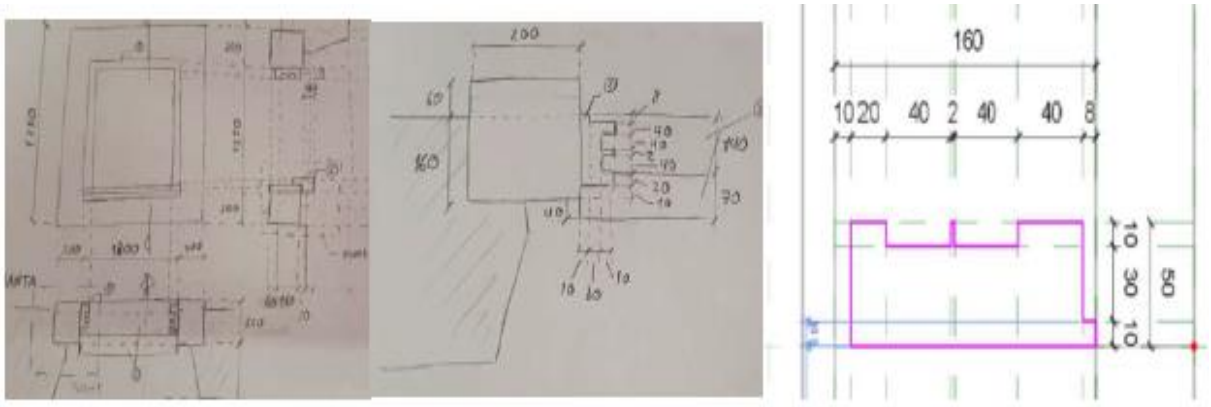


Figura 9 – Esboço dos elementos envolventes (ombreira e peitoril)

a. A inserção de uma **cantaria** em granito, em torno do vão da janela, pode ser efectuada através das opções Extrusion ou Sweep, considerando uma secção de 200 mm x 220 mm. O pormenor da **ombreira**, é criada através da operação de Sweep, com base no perfil esboçado com rigor, ilustrado na Figura 9. Para o estabelecimento correcto da posição relativa de cada elemento são inseridas linhas de referência (a verde na Figura 10).

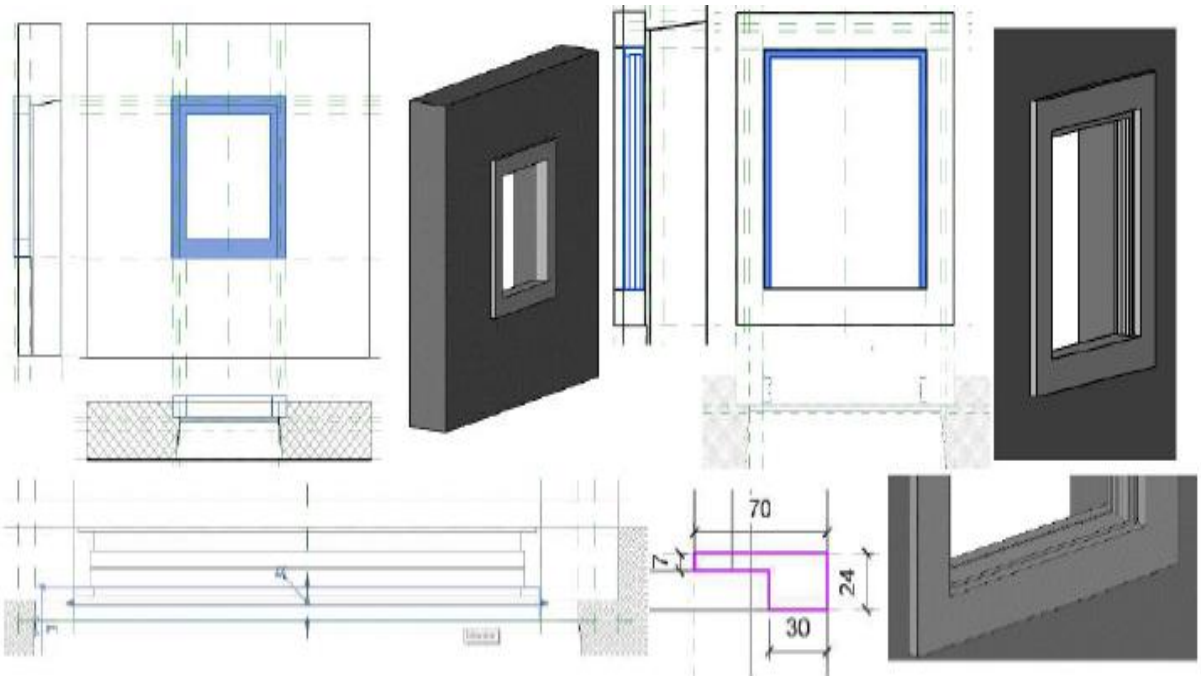


Figura 10 – Modelação de elementos envolventes, cantaria, ombreira e peitoril

b. O **peitoril**, o elemento horizontal sobre o qual apoia o painel inferior da janela, apresenta detalhes muito minuciosos, requerendo igualmente de ser redesenhado em sistema gráfico. Este elemento é moldado por recurso ao comando Extrusion (Figura 10).

3. Finalmente, são gerados os dois painéis que compõem a janela. O esquiço, traçado no local, apresenta detalhes geométricos precisos relativos à composição dos elementos de contorno e da partição interna, envolvendo as placas de vidro (Figura 11).

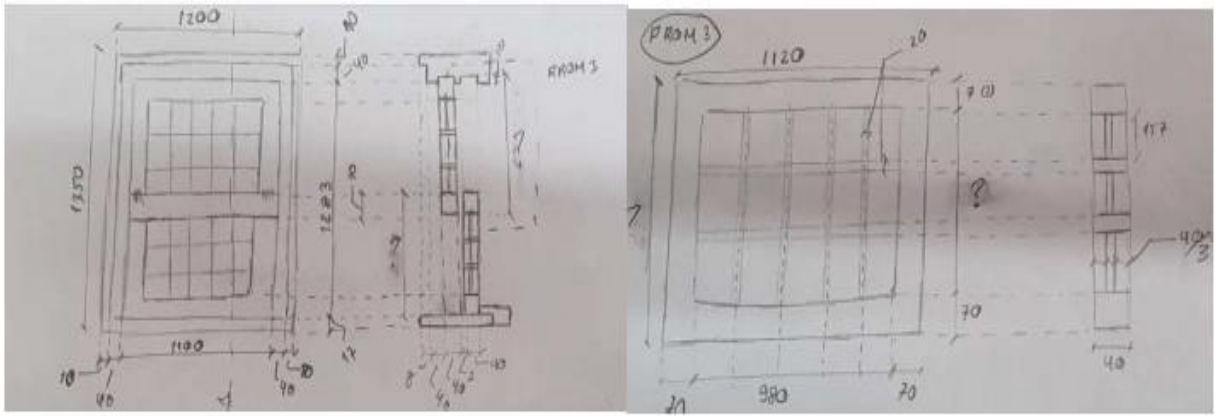


Figura 11 – Esboço dos elementos que compõem a janela de guilhotina

a. Os **painéis** são idênticos e estão colocados em paralelo (com uma sobreposição de 70 mm) e de forma a deslizarem, lateralmente, sobre os detalhes dos elementos envolventes já modelados. Assim, a definição da geometria dos **aros** de contorno, é apoiada nas formas detalhadas já estabelecidas, por recurso ao comando Extrusion. Há contudo de admitir, alguma folga geométrica, para que os painéis deslizem um sobre o outro, provocando o efeito de guilhotina (Figura 12). Os painéis da janela ficam assim encaixados sobre a superfície do peitoril e nas reentrâncias dos elementos laterais.

b. Os elementos de **vidros** são colocados nas aberturas da esquadria da janela. Como os painéis são idênticos, é efectuada uma cópia, da esquadria e dos vidros, e indicado o posicionamento adequado do painel inferior.

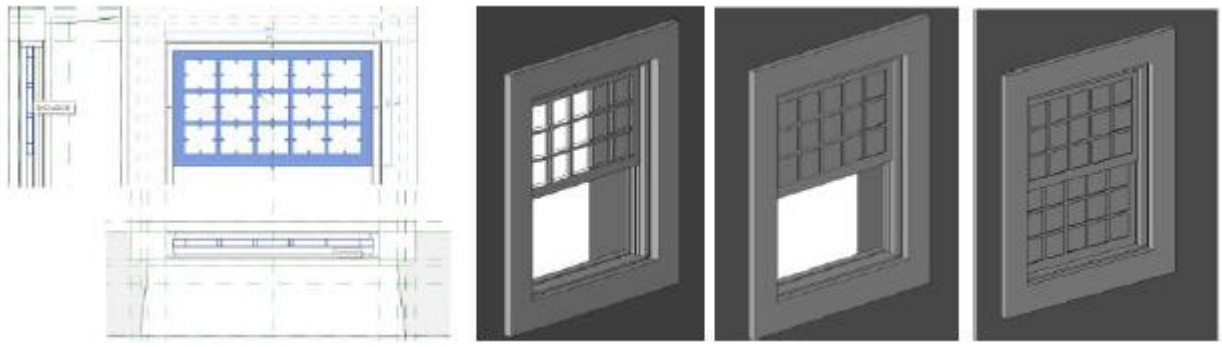


Figura 12 – Modelação dos painéis da janela

4. Na fachada frontal, a janela de guilhotina, posicionada sobre a porta principal, apresenta **elementos decorativos** em cantaria, envolvendo o vão, compostos por placa inferior, pinocos laterais, frontão e outros detalhes (Figura 13). A geração de cada elemento requer o estabelecimento de um processo de modelação distinto.
   a. A geração do **pinoco** é baseada na definição de uma linha poligonal aberta, que ao definir uma rotação de 180º, em torno de um eixo vertical, deviamente posicionado, gera um sólido de revolução (revolve).
   b. O **frontão**, de geometria em arco, é composto por vários elementos, gerados através da função *sweep*, usando secções transversais específicas que seguem trajectórias complementares em curva.
   c. O elemento em forma de **espiral** com uma evolução espacial não complanar, requer a utilização da função *swept blend*, em que a secção transversal é variável ao longo da trajectória estabelecida.

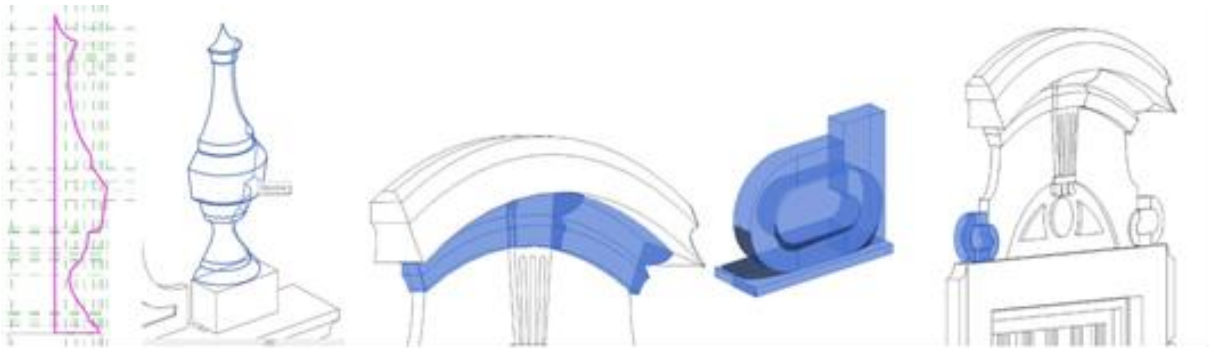


Figura 13 – Modelação de elementos decorativos, em cantaria, em torno da janela

3.3. Modelação da fachada principal

A janela completa, com a abertura correctamente executada na parede, a armação e o peitoril definidos com muito rigor, o processo de modelação dos dois painéis da janela devidamente efectuado e, ainda, estabelecida a colocação de um conjunto de elementos de ornamentação em cantaria, fica finalmente gerada (Figura 14). A complexidade da sua modelação é grande, pois admitiu-se que a definição da janela deveria ser efectuada com o maior rigor e por recurso às capacidades de modelação permitidas pelo *software* utilizado. Posteriormente, esta família de janelas de guilhotina, é aplicada na modelação da fachada do edifício, como um elemento inserido através da funcionalidade *load family*, disponível no sistema BIM, sendo considerado mais um objecto paramétrico da biblioteca de janelas.

As restantes janelas em guilhotina são distintas, não só nos adornos envolventes mas também na sua constituição, nomeadamente, os painéis apresentam diferente altura e partição. A janela descrita é apenas colocada uma vez e fica localizada sobre a entrada principal (Figura 14). Embora as restantes janelas de guilhotina sejam semelhantes, a sua geração requereu um trabalho de modelação ainda bastante moroso. Dificilmente as

famílias geradas poderão ser utilizadas numa outra construção. Para que a família de janelas criada, pudesse ser aplicada noutros edifícios de características semelhantes, é necessário proceder, não à criação de um objecto único, mas ao estabelecimento da configuração de cada componente, de uma forma paramétrica e programada sujeita a leis de geração de formas. Este processo é ainda mais moroso que a sequência descrita e requer, por parte do utilizador, um treino mais avançado da manipulação do sistema BIM.



Figura 14 – Janela completa inserida na fachada e representação realista

Previamente à inserção dos objectos no modelo de arquitectura a criar, é necessário adicionar os respectivos materiais e as suas correctas propriedades mecânicas e físicas. Neste caso a onformação recolhida dos desenhos antigos e da inspecção loca: o material das paredes é a alvenaria de pedra calcária; o recobrimento interior e exterior é constituído por argamassa de saibro e cal; o acabamento é em estuque; os elementos de cantaria são de pedra granítica; os caixilhos e as molduras em madeira e os painéis em vidro (Figura 14). É necessário ainda ajustar as propriedades mecânicas de cada material para efeitos, por exemplo, de cálculo estrutural ou análise energética.

Outros elementos foram criados de forma a poder gerar um modelo BIM representativo do palácio em estudo. Os restantes elementos de vão, como as portas, requerem idêntico desenvolvimento e, portanto, uma morosidade acrescida, quando comparado com a uma modelação de construção moderna. A Figura 15 apresenta o conjunto de famílias que tiveram de ser criadas no âmbito do presente trabalho.



Figura 15 – Famílias de objectos paramétricos de janelas e portas

Nas perspectivas do modelo criado, visualizadas na Figura 16, são identificadas as portas de fachada (principal e de serviço), e as janelas do piso inferior, de configuração rectangular e oval, e do piso superior, com os devidos pormenores cimeiros associados. Assim, a modelação da arquitectura de um edifício de interesse histórico, por recurso a uma ferramenta de modelação BIM, requer uma pormenorização geométrica muito detalhada, um treino das capacidades tecnológicas avançadas disponíveis no sistema utilizado, o conhecimento do modo de arquivar e reutilizar as famílias de objectos específicos criados, para aplicação no mesmo imóvel ou, eventualmente, noutro edifício da mesma época de construção, sujeitas naturalmente a adaptações.



Figura 16 – Modelo do edifício com a inserção das famílias criadas

3.4. Arquivo de documentação

Como referido toda a modelação foi baseada em documentação gráfica existente no Arquivo Municipal de Lisboa, em esboços registados no local e em fotografias. Toda esta documentação deve estar associada ao projecto, para uma posterior consulta, não só para apoiar os técnicos envolvidos, mas para fornecer as bases de sustentação à decisão de soluções alternativas. Os técnicos de conservação ou de reabilitação podem desenvolver os seus trabalhos com base nas capacidades inerentes às ferramentas BIM.

O modo de inserção desta documentação no projecto pode ser efectuado através da capacidade dos sistemas BIM de importarem determinados formatos de ficheiros. No menu de gestão das vistas, tabelas e desenhos, podem incluir-se outros documentos fotografias 2019 e Desenhos 1953, como se ilustra na Figura 17.



Figura 17 – Arquivo de documentos para consulta como suporte ao projecto de reconversão

4. CONCLUSÕES

O texto descreve o processo de modelação de um elemento de janela, com características específicas, relativo a um edifício antigo, de arquitectura predominante do início do século XX. O contexto deste estudo insere-se no desenvolvimento de objectos paramétricos necessários à modelação de imóveis de interesse histórico. O trabalho contribui para enriquecer a biblioteca de objectos de componentes de construção, de aplicação no âmbito HBIM.

Para a definição concreta de um componente é necessário obter a documentação eventualmente existente em

Arquivos Municipais, a inspecção local para a recolha de fotografias e a definição de esquiços com o detalhe exigido na modelação. Com base nesta informação, o utilizador de ferramenta BIM, com um treino suficiente, procede ao desenvolvimento da família paramétrica pretendida. Além da geometria é necessário adicionar o tipo material e ajustar as propriedades físicas e mecânicas, de forma a respeitarem as técnicas ancestrais de construção.

A modelação de um edifício com características específicas, de difícil geração a partir das bibliotecas disponíveis, nas ferramentas de uso frequente, exige um consumo inicial de recolha de informação, de traçado minucioso de detalhes e do entendimento suficiente de manipulação de ferramentas de modelação BIM, de forma criar uma biblioteca útil. Seria conveniente que cada família, criada para um caso de estudo, pudesse ser facilmente adaptada a outros edifícios, pelo menos em imóveis construídos com idênticas características. O conceito HBIM tem-se revelado um tópico bastante interessante de investigação e de aplicação em casos reais de reabilitação, reconversão ou de conservação.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L., 2016 – **Desenvolvimento de biblioteca de paredes na metodologia BIM**. Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

BRUNO, S.; FATIGUSO, F.; DELL'OSSO, G. R.; MUSICCO, A. 2018 – **The role of 4D historic building information modelling and management in the analysis of constructive evolution and decay condition within the refurbishment process**. International Journal of Architectural Heritage, 2018. https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1668494

PINTO, A. M., 2020 – **O projecto de estruturas em BIM: reconversão de edifício de valor patrimonial**. Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico. (em curso).

MURPHY M., MCGOVERN E., PAVIA S., 2013 – **Historic building information modelling: Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture**. *ISPRS – Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 76 (2013) 89-102.

QUATTRINI, R.; MALINVERNI, E. S.; CLINI P.; NESPECA R.; ORLIETTI E., 2015 – **From TLS to HBIM. High quality semantically-aware 3D modeling of complex architecture**. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Volume XL-5/W4, 2015, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 25-27 February 2015, Avila, Spain.

SAMPAIO, A. Z. 2017a – **Preservação de técnicas construtivas em contexto museológico e didáctico**. CREPAT – Congresso da Reabilitação do Património. Aveiro, 29-30 Junho 2017, pp. 729-737, ISBN: 978-989-207623-2.

SAMPAIO, A. Z., 2017 – **Conceito BIM e multiutilização: modelos nD/BIM**. ICEUBI2017 – International Congress on Engineering, Covilhã, Portugal, 5-7 December 2017, ISBN 978-989-405-8, ISSN 2183-9891, ID: 25, http://iceubi.ubi.pt/

SAMPAIO, A. Z.; ARAÚJO, L., 2019 – **BIM concept: generation of parametric objects of composed walls**. CMN 2019 - Congress on Numerical Methods in Engineering, Guimarães, Portugal, July 1-3, 2019. ISBN: 978-989-5449-60-6, pp. 894-903.

IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS DE CLASIFICACIÓN Y DE REGRESIÓN DE TIPO ÁRBOL EN H-BIM PARA LA GESTIÓN DE EDIFICIOS HISTÓRICOS

IMPLEMENTATION OF TREE-TYPE CLASSIFICATION AND REGRESSION ALGORITHMS IN H-BIM FOR THE MANAGEMENT OF HISTORICAL BUILDINGS

David Bienvenido-Huertas [(1)], Miguel José Oliveira [(2)], Juan Moyano [(1)], Carlos E. Rodríguez-Jiménez [(1)], David Marín [(1)]

(1) University of Seville, Spain, jdbienvenido@gmail.com; jmoyano@us.es; ceugenio@us.es; damar@us.es
(2) Universidade do Algarve, Portugal, mjolivei@ualg.pt.

RESUMEN

La gestión de edificios históricos es un proceso que requiere una gran cantidad de recursos temporales por parte del personal a cargo de estas funciones. Su optimización a través de diversas técnicas, como la inteligencia artificial, permite reducir los tiempos asociados con la toma de decisiones. En este trabajo, se desarrolla un procedimiento para la generación de objetos GDL inteligentes que permiten predecir o estimar las respuestas necesarias para la gestión de elementos patrimoniales. Para esto, se combina el uso de modelos desarrollados a través de procedimientos de minería de datos en objetos GDL de las plataformas BIM (Building Information Modeling). De esta manera, se logra el desarrollo de modelos BIM inteligentes que pueden satisfacer las necesidades de los técnicos responsables del mantenimiento de edificios históricos. Las respuestas dadas por los objetos inteligentes desarrollados pueden ser del tipo cualitativo o cuantitativo. Con esta metodología, se reducirían los tiempos de toma de decisiones, así como el análisis de datos, visualizándolos en un modelo tridimensional del edificio histórico. Por lo tanto, es una técnica especialmente diseñada para optimizar la gestión del edificio histórico.

Palavras-chave: Gestión de Edificios / BIM / Inteligencia Artificial / Toma de Decisiones

1. INTRODUCCIÓN

Los valores universales de las diferentes sociedades y regiones se representan a través de su patrimonio cultural, que puede ser tangible o intangible (Vecco, 2010). Este patrimonio constituye el legado de las generaciones pasadas, constituyendo el símbolo de identidad y de cohesión de las naciones o culturas. El patrimonio cultural tangible, también conocido como patrimonio arquitectónico, lo constituyen aquellos edificios, monumentos o recintos arqueológicos que poseen un valor histórico, cultural o paisajístico. Estos bienes arquitectónicos constituyen recursos no renovables (Krebs and Schmidt-Hebbel, 1999), por lo que la preservación de este patrimonio para asegurarlo a las generaciones futuras constituye uno de las principales obligaciones de la sociedad. Por tanto, la gestión y conservación del patrimonio cultural tangible constituye actualmente una de las principales actividades del sector de la edificación, orientada a establecer las acciones de rehabilitación y de mantenimiento necesarias (Vicente et al., 2015). Esta actividad se caracteriza por la interacción de diversas disciplinas especializadas que se encargan del diagnóstico, valoración y seguimiento del bien arquitectónico, pudiendo existir dificultades de coordinación en los procesos ya que agrupan diferentes profesionales tales como arquitectos, historiadores o arqueólogos.

Ante la gran dificultad de coordinación que puede existir entre las diferentes disciplinas la utilización de herramientas informáticas puede permitir optimizar el proceso de gestión. En los últimos años, Building Information Modeling (BIM) se ha convertido en la metodología más eficaz para la gestión integral de edificios, al combinar las características volumétricas y físicas de un edificio con todos los elementos que lo definen (Bruno et al., 2018). Además, su metodología de trabajo permite el flujo de trabajo multidisciplinar, optimizando el proceso de gestión de los edificios (Zalama and Lerones, 2018). La aplicación práctica de BIM en el patrimonio cultural tangible fue denominado por Murphy (2009) como *Historic Building Information Modelling* (H-BIM). Esta nueva aplicación del BIM presenta como ventaja principal el modelado de los elementos arquitectónicos particulares de cada edificio, así como la recopilación de los datos históricos, constructivos y artísticos (Dore and Murphy, 2012; Murphy et al., 2011). Así pues, H-BIM establece el mantenimiento preventivo como una necesidad cotidiana, con el intercambio de información y la difusión del conocimiento del patrimonio cultural tangible (Oreni, 2013).

Sin embargo, la utilización de una plataforma multidisciplinar de trabajo no garantiza la optimización del proceso. Esto es debido a que cada disciplina encargada del mantenimiento del patrimonio cultural presenta sus propias características y perspectivas particulares del elemento a conservar. El flujo de trabajo entre las diferentes disciplinas requiere la propuesta de hipótesis compartidas, el análisis de resultados y el intercambio de información (Nieto *et al*., 2016), aunque pueden surgir problemas en el criterio de valoración de los diferentes profesionales. Es en este contexto donde la Inteligencia Artificial (IA) puede jugar un papel fundamental al homogeneizar criterios de toma de decisiones (Chávez-Hernández *et al*., 2012). En este sentido, establecer una prioridad en las actuaciones de conservación resulta fundamental debido a las limitaciones presupuestarias que suelen existir para poder acometer los trabajos de restauración. Por esta razón, contar con una herramienta que permita establecer un orden de prioridad en las actuaciones y gestionar de manera inteligente los elementos arquitectónicos constituye una posibilidad de estudio. Además, la utilización de la IA aplicada al H-BIM como proceso de automatización de la toma de decisiones constituye una de las principales brechas del conocimiento (Bruno *et al*., 2018).

En la literatura científica existían algunas aplicaciones en BIM en las que se utilizan técnicas de optimización mediante inteligencia artificial (Bloch and Sacks, 2018; Juszczyk, 2018; Mangal and Cheng, 2018), pero ninguna aplicada a la gestión preventiva de los edificios históricos. Sin embargo, recientemente, los autores de este estudio utilizaron el algoritmo J48 para la estimación de variables de salida mediante una etiqueta (Bienvenido-

Huertas *et al*., 2019). A pesar de esto, la metodología utilizada en la investigación anterior podría ser ampliada a otros algoritmos de minería de datos, tales como los árboles de clasificación y regresión (CART) o M5P. Por lo tanto, en este estudio se desarrolla la aplicación de estos modelos de inteligencia artificial. Para ello, se utilizó un modelo teórico en BIM y se generó un objeto GDL (*Geometric Description Language*) específico para las baldosas. La metodología utilizada en esta investigación puede ser utilizada para estimar variables cualitativas y/o cuantitativas en los modelos HBIM.

2. ALGORITMOS UTILIZADOS

2.1. Algoritmo C4.5

Los árboles de decisión se tratan de una técnica de aprendizaje supervisado que desarrollan modelos de clasificación con una estructura en forma de árbol, compuesto por unos nodos interiores correspondientes a los atributos, unos arcos correspondientes a los valores del nodo origen y las hojas correspondientes al valor de clasificación (Fig. 1). Así pues, permiten determinar la respuesta del sistema siguiendo las reglas que se cumplen desde la raíz del árbol hasta una de sus hojas. El algoritmo funciona dividiendo el conjunto de datos de entrenamiento en subconjuntos de menor tamaño hasta determinar la configuración más adecuada. Por lo tanto, el modelo se construye de forma directa, de arriba abajo, sin hacer uso de *backtracking* y con resistencia al ruido siempre que la muestra de entrenamiento sea grande.

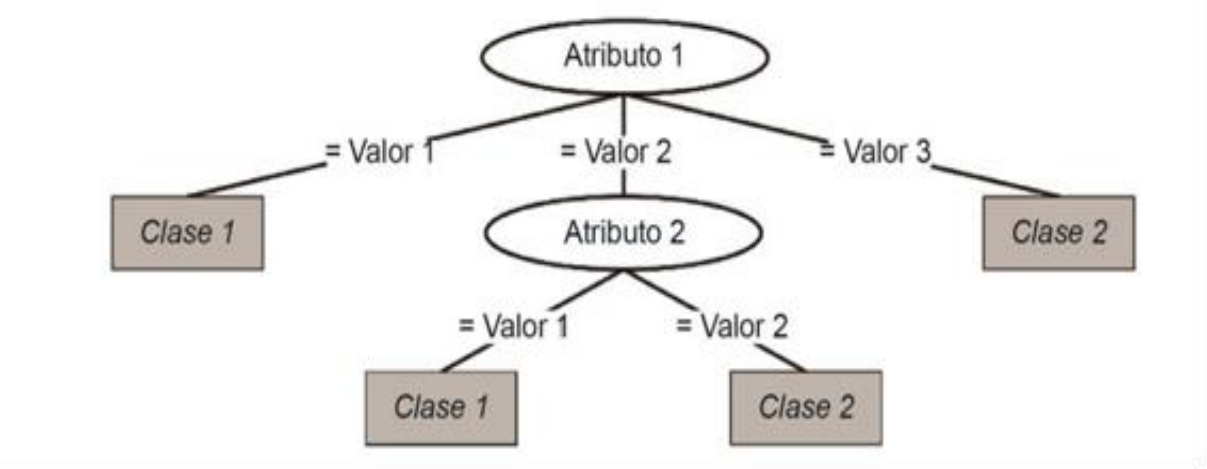


Figura 1 – Esquema teórico de un modelo C4.5

Tradicionalmente, se trata de la técnica de clasificación de aprendizaje inductivo supervisado más utilizada en el proceso de toma de decisiones, utilizándose en diversas áreas, tales como el control de calidad, las predicciones meteorológicas o el diagnóstico médico (Solarte Martínez & Ocampo S., 2009). Por consiguiente, su utilización en el campo de la toma de decisiones acerca de la gestión del patrimonio arquitectónico constituye un aspecto a estudiar. Además, estos modelos presentan como principal ventaja que las conexiones entre nodos pueden expresarse a nivel computacional como reglas *if-then*, lo que facilita su programación en diferentes lenguajes.

Esta técnica de clasificación pertenece a la familia de los árboles de decisión y destacan principalmente dos algoritmos: ID3 y C4.5. El algoritmo ID3 fue el primero desarrollado por Quinlan en 1986 (J Ross Quinlan, 1986) y permite desarrollar árboles de decisión a través de una muestra de entrenamiento. Un desarrollo del algoritmo ID3 se encuentra en el algoritmo C4.5, publicado por Quinlan en 1993 (J Ross Quinlan, 1993). Este nuevo algoritmo introduce algunas novedades como la poda de los modelos desarrollando sistemas menos complejos y más fáciles de interpretar.

Los algoritmos de árboles de decisión determinan el mejor atributo en cada paso mediante el concepto de

ganancia de información haciendo uso de la teoría de la información de C. Shannon (Shannon, 1948). Para ello resulta fundamental en primer lugar determinar la entropía, la cual determina el grado de incertidumbre de la muestra. La entropía se calcula a partir de las probabilidades para cada valor del atributo de clasificación:

$$\boldsymbol{E(S) = -\sum_{i=1}^{c} p_i \, log_2(p_i)} \quad (1)$$

Donde *S* es el conjunto de muestras, *c* es el número de clases del atributo de clasificación, y es la probabilidad de que *S* pertenezca a la clase *i* del atributo de clasificación. Si la muestra es homogénea, es decir, todos los valores pertenecen a la misma clase, la entropía es nula, mientras que, si la muestra es proporcional, la entropía es máxima.

La ganancia de información (Eq. (2)) se basa en la disminución de la entropía causada por participar un conjunto de entrenamiento *S*, con respecto a un atributo *A*. Así pues, el algoritmo construye el modelo buscando aquellos atributos que devuelvan la mayor ganancia de información posible.

$$\boldsymbol{IG\,(S, A) = E(S) - \sum_{v \in V(A)}^{c} \frac{S_v}{S} E(S_v)} \quad (2)$$

Donde S_v es el subconjunto de *S* con aquellas instancias que en el atributo *A* tienen el valor *v,* y $V(A)$ es el conjunto de valores del atributo *A*.

2.2. Algoritmo CART

El algoritmo CART desarrolla modelos en forma de árbol invertido, cuyos nodos interiores corresponden con las variables de entrada, los arcos correspondientes a los valores del nodo origen y sirven para conectar con otros nodos u hojas; y las hojas corresponden con el valor del modelo. Estos modelos desarrollan una serie de reglas if-then que siguiendo las reglas indicadas en cada nodo permiten llegar al valor de salida. Así pues, se caracterizan por dividir el espacio de entrada en subregiones, simplificando problemas complejos con modelos simples (Sun, 2018). Es importante destacar que el valor de salida incluido en cada hoja es un único valor numérico. Por lo tanto, el esquema del modelo es similar al de la Figura 1, pero con variables numéricas en las hojas.

Debido a esto, los modelos CART son fáciles de interpretar y facilitan la comprensión de la solución adoptada para el problema (Xu, Watanachaturaporn, Varshney, & Arora, 2005), por lo que existen numerosos estudios que los han aplicado (Mousa, Lang, Auer, & Yousef, 2017; Tso & Yau, 2007; Williams & Gomez, 2016).

2.3. Algoritmo M5P

El algoritmo M5P es una evolución del algoritmo CART (John R Quinlan & others, 1992; Wang & Witten, 1997). La principal diferencia con respecto a CART es que M5P desarrolla modelos de árbol, pero cuyas hojas son regresiones lineales (Figura 2). Por lo tanto, el algoritmo funciona desarrollando regresiones lineales óptimas en las diferentes subregiones o divisiones que realiza del conjunto de datos. Así pues, se trata también de un algoritmo del que se puede conocer las reglas que establece entre las diferentes variables del conjunto de datos. Otras ventajas de M5P es que maneja de manera eficiente conjuntos de datos grandes y son robustos ante la falta de valores en el conjunto de datos analizado (Behnood, Behnood, Modiri Gharehveran, & Alyamac, 2017; Lin, Wang, & Sadek, 2016).

En el proceso de desarrollo del modelo M5P, en vez de maximizar la ganancia de información, se minimiza la variación interna de los subconjuntos para los valores de clase de cada rama. Una vez, construido el modelo, la poda (i.e., eliminación de los nodos ineficaces) permite reducir el sobreajuste (Rodriguez-Galiano, Sanchez-

Castillo, Chica-Olmo, & Chica-Rivas, 2015).

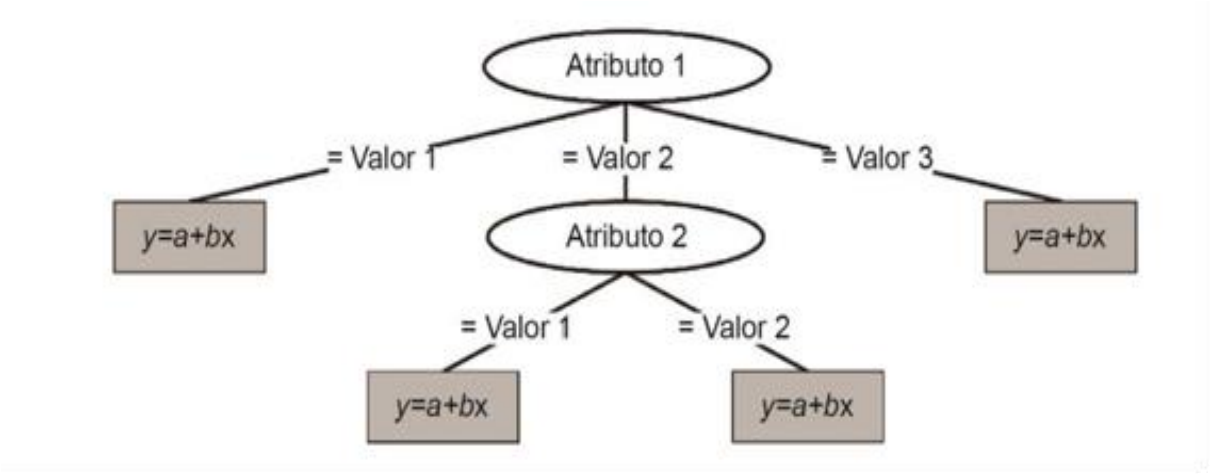


Figura 2 – Esquema teórico de un modelo M5P

3. METODOLOGIA

La metodología utilizada en esta investigación trata de proporcionar un novedoso procedimiento para el desarrollo de modelos H-BIM inteligentes mediante la utilización de objetos GDL con modelos de regresión o de clasificación acorde a las necesidades de los usuarios. El método consiste en:

1. La recopilación de la información documental, obtención de ortofotos, escaneo láser y demas procedimientos necesarios para obtener toda la información necesaria para el desarrollo del modelo H-BIM.
2. Determinación de las necesidades de predicción que debe realizar el modelo H-BIM. Conforme a dichas necesidades, se deberá recopilar información de los elementos arquitectónicos que constituyen el edificio histórico, para poder generar los conjuntos de datos necesarios para el desarrollo de los modelos de predicción. Esta recopilación documental no deberá ser del conjunto entero y podrá ser valorada la utilización de datos de edificios similares por el personal técnico.
3. Desarrollo de los modelos de predicción mediante la utilización de software de minería de datos o código propio en lenguaje de programación.
4. Implantación de los modelos desarrollados en tipologías de objetos GDL diseñadas para el edificio. La implantación se realizará mediante la programación en el script del objeto diseñado.

Si bien este procedimiento es susceptible de una aplicación en muchas formas diferentes, se describe aqui en detalle realizaciones específicas de la misma con el entendimiento de que la presente divulgación debe considerarse como un ejemplo de los principios de la metodología.

Para el desarrollo de modelos H-BIM inteligentes mediante la utilización de objetos GDL con modelos de regresión o de clasificación acorde a las necesidades de los usuarios, en primer lugar se debe realizar una recopilación de todos los datos necesarios para el desarrollo del modelo (1 de la Figura 3). Para ello, la consulta de fuentes históricas y trabajos de investigación previos relacionados con el edificio histórico ayuda a la obtención de los datos necesarios para su levantamiento. Asimismo, el levantamiento 3D de ciertos elementos, mediante técnicas como el escaneo láser o la fotogrametría, permite el desarrollo de modelos más precisos.

Finalizada la recopilación documental, se debe determinar las necesidades de predicción, estimación o clasificacion a las que deberá responder el modelo. Para ello, en una primera fase, el personal técnico deberá determinar las respuestas que deberá dar los diferentes elementos del modelo, así como las varaibles que deben

ser utilizadas. Una vez decididio, se deberá generar los conjuntos de datos utilizados para el entrenamiento de los modelos (2 de la Figura 3). Estos conjuntos de datos podrán ser desarrollados mediante el análisis de una muestra de los elementos patrimoniales del edificio o mediante la utilización de datos provenientes de otras intervenciones que presenten características similares. El conjunto de datos deberá presentar una estructura acorde a los enfoques de minería de datos, de tal manera que este compuesto por una serie de variables de entrada, y una o varias clases o variables de salida. El número de instancias que disponga el conjunto de datos deberá ser el suficiente para el desarrollo de modelos robustos.

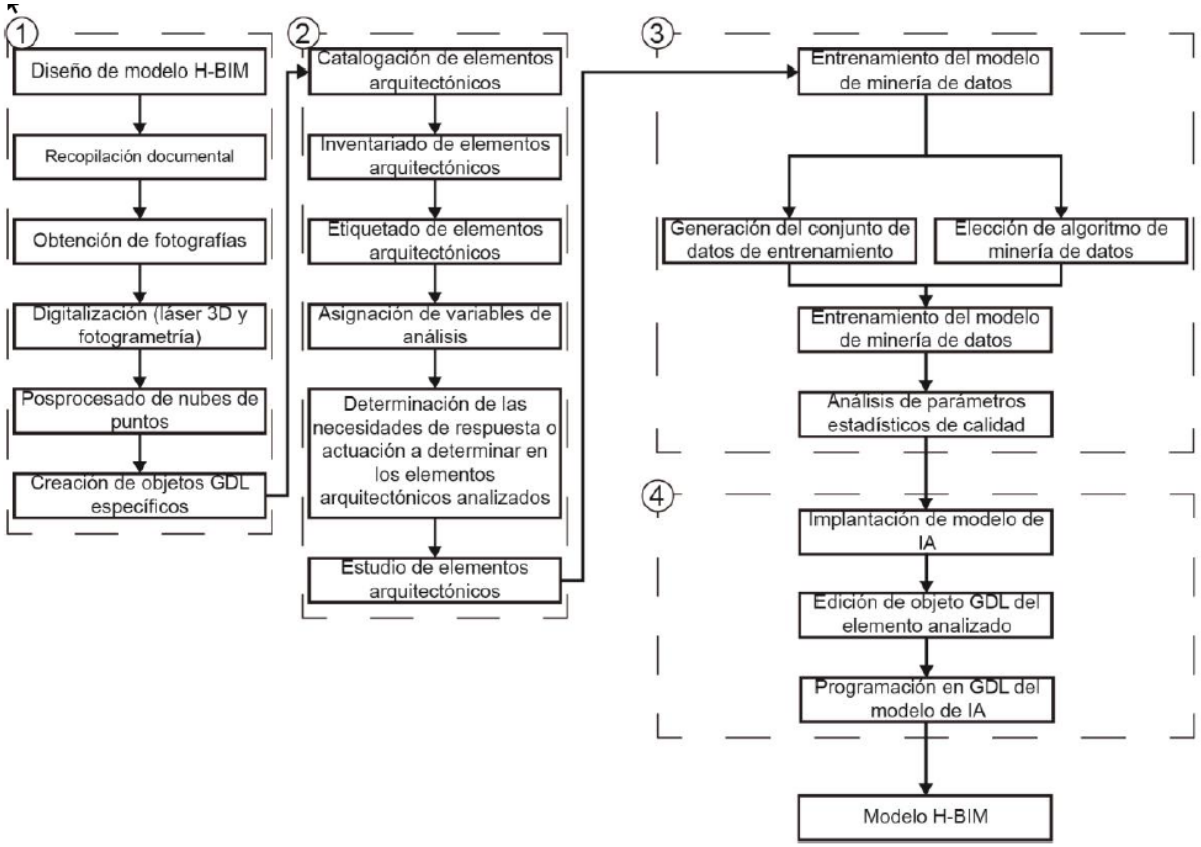


Figura 3 – Flujo de trabajo de la metodologia

C4.5	CART	M5P

if Variable1= "Label1" then
PARAMETERS Class="Response1"
endif
if Variable1= " Label2" then
if Variable2= " Label1" then
PARAMETERS Class =" Response1"
endif
if Variable2= " Label2" then
PARAMETERS Class =" Response2"
endif
endif
	if Variable1<=2 then
	PARAMETERS Class=2,5
	endif
	if Variable1>2 then
	if Variable2<=10 then
	PARAMETERS Class=3,5
	endif
	if Variable2>10 then
	PARAMETERS Class=4,2
	endif
	endif
		if Variable1<=2 then
		PARAMETERS Class=2,5*Variable1+10
		endif
		if Variable1>2 then
		if Variable2<=10 then
		PARAMETERS Class=3,5*Variable1+2* Variable3+1,2*Variable4+10
		endif
		if Variable2>10 then
		PARAMETERS Class=Variable1+4
		endif
		endif

(a)

```
if Class<=10 then
 PARAMETERS gs_frame_mat =77
 PARAMETERS gs_cont_pen =48
      endif
```

(b)

Figura 4 – Ejemplos de programación genérica de los diferentes algoritmos en el objeto GDL

Una vez generado los conjuntos de datos, se procede al entrenamiento de los modelos (3 de la Figura 3). Para ello, se podrá utilizar software desarrollado para minería de datos o utilizar código propio diseñado para algún lenguaje de programación (e.g., R). Debido a la multitud de posibilidades de desarrollo de modelos que podrían realizarse (debido a la gran cantidad de algoritmos existentes), se recomienda la utilización de algoritmos que desarrollen modelos de tipo árbol. En este sentido, se recomienda la utilización del algoritmo C4.5 para

estimación de variables cualitativas, y la utilización de los algoritmos CART y M5P para estimación de variables cuantitativas. El rendimiento de los modelos desarrollados deberá ser analizado utilizando parámetros estadísticos, tales como el coeficiente de determinación o el área bajo la curva ROC. Ante rendimientos inadecuados, el personal técnico deberá analizar la posibilidad de ampliar el número de instancias incluidas en el conjunto de datos, la incorporación de nuevas variables, y la modificación de los parámetros de configuración en los algoritmos.

Una vez obtenido el modelo adecuado a las necesidades de proyecto, se deberá implementar en el objeto GDL del modelo H-BIM (4 de la Figura 3). Esto se realizará mediante la programación del modelo en el objeto GDL. En la Figura 4 se incluye un ejemplo de programación genérica para el objeto GDL. En esta programación se incluye tanto el código para la estimación de la variable de salida como la posibilidad de modificar gráficamente la visualización del objeto en función del valor de la variable de salida. Una vez configurado las diferentes tipologías de objeto GDL que serán utilizadas en el modelo, se procede al modelado del edificio.

Una vez finalizado el modelo H-BIM y conforme vaya avanzando el proceso de intervención o de mantenimiento, se deberá ir introduciendo los valores de las variables de entrada de los objetos GDL diseñado para los elementos arquitectónicos. Para ello, la introducción de los valores de entrada podrá ser realizada mediante su introducción manual en cada uno de los objetos GDL o mediante la importación de los valores de entrada mediante inventariados desarrollados en hojas de cálculo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para esta investigación, se realizó un ejemplo de aplicación de los diferentes algoritmos de regresión y de clasificación de tipo árbol en H-BIM. Para ello, se utilizó un modelo teórico de H-BIM diseñado en ArchiCAD (Figura 5) y se analizó la gestión de las baldosas. Por este motivo, fue necesario desarrollar un objeto GDL específico para este elemento (Figura 6). Se dispuso de un modelo C4.5 para evaluar el grado de intervención, un modelo CART para evaluar la resistencia a flexión y un modelo M5P para evaluar la carga de ruptura. Estos modelos fueron validados a través de parámetros estadísticos como el coeficiente de determinación, parámetros de error, tasa de verdaderos positivos y tasa de falsos positivos.

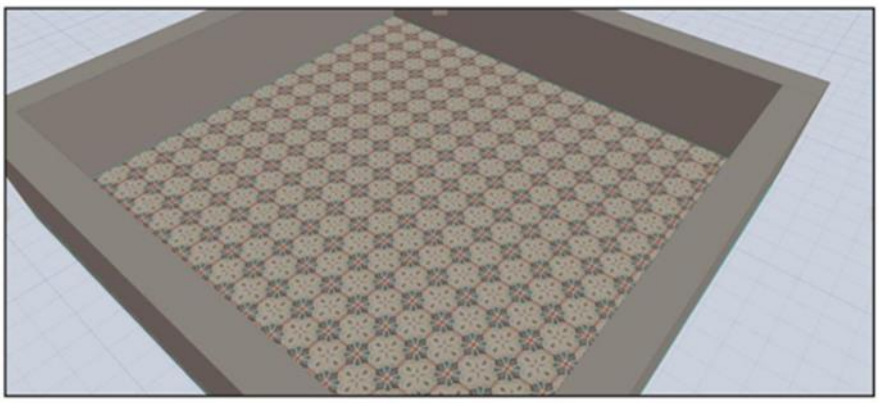


Figura 5 – Perspectiva del modelo teórico de H-BIM utilizado en la investigación

Tal y como se puede apreciar en la Figura 6, en la pestaña de Parámetros del objeto GDL se introdujeron las diferentes variables de entrada y de salida que utilizarán los modelos de clasificación y de regresión, indicando también si se tratan de una variable numérica o de una variable de texto (en el caso de esta última se le puede indicar las posibles cadenas de texto que tiene asociada la variable para evitar errores cuando se escriba). Para la implantación del modelo de clasificación desarrollado se utilizó el script de Parameter y se introdujo, sobre la programación estándar que trae el objeto GDL, las reglas if-then de los modelos de tipo árbol.

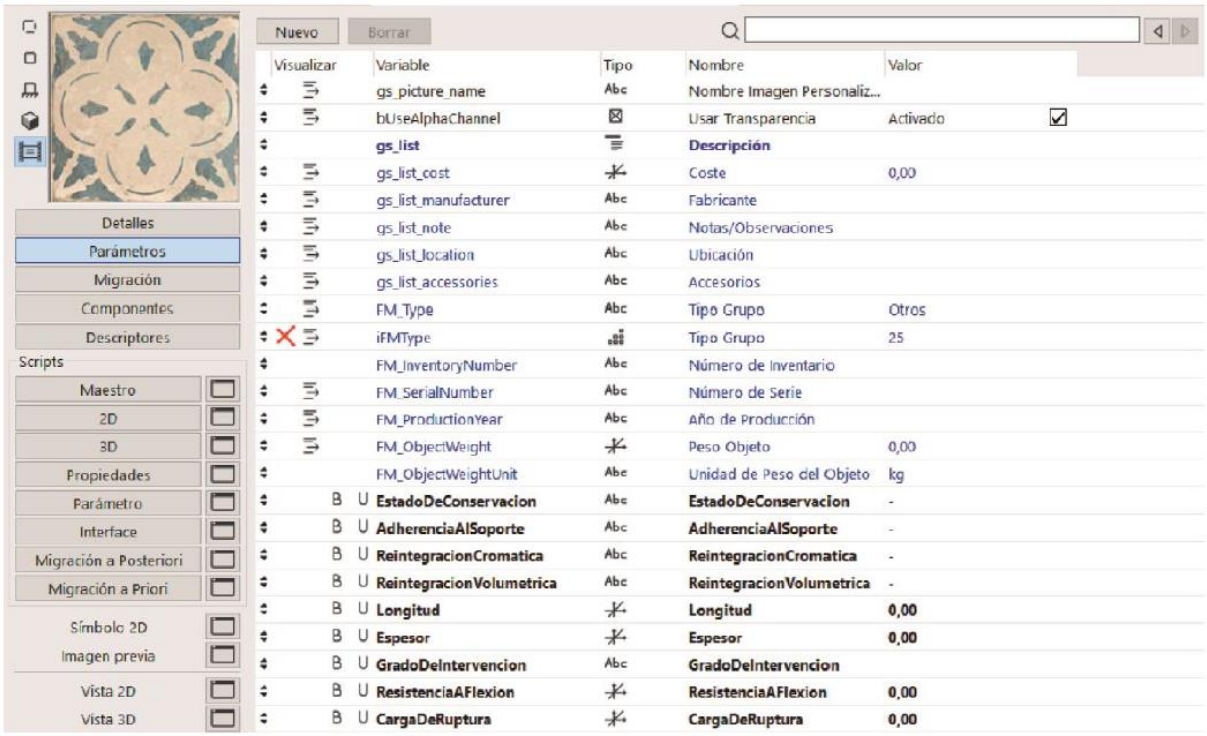


Figura 6 – Interfaz de los parámetros del objeto GDL desarrollado para la implantación de los modelos de tipo árbol. En la parte inferior se puede apreciar las variables creadas para los modelos (están en negrita)

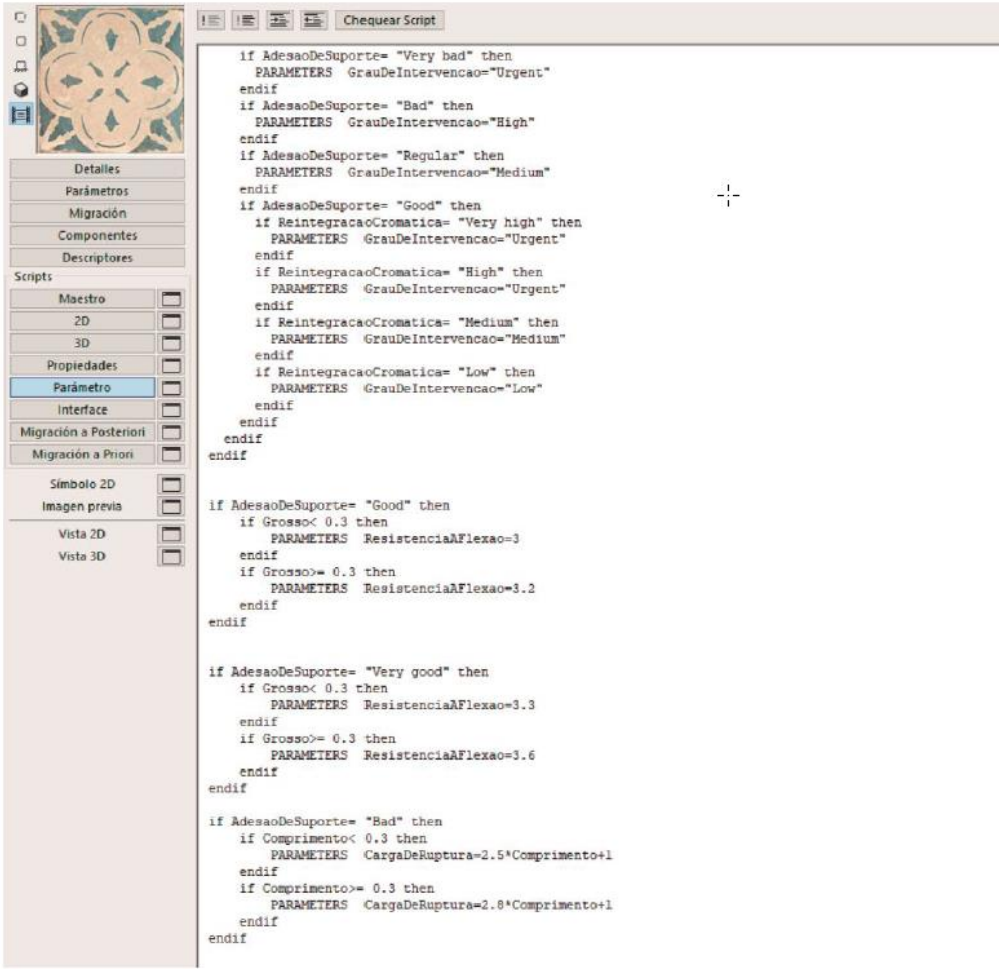


Figura 7 – Extracto del script introducido en el objeto GDL

Además, se decidió que el programa representara con una codificación cromática la prioridad de actuación sobre los azulejos para facilitar su interpretación a nivel visual e interacción en un modelo 3D, por lo que se decidió introducir en la programación un color para cada posible salida. En el caso de las variables de grado de intervención corresponde a un color por cada posible respuesta, mientras que en la variable numérica se realiza a través de rangos (por ejemplo, color rojo para valores inferiores a 3 kN en la carga de rotura). De esta manera se puede apreciar gráficamente en las diferentes vistas del programa las diferencias en estos parámetros de las baldosas del modelo (Figura 8).

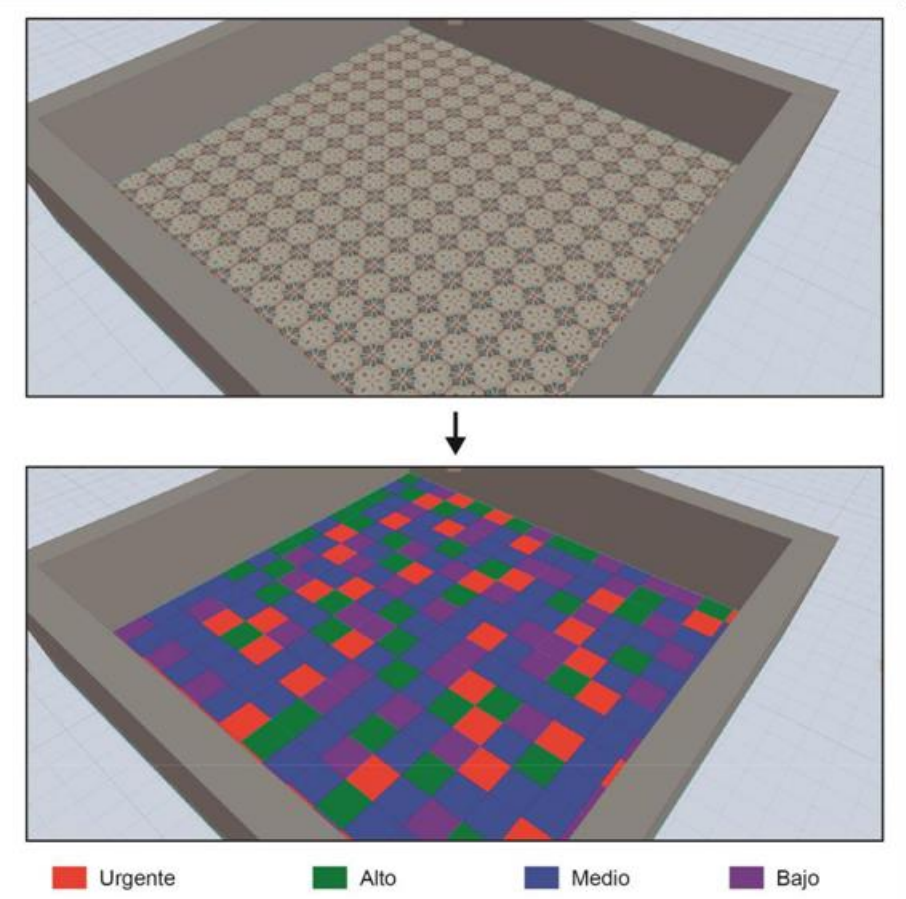


Figura 8 – Vista gráfica del paño de baldosas analizado con la clasificación realizada en BIM

5. CONCLUSIONES

La gestión del patrimonio arquitectónico existente constituye una de las principales actividades del sector de la edificación. Esta actividad se caracteriza por la intervención de diferentes técnicos, tales como arqueólogos, ingenieros y arquitectos, que pueden diferir en los criterios de toma de decisiones. Por lo tanto, disponer de modelos de clasificación o de regresión mediante inteligencia artificial en modelos H-BIM que permitan automatizar la toma de decisiones puede optimizar el proceso, disminuir los tiempos y garantizar una gestión inteligente del patrimonio arquitectónico.

En este artículo se desarrolló la metodología comenzada en una investigación anterior (Bienvenido-Huertas et al., 2019) y se estableció los pasos necesarios para la utilización de modelos de clasificación y de regresión de tipo árbol en H-BIM: C4.5, CART, y M5P. Los resultados reflejaron como la utilización de estos modelos es de fácil programación, por lo que garantizaría una mayor utilización por parte de los profesionales. Es conveniente volver a incidir en la necesidad de disponer de conjuntos de datos grandes para el entrenamiento y validación de los

modelos de clasificación y de regresión.

Para concluir, la principal ventaja que se puede conseguir con la utilización de modelos de minería de datos es que permite reducir el tiempo para decidir sobre un aspecto concreto del elemento analizado, así como la estimación de una variable de difícil valoración (como la resistencia de las baldosas). Por consiguiente, la utilización de la inteligencia artificial mediante la metodología propuesta constituye una ayuda real para alcanzar los objetivos de preservación del patrimonio arquitectónico.

REFERÊNCIAS

BEHNOOD, A.; BEHNOOD, V.; MODIRI GHAREHVERAN, M.; ALYAMAC, K. E. 2017 – **Prediction of the compressive strength of normal and high-performance concretes using M5P model tree algorithm**. Construction and Building Materials, 142, 199-207. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.061

BIENVENIDO-HUERTAS, D.; NIETO-JULIÁN, J. E.; MOYANO, J. J. *et al*., 2019 – **Implementing artificial intelligence in H-BIM using the J48 algorithm to manage historic buildings implementing artificial intelligence in H-BIM using the J48 algorithm to manage**. *International Journal of Architectural Heritage*. *0*(0), 1-13. https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1589602

BLOCH, T.; SACKS, R., 2018 – **Comparing machine learning and rule-based inferencing for semantic enrichment of BIM models**. *Automation in Construction*, *91*(December 2017), 256-272. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.03.018

BRUNO, S.; DE FINO, M.; FATIGUSO, F., 2018 – **Historic building information modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management**. *Automation in Construction*, 86 (November 2017), 256-276. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.009

CHÁVEZ-HERNÁNDEZ, J. A.; RECAREY, C. A.; GARCÍA-LORENZO, M. M.; LÓPEZ-JIMÉNEZ, O., 2012 – **Utilización de la Inteligencia Artificial en el diagnóstico patológico de edificaciones de valor patrimonial**. *Informes de La Construcción*. *64*(527), 297-305. https://doi.org/10.3989/ic.11.036

DORE, C.; MURPHY, M., 2012 – **Integration of HBIM and 3D GIS for digital heritage modelling**. *Digital Documentation. 22-23 October, 2012 Edinburgh, Scotland*.

JUSZCZYK, M., 2018 – **Implementation of the ANNs ensembles in macro-BIM cost estimates of buildings' floor structural Frames**. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 020014). https://doi.org/10.1063/1.5030318

KREBS, M.; SCHMIDT-HEBBEL, K., 1999 – **Patrimonio cultural: aspectos económicos y políticas de protección**. *Perspectivas En Política, Economía y Gestión*, *2*(2), 207-245.

LIN, L.; WANG, Q.; SADEK, A. W., 2016 – **A combined M5P tree and hazard-based duration model for predicting urban freeway traffic accident durations**. *Accident Analysis and Prevention*. 91, 114-126. https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.03.001

MANGAL, M.; CHENG, J. C. P., 2018 – **Automated optimization of steel reinforcement in RC building frames using building information modeling and hybrid genetic algorithm**. *Automation in Construction*, *90*(November 2017), 39-57. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.01.013

MOUSA, W. A. Y.; LANG, W.; AUER, T.; YOUSEF, W. A., 2017– **A pattern recognition approach for modeling the air change rates in naturally ventilated buildings from limited steady-state cfd simulations**. *Energy and Buildings*. 155, 54-65. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.016

MURPHY, M.; MCGOVERN, E.; PAVIA, S., 2011 – **Historic building information modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys.** *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-5-W16-1-2011

MURPHY, MAURICE; MCGOVERN, E.; PAVIA, S., 2009 – **Historic building information modelling (HBIM)**. *Structural Survey*, 27(4), 311-327. https://doi.org/10.1108/02630800910985108

ORENI, D., 2013 – **From 3D content models to HBIM for conservation and management of built heritage**. In B. Murgante, S. Misra, M. Carlini, C. M. Torre, H.-Q. Nguyen, D. Taniar, O. Gervasi (Eds.), *Computational Science*

and Its Applications – ICCSA 2013. Lecture Notes in Computer Science, vol 7974 (pp. 344-357). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62407-5.

QUINLAN, J ROSS, 1986 – **Induction of decision trees**. *Machine Learning*. 1(1), 81-106.

QUINLAN, J ROSS, 1993 – **C4.5: programs for machine learning**. *Machine Learning*, 16(3), 235-240.

QUINLAN, JOHN R *et al*., 1992 – **Learning with continuous classes**. In *5th Australian joint conference on artificial intelligence* (Vol. 92, pp. 343-348).

RODRIGUEZ-GALIANO, V.; SANCHEZ-CASTILLO, M.: CHICA-OLMO, M.; CHICA-RIVAS, M., 2015 – **Machine learning predictive models for mineral prospectivity: An evaluation of neural networks, random forest, regression trees and support vector machines**. *Ore Geology Reviews*. 71, 804-818. https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.01.001

SHANNON, C. E., 1948 – **A note on the concept of entropy**. *Bell System Tech. J*, 27(3), 379-423.

SOLARTE MARTÍNEZ, G. R.; OCAMPO S., C. A. – 2009 – **Técnicas de clasificación y análisis de representación del conocimiento para problemas de diagnóstico**. *Scientia et Technica.* Año XV, 42, 177-182.

SUN, W., 2018 – **River ice breakup timing prediction through stacking multi-type model trees**. *Science of the Total Environment*. 644, 1190–1200. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.001

TSO, G. K. F.; YAU, K. K. W., 2007 – **Predicting electricity energy consumption: A comparison of regression analysis, decision tree and neural networks**. *Energy*,. 32(9), 1761-1768. https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.11.010

VECCO, M., 2010 –**A definition of cultural heritage: From the tangible to the intangible.** *Journal of Cultural Heritage*, 11(3), 321-324. https://doi.org/10.1016/j.culher.2010.01.006

VICENTE, R.; FERREIRA, T. M.; MENDES DA SILVA, J. A. R., 2015 – **Supporting urban regeneration and building refurbishment. Strategies for building appraisal and inspection of old building stock in city centres**. *Journal of Cultural Heritage*. 16(1), 1-14. https://doi.org/10.1016/j.culher.2014.03.004

WANG, Y.; WITTEN, I. H., 1997 – **Induction of model trees for predicting continuous classes**. Proceedings of the poster papers of the european conference on machine learning. Prague: University of Economics, Faculty of Informatics and Statistics.

WILLIAMS, K. T.; & GOMEZ, J. D., 2016 – **Predicting future monthly residential energy consumption using building characteristics and climate data: A statistical learning approach**. *Energy and Buildings*. 128, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.076

XU, M.; WATANACHATURAPORN, P.; VARSHNEY, P. K.; ARORA, M. K., 2005 – **Decision tree regression for soft classification of remote sensing data**. *Remote Sensing of Environment*. 97(3), 322-336. https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.05.008

ZALAMA, E.; LERONES, P. M., 2018 – **A Review of heritage building information modeling (H-BIM)**. *Multimodal Technologies and Interaction*. 2(21), 1-29. https://doi.org/10.3390/mti2020021

REVESTIMENTOS ARMADOS COMO SOLUÇÃO DE REABILITAÇÃO SÍSMICA DE PAREDES DE ALVENARIA DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

REINFORCED PLASTER AS SEISMIC REHABILITATION SOLUTION FOR OLD BUILDING MASONRY WALLS

A. I. Marques [(1)], M. R. Veiga [(2)], P. X. Candeias [(3)], J. G. Ferreira [(4)]

(1) LNEC, Portugal, aimarques@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, pcandeias@lnec.pt
(4) CERIS, IST/UL, Portugal, joao.gomes.ferreira@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

As construções antigas fazem parte do tecido histórico das cidades, pelo que é importante proceder a intervenções de reabilitação eficientes, mas não destruidoras da sua identidade e valor cultural intrínseco. A utilização de rebocos armados apresenta-se como uma solução simples e eficaz no reforço sísmico deste tipo de construções, nos casos em que não é possível ou exigível a preservação dos revestimentos de paredes, possibilitando, em simultâneo, uma reabilitação estética e de proteção à água. Neste artigo, será analisada a capacidade resistente à tração de várias composições de revestimentos, assim como diversos aspetos que podem influenciar a durabilidade dos rebocos e a compatibilidade com os materiais existentes.

Palavras-chave: Revestimentos Armados / Reabilitação Sísmica / Paredes de Alvenaria / Edifícios Antigos

RESUMO ALARGADO

As construções antigas fazem parte do tecido histórico das cidades, pelo que é importante proceder a intervenções de reabilitação eficientes, mas não destruidoras da sua identidade e valor cultural intrínseco. A utilização de rebocos armados apresenta-se como uma solução simples e eficaz no reforço sísmico deste tipo de construções, nos casos em que não é possível ou exigível a preservação dos revestimentos de paredes, possibilitando, em simultâneo, uma reabilitação estética e de proteção à água.

As argamassas armadas são uma solução de reforço particularmente promissora para a reabilitação e reforço de estruturas. Esta solução é normalmente composta por um material de reforço (de grande resistência à tração) que é aplicado à superfície externa dos elementos estruturais através de uma argamassa.

A escolha dos rebocos de reforço a usar deve ter em conta a sua eficácia como reforço estrutural à ação sísmica, conjugando essa eficácia, na medida do possível, com a compatibilidade com os materiais e soluções de paredes originais, sem a qual diversas anomalias construtivas poderão surgir e a durabilidade global da parede poderá ser comprometida. Embora o aumento da durabilidade do edifício e da parede original seja, em si, um fator de sustentabilidade, adicionalmente deverá ter-se em conta, sem prejuízo dos outros parâmetros apontados, o caráter sustentável dos materiais de reforço escolhidos. Neste contexto, é muito importante conhecer bem o comportamento dos revestimentos armados, principalmente do ponto de vista mecânico, por forma a que as escolhas do tipo de revestimento armado a utilizar sejam as mais eficazes e compatíveis com o elemento a reforçar.

Os ensaios para determinação da resistência à tração têm como principal objetivo a caracterização mecânica dos revestimentos armados. O conhecimento do comportamento elástico dos revestimentos armados pode ser importante em algumas aplicações estruturais, tais como o reforço por corte de paredes de alvenaria, o reforço de arcos e abóbadas, e o confinamento de colunas. Por esta razão, os ensaios de tração são recomendados por normas (CNR, 2012; ICC-ES, 2013) para a caracterização mecânica de sistemas de reforço à base de argamassa e espera-se que se torne um passo fundamental do processo de qualificação do produto.

Neste artigo, será analisada a capacidade resistente à tração de várias composições de revestimentos, assim como diversos aspetos que podem influenciar a durabilidade dos rebocos e a compatibilidade com os materiais existentes. Com base nas características determinadas, serão escolhidos os tipos de revestimentos armados que apresentem melhor comportamento e compatibilidade. Neste contexto, foram consideradas várias combinações de revestimentos armados constituídos por argamassas com ligantes de cal aérea, cal hidráulica natural ou cimento, com um traço usual e por três tipos de redes de reforço, uma rede metálica, uma rede de fibra de vidro e a rede de juta, cuja capacidade resistente à tração foi determinada através de ensaios para determinação da resistência à tração, conforme se ilustra na Figura 1. Os mecanismos de rotura resultantes destes ensaios foram também analisados por forma avaliar a compatibilidade entre materiais, conforme se exemplifica na Figura 2.

Após a realização dos ensaios e análise dos respetivos resultados foi possível verificar que, no que diz respeito à eficácia dos revestimentos armados como reforço das paredes, os revestimentos armados com fibra de vidro apresentam as maiores tensões de rotura para todas as argamassas. Por outro lado, o tipo de argamassa, nomeadamente o ligante utilizado, não condiciona significativamente a resistência do revestimento armado (Marques *et al.*, 2020).

Verificou-se também que, por observação dos mecanismos de rotura dos revestimentos armados, é possível avaliar a eficácia da compatibilidade dos materiais utilizados nesses revestimentos, assim como tipificar o tipo de rotura para cada tipologia.

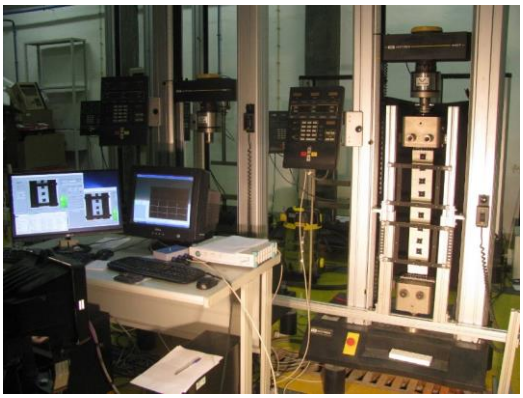


Figura 1 – Aspeto geral da realização de um dos ensaios de tração e alongamento na rotura



Figura 2 – Exemplo de alguns colapsos obtidos nos revestimentos armados durante os ensaios de tração

Tendo em conta que os revestimentos armados serão aplicados em paredes resistentes de alvenaria de tijolo maciço para melhoria do seu comportamento sísmico, e tendo em conta que ambas as soluções garantem o aumento de resistência previsto, existem dois tipos de objetivos a ser considerados. Se o tipo de reforço a realizar for mais exigente em termos de compatibilidade de materiais (reforço e suporte) e consequente durabilidade do suporte onde vai ser inserido, a solução de revestimento armado composto por argamassa de cal hidráulica natural e rede de fibra de vidro mostra-se mais adequada. Se, por outro lado, o tipo de reforço a aplicar tiver de garantir maior resistência global da parede, então a solução mais adequada serão os revestimentos armados compostos por argamassa de cimento e rede de fibra de vidro.

Nota

Artigo completo publicado no número temático: Reabilitação Estrutural de Edifícios da série III da RPEE – *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas* (consultar em: http://rpee.lnec.pt/Ficheiros/rpee_serieIII_n13/rpee_sIII_n13.pdf?fbclid=IwAR2MgK8BhCDKZfHxFsIXZu_NcfWR_KObWxgcrD5ls5b_mSLJknwYk2MFmlw).

REFERÊNCIAS

AC434, 2013 – **Acceptance criteria for masonry and concrete strengthening using fiber-reinforced cementitious matrix (FRCM) composite systems**. USA: International Code Council -Evaluation Service (ICC-ES).

DT 200 R1 – **Guidelines for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening existing structures**. Italy: Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

MARQUES, A. I.; VEIGA, M. R.; CANDEIAS, P. X.; FERREIRA, J. G., 2020 – **Revestimentos armados como solução de reabilitação sísmica de paredes de alvenaria de edifícios antigos**. *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas (RPEE).* N.º 13. Série III. ISSN: 2183-8488.

PERSPECTIVAS E FERRAMENTAS PARA SOLUÇÕES MAIS EFICIENTES E PRÁTICAS MAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO CULTURAL

PERSPECTIVES AND TOOLS FOR MORE EFFECTIVE SOLUTIONS AND MORE SUSTAINABLE PRACTICES IN CULTURAL HERITAGE CONSERVATION

Maria João Revez [(1)], Nuno Proença [(1)], Paola Coghi [(1)]

(1) Nova Conservação, S.A., Portugal, nc@ncrestauro.pt

RESUMO

A formação e conhecimento empírico dos conservadores/as-restauradores/as capacitam-nos/as para encontrar e implementar soluções de conservação do património cultural mais eficientes e práticas mais sustentáveis, mas não bastam para garantir que os resultados sejam os esperados – sobretudo no longo prazo, onde apenas um adequado planeamento pode garantir a longevidade das soluções implementadas. As ferramentas elaboradas no âmbito do projecto STORM (Safeguarding Cultural Heritage through Technical and Organisational Resources Management) podem constituir uma ajuda importante para atingir esses objectivos.

As abordagens e métodos desenvolvidos no STORM têm por base avaliações de riscos específicas para o património cultural e incluem a implementação de metodologias e sistemas tendentes ao desenvolvimento de um processo completo de gestão dos riscos em património cultural: da prevenção à colocação em segurança; da monitorização à protecção pré e pós-impacte; integrando ferramentas definidas em função da natureza dos perigos que os bens culturais enfrentam e a selecção de estratégias com base em análises custo-efectividade das diversas acções/soluções disponíveis.

Estas metodologias adoptam modelos desenhados especificamente para o património cultural, tomando em consideração o material constitutivo e as suas vulnerabilidades; a situação presente e futura do objecto de análise (museu, depósito/reservas, sítio); as diferentes tipologias de ambiente (urbano, campestre, marítimo); e a importância dos diferentes valores culturais (artísticos, históricos, científicos) ameaçados por perigos que podem ser de acção rápida ou lenta. A integração destes elementos numa análise holística do património – com base em colaborações interdisciplinares mediadas pela Conservação e Restauro – é decisiva para a conservação sustentável dos valores culturais de cada comunidade e dos bens que os materializam.

Com base na análise dos conceitos expressos, algumas das metodologias serão brevemente descritas e ilustradas com casos de estudo.

Palavras-chave: Intervenções em Património Cultural / Conservação e Restauro / Gestão dos Riscos em Património Cultural / Análises de Custo-Efectividade

1. INTRODUÇÃO

> *«Conservação: Todas as acções destinadas a compreender um elemento ou sítio patrimonial, conhecer, reflectir sobre e comunicar a sua história e significado, facilitar a sua salvaguarda e gerir a mudança da forma que melhor sustente os seus valores patrimoniais para gerações presentes e futuras.»* (Nara+20, 2016: 147)

A Conservação do Património Cultural, como a definição acima transcrita denuncia, requer e envolve uma grande diversidade de especialidades profissionais, científicas e institucionais, que se devem articular de uma forma desejavelmente interdisciplinar. No que concretamente diz respeito à materialidade dos bens culturais, é responsabilidade específica da Conservação e Restauro (CR) perceber a forma como esta pode transmitir os valores culturais que a cada momento lhe são atribuídos, e, a partir daí, implementar soluções técnicas sobre o bem cultural que transmitam melhor essa significância cultural e/ou lhe prolonguem a longevidade.

A formação em CR, bem como a experiência adquirida em sucessivos contextos de intervenção, permite à profissão um conhecimento baseado na leitura crítica dos bens culturais, privilegiando o seu papel de mediação entre as dimensões materiais e imateriais destes últimos. Neste sentido, o/a conservador/a-restaurador/a pode com propriedade ser considerado/a um/a intérprete (Muñoz Viñas, 2010), devendo esta interpretação ser inteiramente baseada em juízos críticos dos bens culturais na sua relação com as suas respectivas comunidades patrimoniais (cf. Convenção de Faro (CoE, 2005)), e sempre em consonância com os princípios da Conservação vigentes no momento da intervenção.

As intervenções de CR contribuem, pois, para gerir a mudança que se vai operando nos bens culturais e respectivos contextos com o intuito de, tanto quanto possível, aumentar ou manter valores culturais – mormente na medida em que estes dependam da materialidade dos objectos, por excelência o espaço de actuação da CR (Brandi, 2006). Logicamente, pretende-se sempre que as intervenções de CR sejam tão duráveis quanto possível, mas esta durabilidade fica necessariamente dependente do planeamento e implementação de programas de longo prazo que obviem os requisitos conservativos dos objectos a partir de uma abordagem preventiva.

Metodologias e instrumentos que sejam integradores das múltiplas questões envolvidas na conservação preventiva de um bem patrimonial, incluindo ferramentas que permitam clarificar a sua efectividade junto dos decisores, são fundamentais para a operacionalização deste tipo de abordagem. Neste particular, a utilidade da gestão dos riscos nos diversos processos envolvidos na conservação preventiva de bens culturais foi já amplamente demonstrada (e.g. Ashley Smith, 1999; Waller, 1994) e pode com proveito auxiliar a implementação efectiva de formas mais sustentáveis de conservar bens culturais. Evidentemente que uma condição *sine qua non* para esta sustentabilidade depende directamente de os valores culturais – e, por inerência, a autenticidade e a integridade dos objectos – e as linhas orientadoras da Conservação serem claramente considerados. Nesse sentido, as ferramentas abaixo apresentadas podem constituir um auxiliar relevante para práticas mais eficazes de conservação patrimonial.

O STORM (Safeguarding Cultural Heritage through Technical and Organisational Resources Management) foi um projecto, financiado pelo programa-quadro H2020, dedicado à gestão dos riscos em sítios patrimoniais, congregando entidades de tutela patrimonial, climatólogas, bombeiros e protecção civil, cientistas da conservação, especialistas em TIC e sensores, sismólogos/as, e conservadores/as-restauradores/as ao longo de três anos (2016-2019) de colaboração interdisciplinar. No âmbito do projecto foram criadas diversas ferramentas de apoio à decisão em gestão dos riscos em património imóvel e/ou móvel. Elaboradas com base numa metodologia de avaliação de riscos especificamente desenvolvida para contextos patrimoniais, estas ferramentas permitem o tratamento de informação de fontes diversas (arquivística, fotográfica, sensorística) para apoio ao planeamento do controlo dos riscos nas suas diferentes fases: prevenção/mitigação, preparação, resposta e recuperação.

No STORM, os contributos de conservadores/as-restauradores/as e de cientistas da conservação foram decisivos para a articulação do trabalho dos gestores dos sítios e dos parceiros tecnológicos, desde logo na proposta de um quadro de referência comum, mas também, e sobretudo, na tradução e operacionalização dos requisitos de conservação de um bem cultural em metodologias sistemáticas de apoio à decisão. Deste modo, a avaliação dos riscos, e, por inerência, todos os processos STORM, foi perspectivada com base na protecção de valores culturais na sua materialidade. Isto significa que foram necessárias metodologias dedicadas que abarcassem perigos de acção lenta e de acção rápida, responsáveis por processos degradativos graduais a catastróficos, nas mais diversas situações de vulnerabilidade. O controlo destes processos deve necessariamente ser servido por instrumentos de planeamento capazes de gerir esta diversidade, para agilizar a – infelizmente ainda lenta – mudança para paradigmas de cariz cada vez mais preventivo na salvaguarda patrimonial.

2. CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO: ACTUAIS LINHAS ORIENTADORAS

2.1. Princípios da Conservação

Os princípios da Conservação reflectem as aspirações das sociedades relativamente aos seus bens patrimoniais, mormente materiais, e devem ser aplicados a qualquer tipo ou nível de decisão possa interferir com essa materialidade, qualquer que seja a escala de intervenção – de planos de gestão a acções específicas; de métodos de intervenção à selecção de produtos de tratamento. Os princípios e recomendações que actualmente presidem às decisões relacionadas com a materialidade de bens culturais em sociedades ocidentais incluem a compatibilidade, a intervenção mínima, a reversibilidade/retratabilidade, a discernibilidade, e a interdisciplinaridade, e estão consagrados em várias cartas e códigos de ética internacionais, de entre os quais as Cartas de Veneza, Atenas, Cracóvia, e as cartas do ICOMOS (ICATHM 1931; ICATHM 1964; ICOMOS, n.d.; Austrália ICOMOS 2013; ICC 2000) se destacam como principais referências no sector da Conservação em Portugal.

Subjacentes a *todos* os princípios listados nestas cartas estão os valores culturais (significância patrimonial) e as comunidades que os atribuem (*cf.* CoE 2005), a partir dos quais os princípios devem ser interpretados e compreendidos. Ou seja, a relevância e a operacionalização destes princípios dependem *inteiramente* da sua indexação ao objectivo principal da Conservação, *i.e*., preservar ou aumentar os valores ou significados que cada objecto patrimonial tem para a(s) sua(s) respectiva(s) comunidade(s). Isto significa que as tomadas de decisão em conservação – incluindo a Gestão dos Riscos – envolvem necessariamente uma avaliação da significância cultural, a partir da qual os impactes das escolhas de conservação – e a ética das mesmas – podem ser avaliadas.

Por exemplo, estruturas arqueológicas são objectos patrimoniais caracterizados principalmente pela elevada importância dos seus valores científicos e históricos, mesmo que outros valores*, e.g.* simbólico ou estético, contribuam também para a sua significância global. Ora, os valores científicos dependem fortemente do tecido construtivo dos objectos patrimoniais ou, mais especificamente, das possibilidades de esta materialidade, através de investigação científica, fornecer informações sobre a história e comunidades associadas ao objecto. Assim, em estruturas arqueológicas, qualquer perda de informação, incluindo *qualquer forma de perda de material*, será geralmente percebida como um dano. Por esse motivo, a aplicabilidade dos princípios da conservação nesses contextos estará sobretudo relacionada com os impactes das diferentes decisões sobre (todos) os materiais constituintes do objecto. Em geral, as acções de conservação aplicadas a este tipo de estruturas serão primeiramente tendentes à estabilização física e química dos materiais, vistos como fontes de evidência e conhecimento, e à protecção contra perdas futuras; nestes casos, os princípios da Conservação são geralmente aplicados tendo a preservação de *todo* o tecido construtivo como objectivo último.

2.2. Sustentabilidade e Conservação

> *«O desenvolvimento sustentável é um modelo de desenvolvimento que permite satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades.»* (Brundtland, 1987, s.p.)

A sustentabilidade pode ser encarada como um princípio da Conservação: Muñoz Viñas (2005) aplica o conceito à significância dos objectos patrimoniais, propondo a 'conservação sustentável' como princípio fundamental na actual teoria e prática da Conservação. A noção de sustentabilidade dos valores sugere o interesse de gerações futuras como principal impedimento para dispormos dos objectos livremente no presente e, neste sentido, é uma noção ampla que pode utilmente complementar a reversibilidade e a intervenção mínima.

Numa perspectiva mais global, o desenvolvimento sustentável, juntamente com a crise climática e a gestão dos riscos de catástrofes, constituem áreas prioritárias de acção para as Nações Unidas, sendo que a resolução de qualquer uma delas não pode ser dissociada das restantes (Boccardi, 2014). A sustentabilidade é enquadrada, mundialmente, pela Agenda 2030 das Nações Unidas (ONU 2015a), que elenca os objectivos de desenvolvimento sustentável (ODS) a que se comprometeram os estados membros, incluindo Portugal. No sector do património cultural assumem particular relevância o ODS 11 (*Tornar as cidades e as comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis*), que refere explicitamente a salvaguarda do património cultural como meta (11.4), com indicadores definidos para a sua monitorização; mas também os ODS 13 (*Adoptar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactes*) e 17 (*Reforçar os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável*).

À escala do sítio, a UNESCO promove a sustentabilidade na gestão de bens culturais definindo-a como a "aplicação de uma perspectiva de longo prazo a todos os processos de tomada de decisão que digam respeito a bens inscritos na lista do Património Mundial, com vista a promover a equidade intergeracional, a justiça e um mundo adaptado às gerações presentes e futuras" (UNESCO 2015: 3). A definição da UNESCO, que sublinha ainda "a ideia de interconexão entre economia, sociedade e ambiente, e a distribuição equitativa de recursos e oportunidades" (UNESCO 2015: 17), enquadra, portanto, a sustentabilidade enquanto princípio ético, aplicável a todo o leque das medidas que podem impactar não só os valores culturais, autenticidade e integridade; mas também a gestão dos recursos empregues na sua Conservação, incluindo preocupações ambientais.

3. A GESTÃO DOS RISCOS COMO FERRAMENTA DA CONSERVAÇÃO

3.1. Considerações iniciais

A Gestão dos Riscos é uma forma sistemática de pensar e planear o risco, definido como "o efeito da incerteza nos objectivos" (ISO 31000:2018: 3.1). Esta incerteza pode ter efeitos positivos (gerados por oportunidades) ou negativos (gerados por ameaças), sendo que em alguns contextos, e.g. a segurança, os riscos são tipicamente apenas negativos. A Gestão dos Riscos encontra aplicação nos mais variados sectores de actividade, para apoio à decisão aos mais diversos níveis (projecto, empresa, sector, etc.).

A Gestão dos Riscos de Catástrofes (GRC), como o nome indica, diz especificamente respeito a catástrofes, expandindo o que anteriormente se considerava no plano da gestão de emergências para uma abordagem sistemática de identificação, avaliação e redução dos riscos de catástrofes: a GRC "é a aplicação de políticas, processos e acções de redução do risco de catástrofes para prevenir novos riscos, reduzir riscos existentes e gerir riscos residuais, contribuindo para o aumento da resiliência" (UNISDR, 2015: 13), promovendo uma análise dos contextos de forma integrada, e geralmente tendente à adopção de abordagens preventivas.

Actualmente, a GRC é orientada pelo Quadro de Sendai 2015-2030, que se baseia em 4 prioridades de acção:

i) aprofundar o conhecimento sobre o risco de catástrofes; ii) fortalecer a componente de gestão do risco de catástrofes; iii) investir na componente de redução do risco de catástrofes para uma melhor resiliência; e iv) reforçar a componente de preparação para uma resposta efectiva (ONU 2015b). Em 2017, foram publicados os indicadores para a monitorização, nos países que ratificaram o Quadro, dos resultados da sua implementação relativamente às seis Metas Globais de Sendai, avaliadas através de outros tantos grupos de indicadores. No grupo de indicadores C – Perdas económicas directas – foi incluído o património cultural, subgrupo de indicadores C-6 – "perdas económicas directas da destruição ou dano de património cultural por uma catástrofe" (UNISDR 2017).

Com esta inclusão, a preservação do património cultural ganha uma notável dimensão de importância no panorama global da GRC, e será possível, supõe-se que a breve termo, dispor de dados mais claros sobre os esforços de cada país na protecção do seu património cultural relativamente a situações de catástrofe. Neste âmbito, não pode deixar de sublinhar-se que a relevância do património cultural para a GRC advém também de um reconhecimento das contribuições que os bens patrimoniais podem significar para a resiliência das comunidades, para a sustentabilidade ambiental, e para a adaptação das sociedades à crise climática (Jygiasu 2014). É também neste enquadramento que devem entender-se as contribuições do projecto STORM, que se centraram e desenvolveram a partir de uma lógica de gestão dos riscos que pendem sobre bens patrimoniais.

Ou seja, actualmente, há todo o interesse (e urgência) em aplicar ao património enquadramentos que são prioritários nas agendas nacionais e globais. Nesse sentido, usar a GRC como metodologia de referência, por oposição a processos de gestão dos riscos estritamente sectoriais (dos quais aliás não abundam os referentes metodológicos), pode significar um aumento das sinergias e uma facilitação das articulações entre os diversos actores que podem ser envolvidos na salvaguarda de um sítio patrimonial. Contudo, é necessário ter presente que as perdas geradas por catástrofes consubstanciam apenas uma parte das perdas que, constante e impreterivelmente, afectam bens culturais, e que os danos potencialmente causados por eventos de acção lenta mas inexorável têm de ser igualmente integrados nos procedimentos de gestão dos riscos patrimoniais.

3.2. Avaliação dos riscos em património cultural

O risco pode ser genericamente expresso como o produto da probabilidade de uma ocorrência pelas respectivas consequências. No entanto, quando as consequências dependem fortemente de estratégias de prevenção ou preparação, como é usualmente o caso em contexto de catástrofe, pode haver vantagem em destrinçar os parâmetros de outra forma, sendo comum, mormente na gestão dos riscos em infraestruturas, definir o risco como uma função dos parâmetros *Perigo*, *Exposição* e *Vulnerabilidade*. Nas aplicações em património cultural (Figura 1), a análise de cada uma destas variáveis exige disciplinas várias, que dependem evidentemente de cada caso, mas que devem desejavelmente incluir especialistas nos factores exógenos (em edifícios *e.g*. geólogos, climatólogos, sismólogos); nos factores endógenos (em edifícios *e.g.* geólogos, cientistas dos materiais, conservadores-restauradores, engenheiros de estruturas); e nos factores imateriais (*e.g.* historiadores, arquitectos, arqueólogos) associados ao bem cultural. A metodologia de avaliação dos riscos desenvolvida no âmbito do STORM (Ravankhah, de Wit, Argyriou *et al.*, 2019; Ravankhah, de Wit, Revez *et al.*, 2019) foi formulada com base nestes parâmetros.

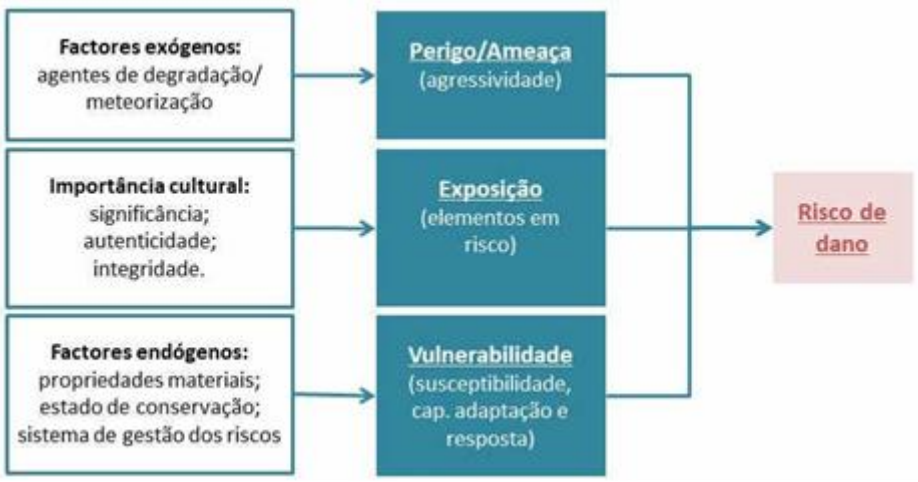


Figura 1 – Esquema paramétrico usado na avaliação dos riscos no STORM; escala: monumento/sítio (baseado em Caldeira, 2008: 9)

A metodologia de avaliação dos riscos do STORM baseia-se então em avaliações semi-quantitativas dos três parâmetros, Perigo, Exposição e Vulnerabilidade, através dos seus respectivos indicadores. Optou-se, para as sucessivas avaliações, por uma escala tipo Likert, que varia entre 'muito baixo' (valor 1) e 'muito alto' (valor 5), por forma a permitir a integração da diversidade de informação coligida em índices globais de riscos. A metodologia progride com as seguintes avaliações sequenciais:

1. Perigos: com base numa classificação dos perigos naturais de acção rápida e de acção lenta desenvolvida especificamente para o património cultural (Ravankhah, de Wit, Argyriou *et al.,* 2019), procede-se à identificação dos perigos em cada site e, para cada um dos perigos identificados, à avaliação dos seguintes indicadores: (a) verosimilhança; (b) magnitude/ intensidade; (c) relevância para os responsáveis pelo sítio; e (d) gravidade esperada do impacte (avaliação preliminar). A partir destes indicadores, é feita uma apreciação dos perigos, seleccionando, via análise matricial e aplicação do princípio ALARP, quais os perigos que precisam de ser analisados mais aprofundadamente, sendo que a avaliação de riscos completa apenas será aplicada a perigos classificados entre 'médios' a 'muito altos';
2. Exposição: consideram-se elementos em risco os bens móveis e imóveis integrantes de um sítio cultural, bem como o património intangível que lhe está associado. Assim, a avaliação da exposição corresponde à identificação e caracterização sumária dos elementos tangíveis e intangíveis do sítio, bem como dos valores culturais que estes elementos comportam. Numa palavra, a Exposição avalia a significância cultural do sítio;
3. Vulnerabilidade: a avaliação da vulnerabilidade engloba a avaliação da susceptibilidade estrutural e material dos bens culturais integrantes do sítio, bem como uma avaliação das capacidades de adaptação e reacção do sistema de gestão do sítio a um evento indesejável. As directivas de avaliação dos indicadores de susceptibilidade estrutural e material são comuns, mas os pesos dados a cada um dos tipos de susceptibilidade no cômputo final da vulnerabilidade variam consoante o tipo de perigos (de acção rápida ou de acção lenta). Por seu turno, a avaliação das capacidades de adaptação e reacção (CAR) do sistema de gestão é global para todo sítio.

Os riscos de cada perigo *i* em cada área *j* do sítio podem então ser calculados (Equação 1):

$$\boldsymbol{R_{i,j} = Perigo_i^{\frac{1}{4}} \times Exposição_j^{\frac{1}{4}} \times Suscetibilidade_j^{\frac{1}{4}} \times Falta\ de\ CAR^{\frac{1}{4}}} \quad (1)$$

Estes índices de riscos terão um valor numérico (semi-quantitativo) final que corresponderá a uma classificação qualitativa entre 'muito baixo' a 'muito alto' e que permitirá hierarquizar as prioridades de tratamento dos diferentes riscos que impactam as diferentes áreas dos sítios.

3.3. Na prática: controlo dos riscos em património cultural

Todas as metodologias do STORM foram desenvolvidas em função e estreita articulação com a avaliação dos riscos, tal como as ferramentas e procedimentos tendentes ao seu controlo. Optou-se, para as fases de controlo dos riscos, por seguir o ciclo comummente usado na GRC: prevenção/mitigação, preparação, resposta e recuperação. De notar que as fases de preparação e de resposta são específicas de contextos de emergência, tipicamente gerados por perigos de acção súbita; as restantes fases são aplicáveis a quaisquer tipos de riscos, de esporádicos e catastróficos a lentos e persistentes. Os instrumentos desenvolvidos podem ser implementados sob a forma de um Plano de Gestão dos Riscos (Figura 2).



Figura 2 – Proposta de estrutura-tipo de um plano de gestão dos riscos para um sítio patrimonial

Em cada um dos cinco sítios piloto do STORM, a avaliação dos riscos levou à identificação e selecção de casos para teste das metodologias e ferramentas desenvolvidas. Como exemplo, pode referir-se um dos simulacros, acção típica da fase de preparação, realizados nas Ruínas Romanas de Tróia. O exercício foi planeado para preparar a resposta a uma potencial emergência causada pela conjugação de alguns dos riscos mais prementes que ameaçam a área de estruturas arqueológicas situadas na orla do estuário do Sado: agitação marítima, durante a maré alta, intensificada por ventos fortes. Nestas condições hidro-meteorológicas, as estruturas da orla, que apresentam um estado de conservação bastante precário, poderiam sofrer colapsos parciais e perdas irreversíveis, como efectivamente tem acontecido ao longo dos últimos 100 anos (Brum, Vaz Pinto, Magalhães, *et al.* 2017).

O simulacro envolveu múltiplas entidades locais, com coordenação dos serviços de Protecção Civil da Câmara Municipal de Grândola (também parceiro no projecto STORM), que se mobilizaram em torno do sítio, e puseram em marcha o plano de emergência preparado pelo gestor do sítio (Troiaresort, S.A.) e pela CR (Nova Conservação, S.A.), com a sobredita Protecção Civil. As entidades envolvidas incluíram, além das

referidas, os Bombeiros de Grândola, a Guarda Nacional Republicana de Tróia, a Capitania do Porto de Setúbal/Polícia Marítima, e militares do Ponto de Apoio Naval de Tróia (Figura 3).



Figura 3 – Simulacro STORM nas Ruínas Romanas de Tróia (Neto, Pereira, Revez, *et al.* 2019: 43)

Este exercício, certamente dos primeiros do género a ser realizado em Portugal, não só serviu para testar e afinar os processos STORM, como também representou uma oportunidade de sensibilização das entidades locais para a importância e vulnerabilidades daqueles vestígios arqueológicos. Por outro lado, e mais decisivamente, acentuou a dimensão intersectorial do património no que à GRC e adaptação à crise climática diz respeito, aspecto aliás constante do elenco de recomendações do projecto (Neto, Pereira, Revez, *et al.* 2019: 43). Outra recomendação considerada crítica no âmbito da protecção patrimonial em contextos de riscos diz respeito à racionalidade e sustentabilidade no uso de recursos, que pode ser apoiada por análises de custo-efectividade, tal como descrito na secção seguinte.

4. ANÁLISES DE CUSTO-EFECTIVIDADE EM CONTEXTOS PATRIMONIAIS

4.1. Metodologia

As análises de custo efectividade (ACE) são ferramentas de apoio à decisão entre diferentes opções que confrontam os custos dessas opções, em unidades monetárias, com os respectivos benefícios – a efectividade – medidos em unidades não monetárias. Em património cultural, são ainda raras as metodologias para a elaboração de ACE, especificamente no que diz respeito a opções de conservação. A metodologia de ACE desenvolvida no âmbito do STORM (Revez, Coghi, Delgado Rodrigues *et al.*, 2019) operacionaliza os princípios da conservação como critérios chave para a avaliação de opções de intervenção, incluindo controlo dos riscos, sobre património cultural. Estes princípios são traduzidos em parâmetros de efectividade, propondo-se directivas para a sua avaliação semi-quantitativa (Tabela 1).

A metodologia inclui ainda um quarto grupo de indicadores, relativo ao parâmetro 'não-nocividade ambiental', que permite incluir na análise uma estimativa dos impactes ambientais das opções em causa, se considerado pertinente ou desejável.

A avaliação da efectividade deve ser feita por um grupo de peritos em património, em número condicente com a importância do objecto/sítio, cujas especialidades devem ser seleccionadas de acordo com a tipologia e contexto do bem cultural em causa, num número mínimo de três peritos, além da pessoa responsável pela sua tutela e/ou gestão.

Tabela 1 – Parâmetros de avaliação da efectividade e respectivas directivas de avaliação (Revez, Coghi, Delgado Rodrigues *et al.* 2019)

Parâmetro analítico	**Directivas de avaliação (de 1 a 10)**
M: Efectividade material (curto e longo prazo)	
Agressividade/compatibilidade fisico-química	10: Produtos/métodos similares/tradicionais e/ou de baixa agressividade 5-6: Produtos/métodos moderadamente agressivos 1: Produtos/métodos agressivos/muito distintos
I: Efectividade imaterial (curto e longo prazo)	
Significância: mantida/melhorada – reduzida Percepção da forma ou função: mantida/ melhorada – reduzida Abordagem: preventiva – curativa – reconstrução Cumprimento dos princípios da Conservação Visibilidade das interferências ou perturbações à fruição Percentagem de material original conservado	10: as acções previstas não prejudicam nem interferem com a fruição cultural/ não reduzem nenhum dos valores do sítio/ não implicam a remoção de nenhum material original/ são inteiramente reversíveis/removíveis; 5-6: as acções previstas impedem parcialmente a fruição ou a investigação sobre o sítio/ requerem ou causam a perda de alguns valores, material original ou informação/ são parcialmente irreversíveis ou não-removíveis; 1: as acções previstas interferem fortemente com a significância, autenticidade ou integridade do sítio/ requerem ou causam a perda de material original/ são completamente irreversíveis
O: Competências dos operadores	
Competências dos operadores/profissionais envolvidos nas respectivas especialidades	10: Membros da equipa com formação e experiência específicas (em património) 5-6: Alguns membros da equipa sem formação ou experiência específicas 1: Nenhum membro da equipa com formação e experiência específicas
Nível de confiança/incerteza	Desvio-padrão das médias das classificações.

4.2. Na prática: tomada de decisão em acções de controlo dos riscos

No STORM, a metodologia de CEA, inicialmente desenvolvida para apoio à decisão em intervenções de conservação e restauro, foi considerada aplicável a medidas de controlo dos riscos em bens culturais, dado que, por um lado, as acções de CR são conceptualizáveis nessa perspectiva e, por outro, como atrás se disse, *quaisquer* acções implementadas sobre bens culturais devem seguir as linhas orientadoras da Conservação. Após uma aplicação da ACE ao caso de uma intervenção passada no núcleo principal das Ruínas Romanas de Tróia (Revez, Coghi, Delgado Rodrigues *et al.*, 2019), a metodologia foi implementada sobre diferentes tipos de opções de mitigação e preparação para alguns dos riscos avaliados como mais preocupantes em alguns dos sítios piloto do STORM. Estas diferentes aplicações tiveram como principal consequência a consideração *explícita* dos valores culturais do sítio e dos princípios da Conservação, mormente a compatibilidade, na avaliação das diferentes acções. O facto de ser uma análise comparativa facilitou a atribuição de classificações às diferentes opções em apreço, de acordo com o que cada perito considerava ser a respectiva *contribuição* para a conservação desses valores culturais.

Por exemplo, em Tróia, para as estruturas arqueológicas da orla, foram realizadas ACE para apoio a decisões relativas a medidas de prevenção/mitigação, com avaliação de opções de longo prazo para (i) a monitorização e (ii) a protecção, com recurso a uma barreira, das estruturas da orla (STORM Consortium 2019). Os resultados são expressos sob a forma rácios custo-efectividade (Tabela 2), a partir dos quais facilmente se obtém as estratégias mais vantajosas, neste caso as estratégias B1 (para a barreira) e M1 (para a monitorização).

Tabela 2: Rácios de custo-efectividade para estratégias de prevenção nas estruturas arqueológicas na orla das Ruínas Romanas de Tróia

Estratégias de prevenção para estruturas da orla	**Custo (em k€)**	**Efectividade***	**C/E (em k€/E)**
Barreira de protecção das estruturas			
B1: com sacos geossintéticos preenchidos com areia	**22,7**	**7,3 [5 - 10]**	**3,1**
B2: enchimento de praia com reenterramento das estruturas	484,8	8,2 [4 - 10]	59,3
B3: criação de recife artificial	163,1	9,8 [8 - 10]	16,7
Monitorização das estruturas			
M1: fotogrametria	**25,4**	**8,9 [7 - 10]**	**2,8**
M2: análise de perfis de praia	34,7	7,1 [0 - 10]	4,9
M3: varrimento laser	44,6	9,4 [6 - 10]	4,7

Notas:
*A efectividade é apresentada como valor médio e com a gama de valores atribuídos aos diferentes parâmetros (M, I, etc.) entre parêntesis rectos

A metodologia consegue, pois, dar apoio a decisões relativas a medidas que não interfiram com a materialidade dos objectos, muito embora a urgência da sua aplicação seja mais premente nas acções que impactem directamente esta materialidade, por forma a fomentar a sua sustentabilidade.

5. CONCLUSÕES

A Gestão dos Riscos em Património é, como o nome indica, uma ferramenta de integração dos conhecimentos necessários à Conservação do Património. Tentar aproximá-la da terminologia e sistemática da GRC é uma forma de tornar o Património e a sua Conservação mais relevantes no âmbito da corrente agenda global. A estrutura proposta pelo STORM, desenvolvida para gerir eventos de impactes lentos mas persistentes a súbitos mas catastróficos, permite igualmente promover uma maior interligação com questões relacionadas com a sustentabilidade e a adaptação à crise climática (Neto, Pereira, Revez *et al.*, 2019).

A gestão dos riscos em bens culturais exige sempre uma leitura integrada das dimensões materiais e imateriais de cada bem cultural que pode, e deve, ser assegurada por conservadores/as-restauradores/as, profissionais com formação e experiência específicas neste tipo de análise crítica do património. A CR dispõe das ferramentas conceptuais e práticas necessárias à definição de abordagens de protecção de bens culturais, à elaboração e implementação de Planos de Gestão dos Riscos em património e, não menos importante, à mediação e articulação das diferentes especialidades que esta protecção requer em cada contexto.

O projecto STORM demonstrou que as abordagens e soluções da CR podem com sucesso ser operacionalizadas em instrumentos promotores de uma protecção patrimonial de cariz mais preventivo, de uma maior racionalidade no uso de recursos, e de uma melhor articulação entre diferentes agentes e instituições.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Dr. José Delgado Rodrigues as úteis sugestões a este texto. O Projecto STORM foi financiado pelo programa de investigação e inovação Horizonte 2020 da União Europeia ao abrigo do contrato de concessão n.º 700191.

REFERÊNCIAS

ASHLEY-SMITH, J. 1999 – **Risk assessment for object conservation**. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Australia ICOMOS, 2013 – **The Burra Charter: the Australia ICOMOS charter for places of cultural significance**. ICOMOS Australia. http://australia.icomos.org/wp-content/uploads/The-Burra-Charter-2013-Adopted-31.10.2013.pdf

BOCCARDI, Giovanni, 2014 – **Close-up the 3rd world conference on disaster risk reduction.** *World Heritage* 74. pp. 38-41. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231678

BRANDI, C., 2006 – **Teoria do Restauro**. Amadora: Edições Orion.

BRUM, P.; Vaz Pinto, I.; Magalhães, A. P.; Santos, F.; Müller, J., 2017 – **The STORM project and coastal erosion: the case of Tróia (Portugal).** *Skyllis*. 17 (1): 62-68.

BRUNDTLAND, G. H. (coord.), 1987 – **Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development** (A/42/427). Brundtland Commission of the World Commission on Environment and Development. http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I.

CALDEIRA, L., 2008 – **Análises de riscos em geotecnia. Aplicação a barragens de aterro**. Programas de Investigação e de Pós-Graduação na Área Científica de Mecânica dos Solos. Lisboa: LNEC.

CoE, 2005 – **Framework convention on the value of cultural heritage for society (Faro Convention)**. Council of Europe https://rm.coe.int/1680083746

ICATHM, 1931 – **The Athens charter for the restoration of historic monuments**. First International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments. http://www.icomos.org/en/167-the-athens-charter-for-the-restoration-of-historic-monuments

ICATHM, 1964 – **The venice charter – international charter for the conservation and restoration of monuments and sites**. II International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments. Veneza: ICOMOS. https://www.icomos.org/charters/venice_e.pdf

ICC, 2000 – **The charter of krakow 2000: principles for conservation and restoration of built heritage**. International Conference on Conservation. Krakow. http://smartheritage.com/wp-content/uploads/2015/03/KRAKOV-CHARTER-2000.pdf

ICOMOS, n.d. – **International charters for conservation and restoration**. Paris: ICOMOS. http://www.icomos.org/charters/charters.pdf

ISO 31000:2018 – **Risk management – guidelines**. Genebra: International Organization for Standardization.

JIGYASU, R., 2014 – **Fostering resilience: towards reducing disaster risks to world heritage**. *World Heritage***.** 74. pp. 4-13. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231678.

MUÑOZ-VIÑAS, S., 2005 – **Contemporary theory of conservation**. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.

MUÑOZ-VIÑAS, S., 2010 – **Delicias y riesgos de lo artístico**. *Intervención*. 1 (1), pp. 16-18.

Nara+20, 2016 – **On heritage practices, cultural values, and the concept of authenticity**. *Heritage Society***.** 8 (2) 144-147. https://doi.org/10.1080/2159032X.2015.1126115

NETO, F. M.; PEREIRA, S.; REVEZ, M. J. *et al*., 2019 – **Cultural heritage policies for prevention, preparedness and first aid**. *Cultural Heritage Resilience Against Climate Change and Natural Hazards Methodologies, Procedures, Technologies and Policy improvements achieved by Horizon* 2020 – 700191 STORM project. Resta, V.; Utkin, A.B.; Neto, F.M.; Patrikakis, C.Z. (Eds.), pp. 14-54. Pisa: Pisa University Press.

ONU, 2015a – **Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development**. A/RES/70/1, United Nations General Assembly 70th Session. https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication

ONU, 2015b – **The sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030**. Third United Nations World Conference. https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf

RAVANKHAH, M.; DE WIT, R.; ARGYRIOU, A. V. *et al.,* 2019 – **Integrated assessment of natural hazards, including climate change's influences, for cultural heritage sites: the case of the historic centre of rethymno in Greece**. *Int J Disaster Risk Sci*. 10 (3): 343-361. https://doi.org/10.1007/s13753-019-00235-z

RAVANKHAH, M.; DE WIT, R.; REVEZ, M.J. *et al*., 2019 – **Risk assessment and risk management for the protection of cultural heritage**. *Cultural Heritage Resilience Against Climate Change and Natural Hazards Methodologies, Procedures, Technologies and Policy improvements achieved by Horizon 2020*

–- *700191 STORM project*. Resta, V.; Utkin, A.B.; Neto, F.M.; Patrikakis, C.Z. (Eds.), pp. 55-88. Pisa: Pisa University Press.

REVEZ, M. J.; COGHI, P.; DELGADO RODRIGUES, J.; VAZ PINTO, I., 2019 – **Analysing the cost-effectiveness of heritage conservation interventions: a methodological proposal within project STORM.** *Int Architectural Heritage.* https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1665141

STORM Consortium, 2019 – **Deliverable 9.3. STORM assessment and validation mid-term report**. (unpublished document). STORM Project.

UNESCO, 2015 – **Policy for the integration of a sustainable development perspective into the processes of the world heritage convention**. *World Heritage and Sustainable Development*. UNESCO. https://whc.unesco.org/en/sustainabledevelopment/.

UNISDR, 2015 – **Proposed updated terminology on disaster risk reduction: A technical review**, facilitated by the United Nations Office for Disaster Risk Reduction. https://www.preventionweb.net/files/45462_backgoundpaperonterminologyaugust20.pdf

UNISDR, 2017 – **Technical guidance for monitoring and reporting on progress**. in Achieving the Disaster Risk Reduction.

WALLER, R., 1994 – **Conservation risk assessment: a strategy for managing resources for preventive conservation**. Studies in Conservation 39(sup2) pp. 12-16. https://doi.org/10.1179/sic.1994.39.Supplement-2.12

FLUXO DE TRABALHO LASERSCAN-BIM APLICADO À CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DO PATRIMÓNIO

LASERSCAN-BIM WORKFLOW APPLIED TO HERITAGE CONSERVATION AND REHABILITATION





André Azevedo [(1)], Joel Ribeiro [(2),] Tiago Campelo [(3)]

(1) Buildgest – Fiscalização e Gestão de Obras Lda, Portugal, andre.azevedo@buildgest.com
(2) Buildgest – Fiscalização e Gestão de Obras Lda, Portugal, joel.ribeiro@buildgest.com
(3) Buildgest – Fiscalização e Gestão de Obras Lda, Portugal, tiago.campelo@buildgest.com

RESUMO

A preservação do edificado implica um conhecimento profundo da pré-existência para que seja possível a sua integração nas atividades inerentes ao processo de reabilitação. As atividades ligadas à inspeção do edificado, tais como, análise documental, caracterização estrutural e construtiva, e o reconhecimento das principais anomalias podem considerar-se como tarefas imprescindíveis em medidas de preservação do património.

Neste artigo, apresenta-se a metodologia e ferramentas de trabalho da Buildgest, explorada e aperfeiçoada ao longo dos últimos 3 anos e aplicada na área da Inspeção e Diagnóstico dos edifícios. Essa metodologia consiste, a par dos métodos tradicionais de inspeção e diagnóstico das pré-existências e deteção de causas de anomalias, na digitalização do edificado através de laserscan, processamento e posteriormente a interpretação dos dados, documentação da informação e transmissão da mesma num modelo centralizado BIM.

A inclusão de toda a informação num modelo digital, aplicando a metodologia BIM introduz vantagens face à transmissão desta pelo método tradicional na medida em que a consulta da informação por parte dos intervenientes é facilitada e o modelo torna-se um elemento dinâmico e evolutivo com condições para agregar dados de futuras intervenções.

Este tipo de metodologia de carácter inovador revela-se interessante no potencial crescente como repositórios de informação do património, contemplando aspetos que transcendem a mera informação gráfica ou descritiva, muitas vezes escassa ou deslocalizada, aumentando a qualidade na informação transmitida e proporcionar um inteligente arquivo evolutivo das intervenções efetuadas ao longo da existência do património (Heritage BIM).

Palavras-chave: Inspeção / *Heritage BIM* / Reabilitação / *Laserscan* / Nuvem de Pontos (*Point Cloud)*

1. INTRODUÇÃO

Building Information Model (BIM) tem sido uma metodologia em constante desenvolvimento na área AEC na última década e a aposta de eleição dos principais gabinetes em Portugal. Apesar da digitalização dos processos no desenvolvimento de construções novas, verifica-se um desenvolvimento moroso na adaptação das mesmas metodologias e ferramentas às atividades de reabilitação e gestão do património existente. São inúmeras as potencialidades da empregabilidade das novas tecnologias ao interesse da preservação do parque edificado, como a digitalização do existente através de ferramentas laserscanning, documentação de informação centralizada através da metodologia BIM e gestão do património com metodologia *Facility Management* (FM).

Nos capítulos seguintes do artigo são apresentados os processos de laserscan e BIM e posteriormente os diversos casos práticos com aplicação de diferentes métodos de documentação digital que incorporam ativos quantitativos (objetos inteligentes, dados de anomalias) e ativos qualitativos (fotografias, documentos de arquivo, relatórios de ensaios e de I&D). Os casos práticos variam em escala e complexidade.

Na figura 1 é explicitado o fluxo de trabalho adotado pela Buildgest nas atividades relacionadas com o processo de inspeção e diagnóstico das pré-existências.

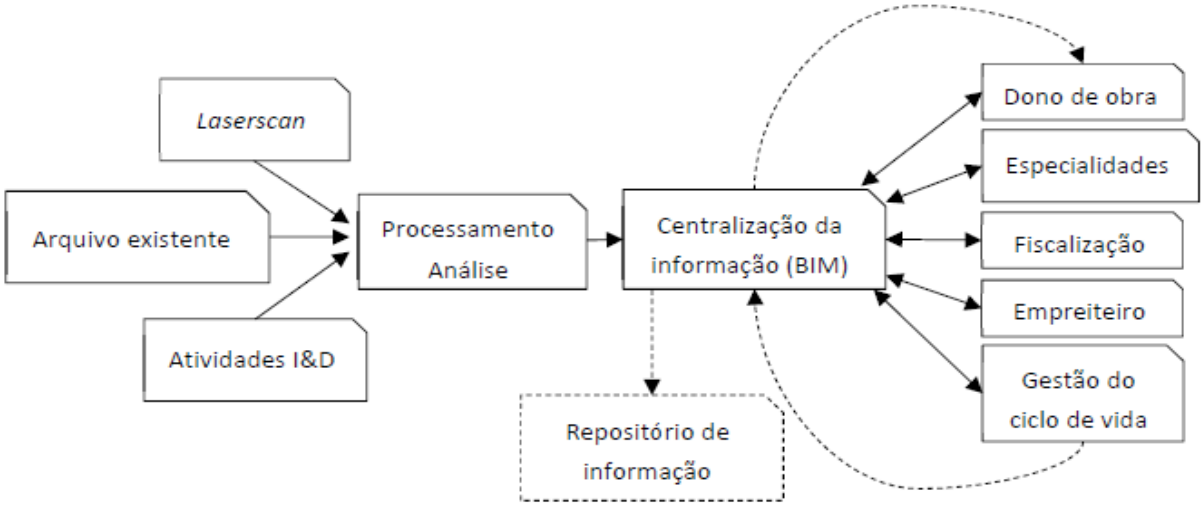


Figura 1 – Workflow da metodologia de trabalho Laserscan-BIM aplicada à I&D e documentação da informação

O presente artigo reflete os trabalhos desenvolvidos pela *Buildgest* aplicados na área da reabilitação, durante a fase de inspeção e diagnóstico, com a metodologia de trabalhos *Laserscan-BIM.*

2. BIM E DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÓNIO

A adoção da metodologia BIM no setor de novas construções tem sido conduzida pelos resultados positivos demonstrados na eficiência, redução de custos e aumento de produtividade em fases operacionais.

Os mesmos benefícios podem ser perspetivados na utilização desta ferramenta na gestão do património existente com vantagens adicionais em termos de coordenação espacial das intervenções (com a introdução de nuvem de pontos e *Clash Detection*), planeamento das medidas de reabilitação, conservação e manutenção (através da melhoria substancial da informação centralizada). Este reconhecimento do BIM, deve-se por ser uma metodologia evolutiva que abraça a crescente demanda por uma base de conhecimento multidisciplinar, essencial para a gestão de processos de ciclo de vida e o desenvolvimento do inventário patrimonial e cultural existente.

No *workflow* da Buildgest, a representação dos trabalhos executados no património existente, é realizada através de componentes digitais que, ao contrário da ferramenta CAD, não pretende representar apenas a sua localização e aparência, mas também as suas propriedades geométricas, resultados de ensaios NDT *(Non Destructive Test)*, elementos de arquivo histórico associado, etc. Este método permite a criação de um repositório central para toda a informação histórica existente, geométrica e não geométrica, dados operacionais, campanhas de arqueologia, análise de materiais, entre outras. O *laserscan* de sondagens arqueológicas e posterior introdução da mesma num modelo BIM é um exemplo prático de informação centralizada do achado com informação visual tridimensional e localização exata.

É essencial nas intervenções realizadas no património a perceção da condição histórica, informações de arquivo e o conhecimento profundo do edificado antes da sua intervenção. É intuito da Buildgest na aplicação desta metodologia que o modelo BIM centre nele toda a informação relevante e exequível para que sirva de informação base detalhada a todos os intervenientes durante a reabilitação do edifício. O modelo BIM é assim um processo de apoio à colaboração multidisciplinar, para uma melhor gestão da informação aplicado ao património existente (*Heritage BIM*).

A digitalização do património existente e a sua documentação num modelo centralizado é um procedimento complexo que normalmente envolve abordagens híbridas para a visualização de conjuntos de informação heterogénea, tais como, memórias descritivas, elementos gerados por malhas, geometrias, registo fotográfico, etc.

3. LASERSCAN E PROCESSAMENTO DE DADOS

Esta tecnologia é baseada na reflexão de milhares de pontos para cada estação em que o equipamento é colocado, realizando uma conexão entre as várias estações que permitem a montagem de uma nuvem de pontos global, em que cada ponto tem uma cor associada e encontra-se localizado num sistema de eixos tridimensionais, permitindo medir distâncias entre eles e caracterizar qualquer objeto visível. A nuvem de pontos pode ser usada como base para transformar dados num modelo BIM criando um conjunto de bases de trabalho do modelo tridimensional da arquitetura existente e de um futuro projeto.

Os equipamentos de laserscan e os sistemas de fotogrametria revelam-se atualmente uma ferramenta inestimável na recolha precisa do património construtivo existente. A recolha de locais culturalmente importantes, como edifícios históricos e monumentos, pode servir para uma variedade de propósitos inestimáveis. A informação recolhida pode auxiliar na conservação, reparação e gestão de ativos além de possivelmente servir como um recurso visual para fins educacionais e culturais. É elevado o potencial e capacidade técnica destes sistemas inovadores como um meio para a documentação do património, luxuosamente detalhado, com elevada precisão. Os dados adquiridos atuam como uma ferramenta de preservação digital e uma representação virtual intemporal do património como ele existe.

Além de um instrumento de digitalização das construções, surge também como ferramenta fundamental nas campanhas de I&D da Buildgest para caracterização patológica, nomeadamente, o registo e quantificação de deformações no plano e fora-do-plano, de pavimentos, paredes de alvenaria, encurvadura de elementos estruturais verticais, entre outros. Utilizando leituras intervaladas de pontos fixos entre 2 a 5 anos, é possível identificar os incrementos de deformação das superfícies, utilizando assim o *laserscan* como uma ferramenta de monitorização.

A metodologia da digitalização das construções utilizada pela Buildgest enquadra-se na realização de uma campanha abrangente do património edificado fornecendo um registo 3D objetivo do mesmo capturando a sua condição atual, incluindo qualquer dano pré-existente na superfície, assentamentos do edifício e alterações

estruturais permitindo a sua quantificação. A informação capturada fornece um conjunto de dados inestimável para a monitorização, conservação e interpretação de condições futuras.

3.1. Sistemas de registo

Nos casos de estudo desenvolvidos e apresentados no presente artigo em capítulo próprio, toda a informação tridimensional recolhida do património existente foi efetuada com recurso aos equipamentos BLK 360º ou ScanStation P40 da *Leica Geosystems.* Ambos os equipamentos são ideais para projetos de registo tridimensional interior e exterior, devido à sua velocidade, alcance, resolução de dados, peso e o sistema de câmeras integradas *High Definition Range* (HDR). Os equipamentos utilizam um laser, que é invisível e classificado como inofensivo, completamente seguro para o operador e público sendo esta uma preocupação quando se efetuam trabalhos de registo em exteriores com elevada movimentação. A emissão de feixes laser e a leitura da sua distância de reflexão é executada com uma taxa de aquisição de dados excecionalmente alta e rápida principalmente comparada com o método tradicional, com a leitura de cerca de 360 mil pontos por segundo, mantendo um erro de 7 mm a 20 m de distância. Os equipamentos têm um alcance aproximado de cerca de 60 m e geram dados de uma leitura 360^0.

3.2. Metodologia de registo Laserscan

Na generalidade, um dos principais objetivos do registo tridimensional com *laserscan* é a captura explícita das continuidades arquitetónicas e a sucessão dos elementos estruturais. O posicionamento do equipamento durante as campanhas é estrategicamente definido em função da melhor vista panorâmica para o scanner e depois posições que cubram os pontos cegos. Posteriormente são definidos pontos de controlo, quantos necessários, para um melhor controlo sobre o resultado final. Os pontos de controlo são georreferenciados com recurso a uma estação total que referencia alvos/pontos que fazem parte integrante da informação digitalizada do edifício (nuvem de pontos), ver Figura 2 e Figura 3.

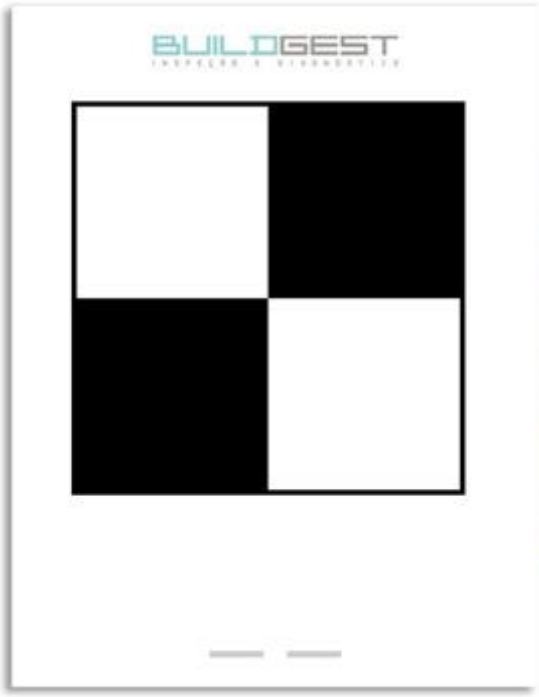


Figura 2 – Alvo tipo



Figura 3 – Utilização de alvos durante a campanha de digitalização

O primeiro passo de processamento da informação associada à digitalização do património consiste na organização da inúmera informação recolhida. Posteriormente, são executados os registos dos scans usando o software *Leica Cyclone,* ou semelhante, usando o alinhamento automático e manual. Naturalmente, orientando uma campanha de digitalização programada e bem definida, viabilizando uma elevada percentagem de o*verlap* entre *scans* durante o registo e a utilização de pontos de controlo georreferenciados diminui consideravelmente a ausência de informação na nuvem de pontos global. Nas figuras Figura 4, Figura 5 e Figura 6, podemos observar as diferentes aplicações do levantamento por laserscan como a medição da deformação de uma fachada, recolha geométrica das abóbadas e levantamento geométrico de uma pavilhão polidesportivo, respetivamente.



Figura 4 – Digitalização de uma fachada - Porto



Figura 5 – Captura da geometria de uma abóbada com recurso a Laserscan



Figura 6 – Nuvem de pontos final do antigo Pavilhão Rosa Mota

4. CASOS DE ESTUDO

Os exemplos apresentados no presente capítulo resultam de um conjunto de trabalhos desenvolvidos pela Buildgest nos últimos anos aplicando a metodologia acima descrita. Este conjunto consiste numa série de exemplos distintos que evidenciam os benefícios da metodologia para a obtenção e transmissão de informação.

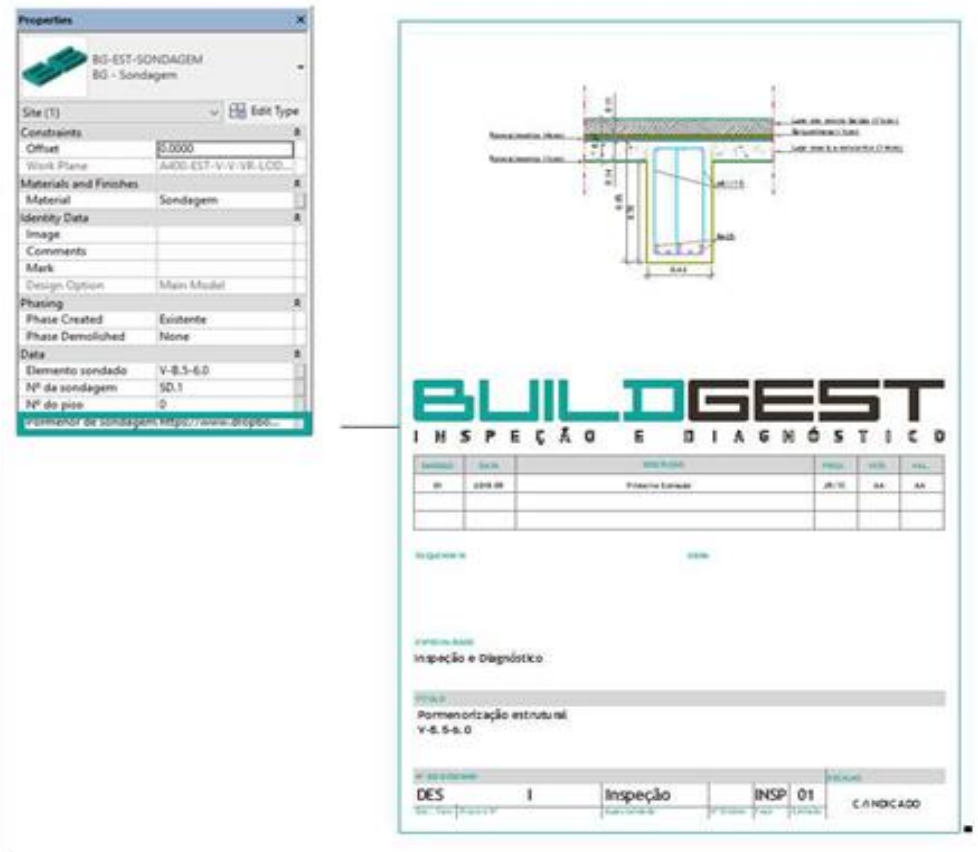
Um emblemático edifício da cidade do Porto em que a sua construção é datada dos finais da década de 40 e

início da década de 50 e apresenta uma área de implantação de cerca de 2600 m^2. Tendo em conta a dimensão do edifício e devido à falta de coerência entre os limites representados nos elementos de arquivo e os limites construídos, assim como a escassez de elementos 2D com representação de cortes no interior do edifício foram contratualizados serviços de levantamento *laserscan*, modelação *as-built* (Figura 7) e inspeção e diagnóstico da estrutura existente.

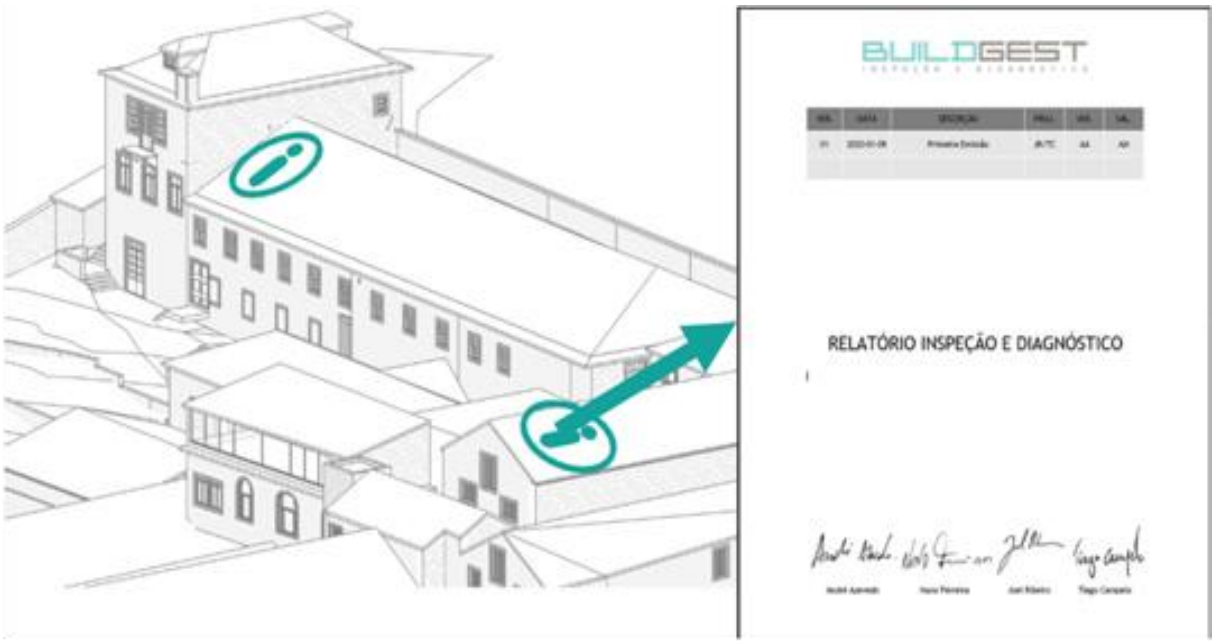


Figura 7 – Integração da pointcloud e modelo as-built na reabilitação do edifício

O modelo centraliza toda a informação e foi transmitido a todos os intervenientes dotado de objetos relacionados com o elemento estrutural que permite conhecer as armaduras, resultados de ensaios relacionados, estado de conservação e/ou fotos de anomalias visíveis. Na Figura 8-a) apresenta-se um exemplo da aplicação e leitura do objeto inserido sobre um elemento estrutural com resultado da leitura com deteção de armadura. Outro exemplo de objeto com informação foi aplicado no levantamento e construção do modelo tridimensional de armazéns vinícolas em Vila Nova de Gaia, Porto. O objeto é apresentado com destaque e compreende o relatório de inspeção e diagnóstico individual de cada nave (Figura 8-b)).



a) Consulta da informação centralizada no modelo



b) Objeto com relatório de inspeção e diagnóstico associado

Figura 8 – Exemplos de transmissão de informação integrada nos modelos BIM

A informação recolhida através do *laserscan* não serviu unicamente como uma base para a construção de um modelo tridimensional do existente mas também como ferramenta de quantificação das deformações fora-do-plano das paredes de alvenaria e deformação vertical e encurvadura lateral das asnas existentes. Na Figura 9 representa-se um corte efetuado na nuvem de pontos que permite observar e quantificar a deformação fora-do-plano do topo da alvenaria (cerca de 37cm).

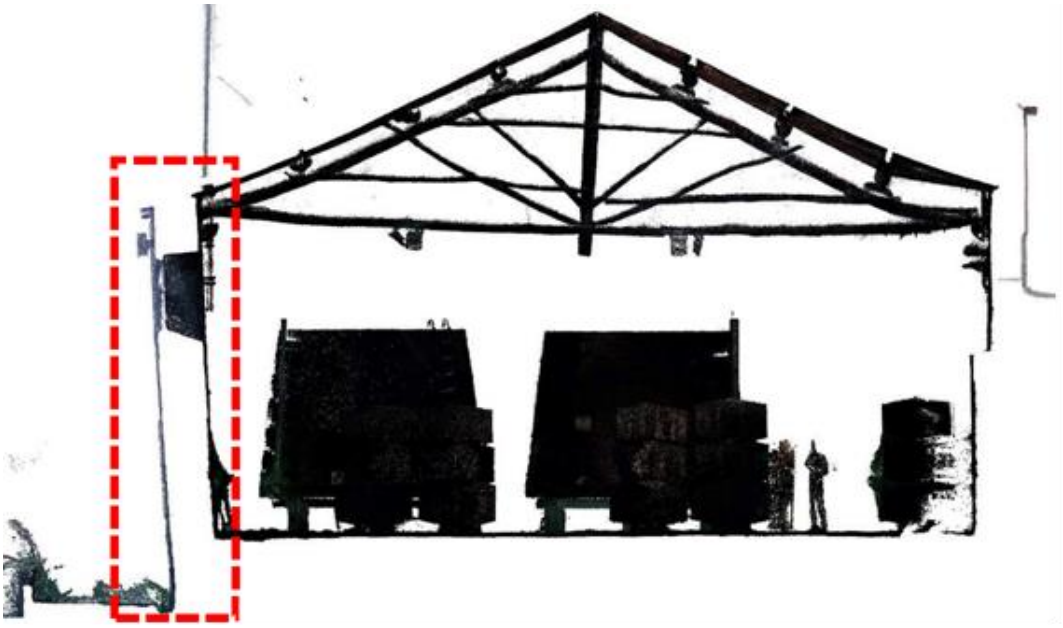


Figura 9 – Deformação de uma parede de alvenaria com deslocamento de 37 cm no topo

Ainda decorrente das campanhas de inspeção e diagnóstico desenvolvidas no armazém vinícola, das conclusões formalizadas com base na inspeção visual e ensaios resistógrafo efetuados aos elementos de madeira das asnas da cobertura, foi disponibilizada uma ferramenta intuitiva de visualização gráfica dos elementos de madeira em mau estado de conservação. Posteriormente esse objeto representativo do elemento de madeira contêm informação acerca das causas do seu mau estado de conservação assim como fotos representativas do seu

estado ou resultados dos ensaios, Figura 10.

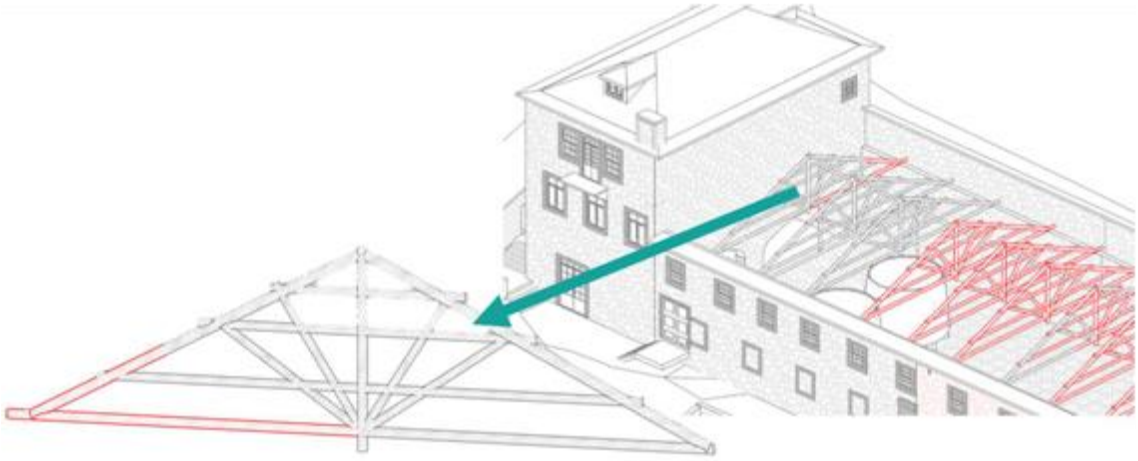


Figura 10 – Representação gráfica dos elementos de madeira das asnas em mau estado de conservação

Outro trabalho desenvolvido como exemplo da aplicação da mesma abordagem são os trabalhos desenvolvidos no antigo Pavilhão Rosa Mota em que o levantamento tridimensional existente assim como o mapeamento das anomalias existentes foram integrados num mesmo modelo. O mapeamento foi realizado com recurso à implantação de objetos em que cada um representava uma anomalia e contem informação relativa à gravidade, extensão da anomalia e um registo fotográfico associado a cada uma anomalia, ver Figura 11.

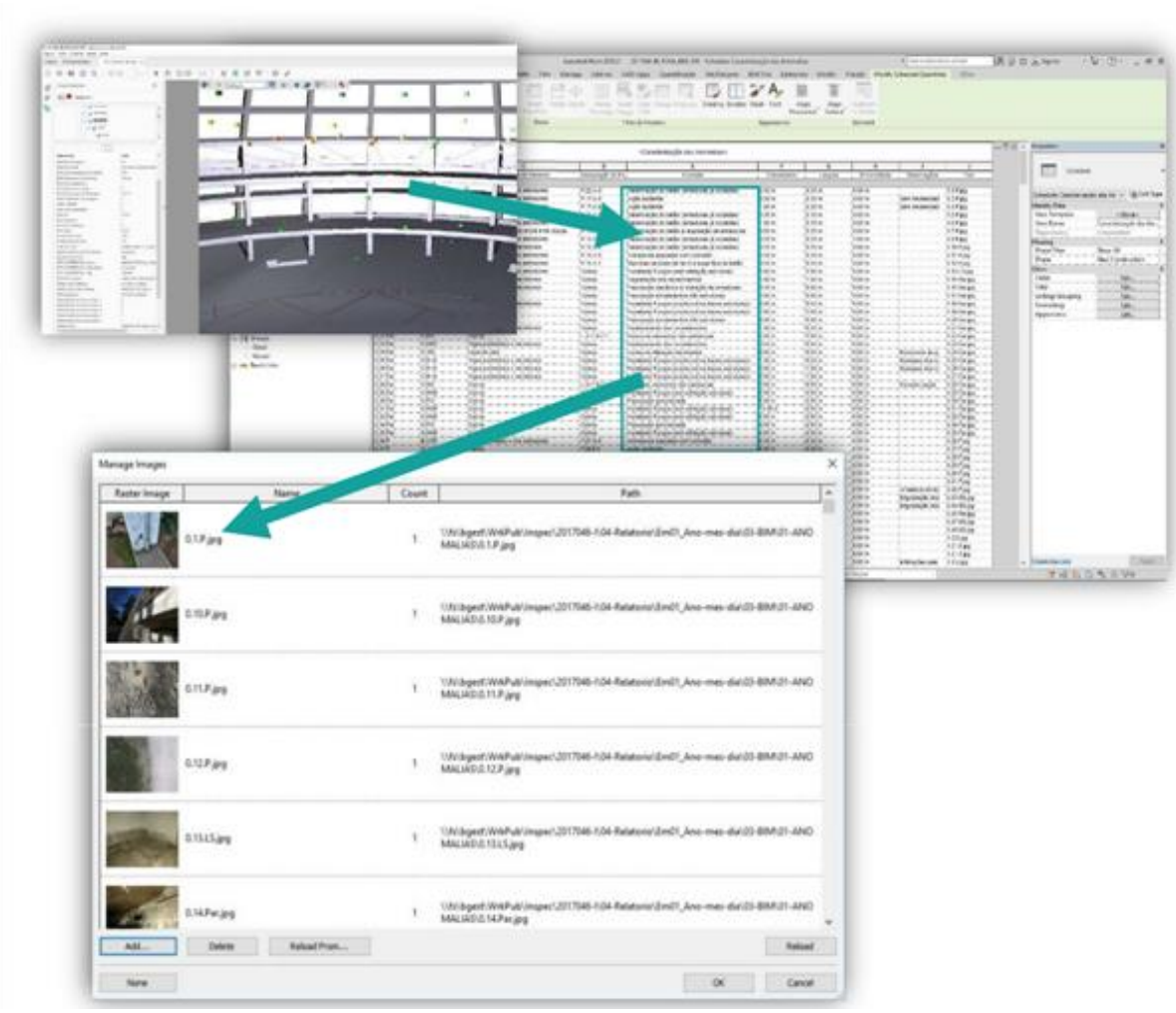


Figura 11 – Registo de anomalias no Pavilhão Rosa Mota

A informação dos trabalhos realizados no Pavilhão Rosa Mota partiu de uma base preparada pela Buildgest a partir da informação recolhida pelo *laserscan*. Essa base consistiu num modelo do edifício existente que foi evoluído e enriquecido com informação desde a fase de inspeção e diagnóstico até a fase do projeto de execução tendo um contributo inigualável para o aumento de produtividade em fase de projeto e redução de custos na fase de execução, ver Figura 12.

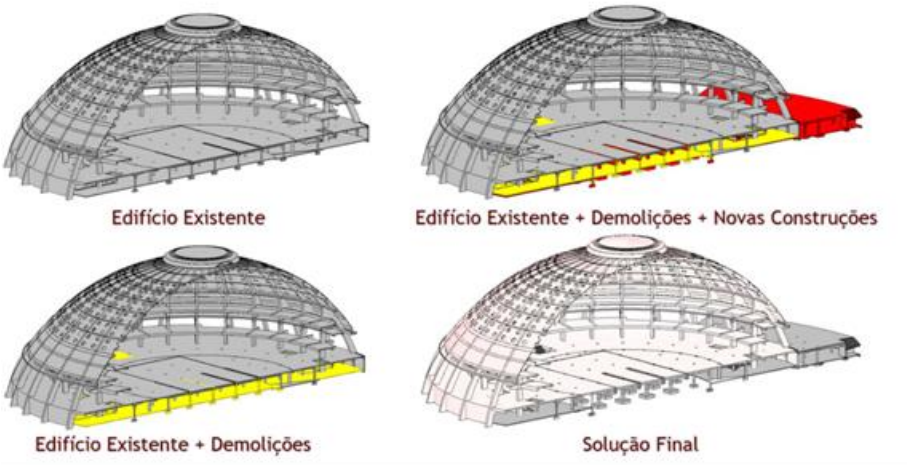


Figura 12 – Modelo BIM do antigo Pavilhão Rosa Mota

O último caso de estudo consiste na representação fiel de uma escultura de uma fonte existente no logradouro de um antigo convento. O estudo consistiu na digitalização do objeto, determinação do seu estado de conservação e posterior representação num software de modelação BIM. O processo consistiu no registo digital com *laserscan* com posterior transformação da nuvem de pontos numa malha densa de planos e a integração desses elementos num modelo *Revit*. Apesar do resultado final em termos de representação ter-se revelado bastante satisfatório, percebeu-se que a atribuição de informação ao objeto é muito limitada e como tal reduz a capacidade de utilização do mesmo como objeto BIM. No entanto, reconhece-se que são inúmeras as aplicações desta metodologia na reabilitação destes elementos como por exemplo a reprodução de moldes ou outras cópias iguais aos elementos pré-existentes, ver Figura 13.

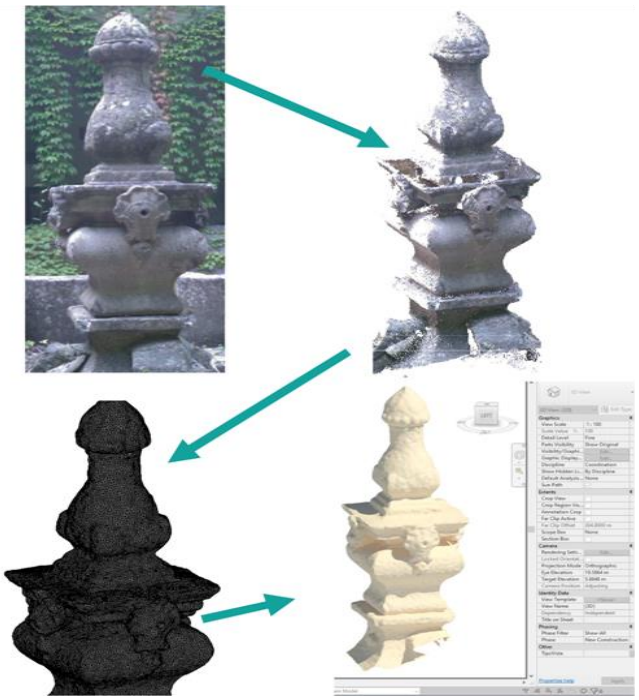


Figura 13 – Utilização de laserscan, malhas e modelo Revit para representação do objeto

5. CONCLUSÃO

Este artigo destaca a aplicação intensiva das ferramentas *laserscan* e BIM na aquisição, digitalização, centralização e partilha da informação. A utilização de scans de diversas posições de curto alcance e diferentes níveis altimétricos prova ser uma maneira eficaz de documentar digitalmente estruturas patrimoniais de diferentes escalas e complexidades. A longo prazo o conjunto de dados constituirá uma base para o desenvolvimento de medidas de intervenção informada e sustentável. Estes dados podem servir igualmente para ilustrar o ciclo de vida de um edifício. O desenvolvimento da tecnologia *laserscan* poderá no futuro servir inclusive de estudos da deterioração da superfície de esculturas ou como base para reprodução e restituição da escultura original.

A heterogeneidade da informação é um grande obstáculo na reabilitação do património. Durante um projeto, são armazenados gigas de dados em diferentes locais e em formatos de software específicos. O objetivo da metodologia aplicada é fornecer à indústria da reabilitação do patrimônio um fluxo de trabalho que permita uma documentação mais abrangente e a criação de modelos geométricos mais realistas com informação mais centralizada. As informações nas fases consecutivas do processo devem ser acessíveis pelas diferentes partes envolvidas. Isso permite que os usuários reutilizem o modelo, permitindo a distribuição de informações ao longo do projeto e a redução de tempo de tomada de decisão uma vez que a informação se encontra, na generalidade, disponível num só local.

Assim como todas as outras metodologias, tecnologias e ensaios têm desvantagens, também a metodologia de digitalização tem inconvenientes. Desses inconvenientes destaca-se o espaço de armazenamento necessário, os diferentes formatos dos ficheiros existentes, entre outros.

Para futuro desenvolvimento desta metodologia aplicada à reabilitação do património existente, propõe-se uma base de dados BIM partilhada com objetos parametrizados representativos da generalidade dos pormenores arquitetónicos e com informação associada sobre os métodos de construção específicos para a sua conservação/ reabilitação.

REFERÊNCIAS

FAI, Stephen; GRAHAM, Katie; DUCKWORTH, Todd *et al*., 2010 – **Building information modelling and heritage**. XXIII CIPA International Symposium, Prague, Czech Republic.

GARAGNANI, Simone; MANFERDINI, Anna Maria, 2013 – **Parametric accuracy: Building Information Modeling process applied to the cultural heritage preservation**. Trento, Italy.

PRITCHARD, Douglas; HOEPNER, Sophie; SPERNER, Joerg, 2017 – **Terrestrial laser scanning for heritage conservation: the Cologne Cathedral documentation project**. 26th International CIPASymposium 2017, Ottawa, Canada.

FASSI, Francesco; ACHILLE, Cristiana, 2016 – **From point cloud to Bim: a modelling challenge in the cultural heritage field**. XXIII ISPRS Congress, Prague, Czech Republic.

BOARDMAN, Clive; BRYAN, Paul, 2018 – **3D – Advice and guidance on the use of laser scanning in archaeology and architecture**. Swindon: Historic England.

PALÁCIO DOS REIS, A REABILITAÇÃO DA SUA HISTÓRIA E O CONTRIBUTO DA IMAGEM MULTIESPECTRAL

PALÁCIO DOS REIS, THE REHABILITATION OF HISTORY AND MULTISPECTRAL IMAGING CONTRIBUTION

Duarte Henriques [(1)], Jani dos Santos [(2)], Sara Martins [(3)], Vassilis Papadakis [(4)], Francisco Carvalho [(5)]

(1) Signinum, Gestão de Património Cultural, Portugal, duartehenriques@signinum.pt
(2) Signinum, Gestão de Património Cultural, Portugal, janisantos@signinum.pt
(3) Signinum, Gestão de Património Cultural, Portugal, saraferreira@signinum.pt
(4) Xpectraltek, Portugal, vassilis.papadakis@xpectraltek.com
(5) Horizonte Secular, Portugal, franciscocarvalho@horizontesecular.pt

RESUMO

Este artigo tem como objetivo a divulgação da intervenção de reabilitação, conservação e restauro, que se encontra a decorrer, no *Palácio dos* Reis, em Braga, datado do século XIX. Para esta obra, sendo que se trata de um imóvel de valor histórico e arquitetónico, aliámos a esta intervenção o estudo espectral das superfícies policromadas da pintura mural. Temos como objetivos: a aquisição de conhecimento mais aprofundado da materialidade e técnicas de produção; a elaboração de um plano de intervenção orientado para este caso especifico; o acompanhamento da intervenção por via de múltiplas análises garantindo a qualidade dos resultados; a recolha de informação que servirá de base para proceder a ações de monitorização, de forma a garantir o melhor acompanhamento em termos de salvaguarda e manutenção.

Para este estudo foi utilizado o sistema XpeCAM X01, da Xpectraltek, e respetivos *softwares* de tratamento de dados.

Palavras-chave: Património / Reabilitação / Conservação / Imagem Multiespectral / Pintura Mural

1. INTRODUÇÃO

A obra *Palácio dos Reis*, localizada no coração da cidade de Braga, é um exemplo claro da conciliação de trabalhos de reabilitação, conservação e restauro, com o objetivo de potenciar o imóvel e adaptá-lo às necessidades de habitabilidade atuais sem desvirtuar a sua génese com recurso à manutenção de o número máximo possível de elementos originais. Assim, aliámos a multidisciplinaridade à experiência adquirida pela Signinum, Gestão de Património Cultural, ao longo de toda a sua existência, tornando a obra numa referência na dinamização e renovação dos centros históricos urbanos.

Aproveitando este momento único, para além dos trabalhos de reabilitação, conservação e restauro, encontramo-nos a estudar os motivos da pintura mural, através de exames e análises utilizados para a caracterização de obras de arte, entre eles a imagem multiespectral (MSI). A aplicação deste método ao património cultural nas áreas da arqueologia, história de arte, conservação e restauro é feita desde a década de 90 (Liang, 2012).

A MSI é um método de análise não invasivo que explora as características que os materiais possuem em refletir, absorver e emitir radiação eletromagnética, dependendo da sua composição e forma molecular (Pelagotti, Mastio, Rosa *et al.*, 2008). Sabendo que cada substância possui refletância e fluorescência características, torna-se possível obter informação que, à vista desarmada, não seria possível, através da aquisição de imagens em comprimentos de onda específicos. A MSI pode fornecer informação sobre os materiais utilizados, as técnicas, e o estado de conservação (Fiorentin, Pedrotti, Scroccaro, 2009), dependendo das larguras de banda analisadas.

Apesar da definição de MSI variar de autor para autor, segundo MacDonald *et al.* (MacDonald, Vitorino, Picollo *et al.*, 2017), um sistema de imagens é normalmente considerado multiespectral se o número de bandas espectrais for maior que três e menor que 20, para as quais, a largura de banda será entre os 10 e os 50 nm. Deste método resulta um conjunto de imagens digitais, ao qual se dá o nome de cubo espectral, de onde é possível obter, tanto informação espacial, como informação espectral das superfícies analisadas (Zacharopoulos, Hatzigiannakis, Karamaoynas *et al.*, 2017), entre os comprimentos de onda correspondentes à radiação ultravioleta (370 nm) e a radiação infravermelha (1630 nm) (Herrera-Ramirez, Vilaseca, Burgos *et al*., 2015). Esta informação está contida em cada pixel das imagens adquiridas (Li, Wan, 2018).

Apesar de ainda em estudo, conseguimos concluir que esta caracterização lança uma nova perspetiva em termos de interpretação deste espaço.

O estudo espectral da superfície policromada da pintura mural patente no *Palácio dos Reis* tem como objetivos o estudo mais aprofundado da materialidade e técnicas de produção, a elaboração de um plano de intervenção orientado para este caso especifico, o acompanhamento da intervenção por via de múltiplas análises de forma a garantir a melhor qualidade em termos de resultados de procedimentos, a recolha de informação que servirá, no futuro, como base para proceder a ações de monitorização, de forma a garantir o melhor acompanhamento em termos de salvaguarda e manutenção. Para este estudo foi utilizado o sistema XpeCAM X01, da Xpectraltek, e respetivos *softwares* de tratamento de dados.

Técnicas como aplicação da imagem multiespectral na caracterização de superfícies, na área do património, e a posterior exploração digital, em que cada pixel corresponde a uma amostra, incrementa de forma exponencial a qualidade e quantidade de informação.

2. O *PALÁCIO DOS REIS* – O PASSADO, O PRESENTE E O FUTURO

2.1. O Passado

O edifício, vulgarmente conhecido como "Casa das Goladas", nome dado à quinta pré-existente naquela zona devido à proximidade do local onde miticamente terá acontecido a degolação do mártir S. Victor. É nesta zona, a umas centenas de metros da casa, se mantém a capela de S. Victor, o Velho.

O imóvel, tal como hoje se conhece, data provavelmente de 1872, tendo existido um edifício anterior, concebido a partir do início do século XIX. Segundo João de Figueirôa-Rego, o proprietário, António de Carvalho e Almeida, "*não obstante a numerosa prole, rejeitou a solução "armazém" para acomodar os seus. Pretendeu sim criar uma espacialidade, voltada, […] para o conforto doméstico, e onde os pormenores não eram descurados em favor da ornamentação balofa, destinada a exteriorizar pretensões pseudo-aristocráticas. Não caiu sequer na tentação de recorrer como argumento decorativo a estatuetas, vasos, ou elementos de conotação heráldica para valorizar as fachadas, que se fazem precisamente notar, pela contenção e elegante sobriedade, quase a roçar o despojamento*" (Figueirôa-Rego, 2007). É possível confirmar isto através dos desenhos das fachadas, presentes no projeto de reedificação de 1871 (Meneses, 1871) (Figuras 1 e 2).

O seu interior é profusamente decorado com pintura mural, destacando-se os oito retratos de figuras da história portuguesa, em pintura mural, molduradas por estuques relevados e coloridos, na claraboia. Assim, aparecem sequencialmente as representações do monarca D. Luís I, de Afonso de Albuquerque, de D. Pedro IV, de D. João II, de D. José I, de D. Sebastião, de D. João V e de Vasco da Gama. Imediatamente abaixo, as paredes que envolvem a escadaria são decoradas com paisagens com motivos vegetalistas, enquadrados por motivos arquitetónicos, onde se insere, em harmonia, a arquitetura real do interior do edifício (Figura 3).

Foi este o conjunto de pinturas murais em que focamos o nosso atual estudo.

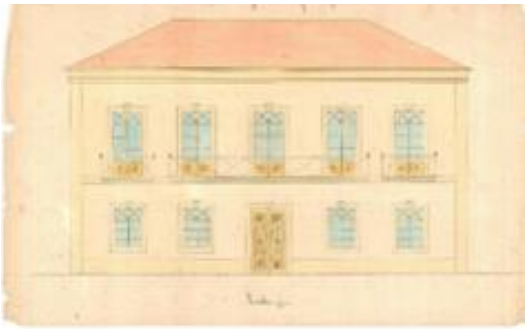


Figura 1 – Desenho da fachada principal do edifício, segundo o projeto de 1871



Figura 2 – Desenho da fachada posterior do edifício, segundo o projeto de 1871



Figura 3 – Espaço envolvente à escadaria

2.2. Arquitetura do Edificado – Presente e Futuro

O objetivo do presente projeto de intervenção é reabilitar o edifício existente (Figuras 4 e 5) dotando-o das condições de segurança e utilização necessárias ao seu bom funcionamento, como edifício de habitação, preservando e valorizando as suas qualidades arquitetónicas originais. O imóvel faz parte da Área de Reabilitação Urbana do Centro Histórico, encontrando-se desabitado e em muito mau estado de conservação. Nesse sentido, será necessário proceder à melhoria e reposição das condições de segurança estrutural de elementos a manter, nomeadamente paredes em alvenaria de pedra e à execução de novos elementos estruturais compatíveis com as pré-existências.



Figura 4 – Alçado principal, antes da intervenção

A solução estrutural preconizada, para além de ter sido concebida de forma a cumprir exigências técnicas, económicas e os requisitos arquitetónicos, procurou ter em conta os materiais e sistemas estruturais existentes. Assim, todos os elementos a introduzir nunca irão alterar a estabilidade física e química dos elementos originais.



Figura 5 – Fachada posterior, antes da intervenção

O edifício em análise apresenta um total de três pisos (rés-do-chão, piso 1 e piso 2) e cobertura, estendendo-se por uma superfície de 410 m^2. Além disso, a estrutura apresenta um pavimento intermédio entre o rés-do-chão e o piso 1, o qual apresenta uma área aproximada de 64 m^2.

A estrutura original do edifício é constituída por paredes resistentes exteriores de alvenaria de pedra e tabique, paredes interiores de tabique e de alvenaria de pedra, pavimento, escadas e cobertura em estrutura de madeira. A cobertura do edifício está formada por três estruturas a diferentes cotas: uma estrutura em madeira ao nível do piso 2, que materializa as quatro águas, e duas estruturas a uma cota superior que materializam as três e as quatro águas. Na zona das escadas centrais, que servem de conexão entre o rés-do-chão e o piso 1, existe uma claraboia, com estrutura também em madeira.

A estrutura do novo edifício terá um total de 5 pisos (piso -1, rés-do-chão, piso 1, piso 2 e piso 3) e uma cobertura (Figura 6). Será executada uma cave com uma superfície aproximada de 520 m^2. O piso ao rés-do-chão e o piso 1 sofrerão um acrescento da superfície de 114 m^2, apresentando uma superfície total aproximada de

523 m². O piso 2 sofrerá um acrescento da sua superfície, passando a ter uma superfície aproximada de 541 m². Aos pisos existentes serão acrescentados um piso (piso 3 – águas furtadas), que ocupará uma superfície aproximada de 375 m², e uma cobertura. Além disso, o edifício contará com uma rampa de acesso à cave, junto à fachada do alçado poente, e uma zona de logradouro nas laterais e na parte posterior.

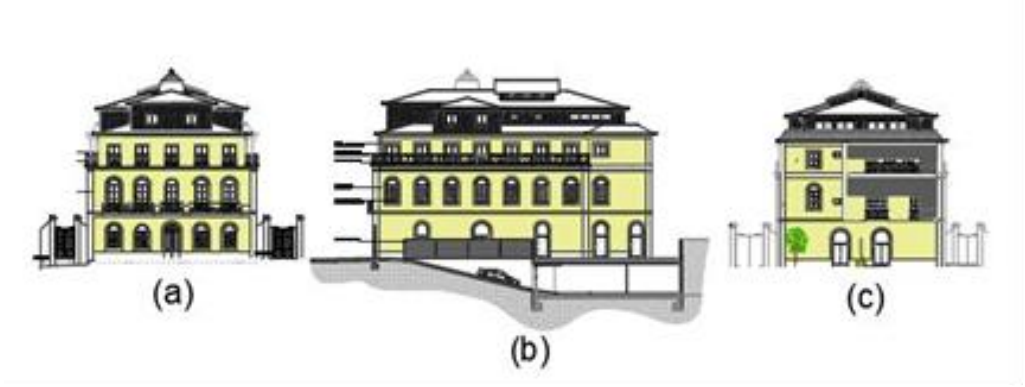


Figura 6 – Nova arquitetura: alçado principal (a), nascente (b) e posterior (c)

Com o propósito de conservar a "alma" do edifício, o projeto de arquitetura desenvolve-se em torno do *hall* de entrada e caixa de escadas. Assim, no *hall* de entrada, encontramos tetos em fasquiado, com molduras e gessos trabalhados, porta entalhada em madeira, com vidros coloridos (Figura 7). Na caixa de escadas, com escadas em madeira, temos as pinturas murais e os tetos em fasquiado com gessos trabalhados (Figura 8). Na zona de claraboia encontramos mais um conjunto de pinturas murais, gessos e vidros de grandes dimensões (Figura 9).



Figura 7 – Porta do *hall* de entrada, antes da intervenção



Figura 8 – Zona da caixa de escadas, antes da intervenção



Figura 9 – Claraboia, antes da intervenção

Sendo que se trata de um trabalho em curso, apresentamos algumas das atividades relativas aos trabalhos de conservação executados até ao momento da redação do presente artigo (Tabela 1).

Tabela 1 – Trabalhos executados em obra

Tipologia de atividade	**Ação**
Registo fotográfico inicial	Levantamento fotográfico de todo o espaço, com perspetivas gerais e de pormenor, antes da intervenção.
Aquisição multiespectral	Levantamento multiespectral de áreas específicas, representativas, da pintura mural, antes da intervenção (Figura 10).
Remoção de elementos decorativos em gesso	Retirada de todas as peças que serão alvo de reintegração, para produção de moldes e subsequentes peças em gesso, para posterior reaplicação (Figura 10).
Proteção da pintura mural	Proteção das pinturas e retirada das mesmas, para intervenção de conservação e restauro e posterior recolocação (Figura 11).
Transladação de paredes	Retirada de paredes em tabique para intervenção de conservação e restauro e posterior recolocação (Figura 12).



Figura 11 – Remoção de elemento decorativo em gesso



Figura 10 – Proteção da pintura mural



Figura 12 – Transladação de paredes

3. MSI NO *PALÁCIO DOS REIS*

Antes do início dos tratamentos de conservação e restauro, foi feita a aquisição multiespectral em vários pontos representativos da pintural mural. Foi utilizado o sistema XpeCAM X01 (Figura 13), da Xpectraltek, bem como os seus *softwares* associados. O sistema XpeCAM X01 é composto por uma câmara multiespectral de 30 filtros, entre os 350 e os 1200 nm, com uma resolução de 5 megapixles, um computador portátil, e duas fontes de iluminação, uma para os comprimentos de onda correspondentes à radiação UV, outra para os comprimentos

correspondentes à radiação visível e IR.

A MSI é um método de exame e análise não invasivo, que permite analisar a materialidade das superfícies, através do comportamento que estas têm quando expostas à luz. Assim, são captadas refletografias digitais, através de filtros de comprimentos de onda conhecidos. No caso do sistema XpeCAM X01 foram trabalhados 30 filtros. O tratamento das imagens digitais, registo e normalização, permite criar um cubo espectral, ou seja, uma imagem com as características das 30 imagens geradas pelos 30 filtros. Estes dados são como a "impressão digital" da superfície em análise, naquele momento. Desta forma, é possível obter resultados visuais, em tempo real, como a existência ou não de desenho subjacente numa pintura, ou a alteração do filtro de UV de um verniz. Através das refletografias são criadas provas digitais, passíveis de serem analisadas e apresentadas como documentos analíticos. Através da análise destes dados, com o uso de algoritmos específicos, é possível obter resposta a questões relacionadas com a caracterização da superfície, nomeadamente, a caracterização dos seus elementos constituintes.

Sobre o caso em estudo, as primeiras conclusões já revelam informação importante para o desenvolvimento dos trabalhos.

Assim, nos retratos das figuras ilustres patentes na claraboia, podemos concluir que foram produzidos segundo técnica direta. O artista procedeu à sua conceção sem o traço de desenho subjacente com um material rígido, como a grafite (Figura 14). Poderá ter havido um esboço com uma aguada da mesma tinta com a qual pintou os retratos. Esta informação é-nos dada pela inexistência de informação subjacente no intervalo da radiação de infravermelhos, entre os 700 e os 1100 nm.

Foi também possível evidenciar o estado de conservação da superfície, tornando-se evidentes as zonas de estalados e de policromia em risco de destacamento que, a olho nu, se tornavam quase impercetíveis (Figura 15).



Figura 13 – Aquisição com sistema multiespectral XpeCAM X01



Figura 14 – Refletografia de infravermelho de grande resolução (1100 nm), comprovando a inexistência de desenho subjacente



Figura 15 – Reflectografia de infravermelho de grande resolução (1000 nm), onde é possível observar os destacamentos da fina policromia da pintura do retrato de que se pensa ser D. Fernando

Relativamente ao tipo de pigmentos utilizados, após a observação a olho nu, havia a suspeita da utilização de diferentes pigmentos, um preto e um verde escuro. Após a observação nos intervalos dos 625 e 675 nm, correspondente à cor verde, não foram identificadas refletância heterogéneas. Desta forma, é possível concluir que o material é o mesmo, mas utilizado em diferentes diluições. A perceção da cor verde pode dever-se à própria coloração da base.

Relativamente ao espaço decorado com elementos vegetalistas, uma das primeiras conclusões foi relativa à técnica de produção, que veio a reformular toda a interpretação do espaço. Foi possível compreender a intenção propositada do artista que, nas representações de elementos arquitetónicos, deixou espaços livres para cada cor, não existindo sobreposição de camadas, entre fundos e motivos vegetalistas. Neste tipo de pintura, as cores escuras eram pintadas primeiro, com sobreposição das cores claras, o que se pode verificar no tratamento das folhas (Figura 18). Foi possível então compreender o jogo de luz e a concordância com a própria morfologia do espaço, sendo que a luz que entra pela claraboia é reproduzida por todo o espaço circundante através da pintura.

Nas representações de alguns elementos vegetalistas é possível observar a presença de desenho subjacente, resultante do risco com um material duro, possivelmente grafite (Figuras 16 e 17). Esta mudança de técnica pode dever-se a diferentes motivos: a necessidade do artista de projetar, numa área restrita, um plano de desenho prévio, delimitando todos os elementos no espaço vertical; ou o facto de esta pintura ter tido vários intervenientes na sua produção, o que era habitual em pintura. Das observações efetuadas e análise de resultados prévios, podemos adiantar que a primeira hipótese parece ser a mais provável, já que os materiais e tipo de pincelada têm semelhanças. Comparando com os retratos efetuados na claraboia, continuamos a investigar, sendo que, para já, existe uma grande possibilidade de os materiais de pintura serem idênticos, sendo à partida um indicador revelador de que estas obras poderão ter tido origem na mão do mesmo artista.

Ainda relativamente aos motivos florais (Figura 17), também é possível identificar uma diferença comportamental entre o fundo circundante das flores e o adjacente, sugerindo uma de duas hipóteses: diferentes tratamentos, ou seja, o fundo circundante ter recebido outra demão posterior; ou os materiais utilizados na conceção das flores que, de alguma forma, ou alteraram ou protegeram a área adjacente, culminando numa diferenciação em termos de aspetos de degradação.

Foi ainda analisada uma área adjacente a um dos retratos, em que foram selecionados 8 pontos para análise (Figura 19). A área em análise trata-se de uma margem de uma das molduras dos retratos das personagens ilustres patentes na claraboia. Os pontos designados como elemento 1 ao 3 correspondem a uma área de tonalidade mais escura, os pontos designados como elemento 4 a 6 correspondem a uma área com tonalidade cinza e os pontos com designação de elemento 7 e 8 correspondem a uma da margem da moldura. Da análise dos pontos obteve-se um gráfico referente à intensidade de cada ponto (Figura 20).

Pela análise do gráfico é possível concluir que a zona mais escura tem um índice de refletividade espectável, sendo somente a depressão aos 850 nm alvo de interesse. A zona cinza revela ser de elevada refletividade, entre os 370 e os 850 nm. A partir dos 850 nm revela ter bastante semelhança com os demais pontos. Esta área é materialmente idêntica, tendo na sua natureza componentes que reagem de forma completamente distinta. A zona correspondente à moldura tem elevados valores em baixos comprimentos de onda, reflete a radiação ultravioleta, revelando ser de materiais diferentes, mas tendo em comum a depressão dos 850 nm. Este ponto será alvo de mais análises, de forma a tentar compreender e explicar melhor este facto.



Figura 16 – Reflectografia captada no espectro visível(400-750 nm)



Figura 17 – Reflectografiade infravermelhos(1100 nm), onde é possível observara existência de traço subjacente, fino, e a ordem de construção da pintura



Figura 18 – Reflectografia de infravermelho (1100 nm), onde é possível observar a sobreposição de camadas de tinta



Figura 19 – Cubo espectral com a identificação dos pontos analisados

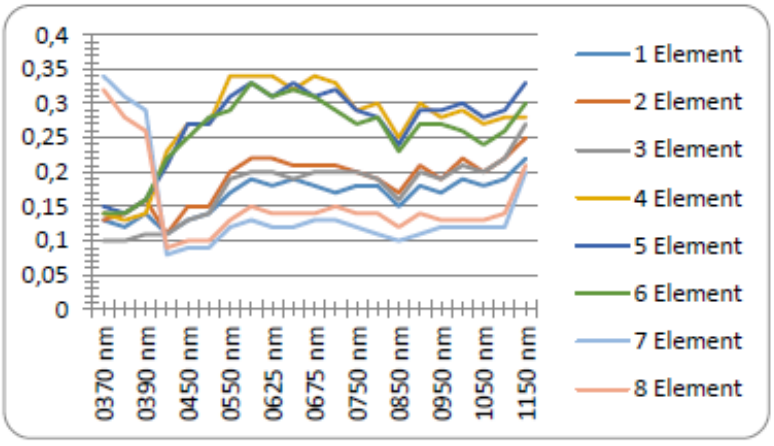


Figura 20 – Gráfico correspondente às intensidades de cada ponto selecionado, ao longo do espectro (370 a1150 nm)

4. CONCLUSÕES

Os dados apresentados neste artigo fazem parte de um estudo que ainda se encontra a decorrer, pelo que nova informação surgirá, quer a nível da técnica, quer a nível dos materiais. No entanto, podemos afirmar, que as pinturas poderão ser todas do mesmo artista, o que vai coincidir com os registos do projeto de 1871.

Aquando da conclusão da obra, será feito o registo multiespectral das superfícies decoradas, no sentido de fazer

a monitorização do seu estado de conservação, a fim de prevenir danos futuros, antes de se tornarem visíveis.

Em suma, será um espaço onde se recuperou toda a história do imóvel para que, quem viva no edifício, para que esta se mantenha, e seja acrescentada, com as novas vivências de quem o irá habitar.

Porque a história deve ser preservada para se perceber o presente e projetar o futuro.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, T., 2018 – **Memória descritiva e justificativa (Arquitetura)**.

FIGUEIRÔA-REGO, J. 2007 – **A Casa das Goladas em S. Victor de Braga – Considerações a partir do projeto de reedificação de 1872**. *Separata da Revista Lusófona de Genealogia e Heráldica*. 2, 131-154

FIORENTIN, P.; PEDROTTI, E.; SCROCCARO, A., 2009 – **A multispectral imaging device for monitoring of colour in art works**. 2009 IEEE Intrumentation and Measurement Technology Conference, I2MTC 2009, 356-360.

HERRERA-RAMIREZ, J.; VILASECA, M.; BURGOS, F. J.; FONT, L.; SENSERRICH, R.; PUJOL, J., 2015 – **Artwork imaging from 370 to 1630 nm using a novel multispectral system based on light-emitting diodes**. *Color Research and Application*. 40(4), 398-407.

LI, J.; WAN, X., 2018 – **Superpixel segmentation and pigment identification of colored relics based on visible spectral image**. *Spectrochimica Acta – Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 189, 275-281.

LIANG, H., 2012 – **Advances in multispectral and hyperspectral imaging for archaeology and art conservation**. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*. 106(2), 309-323.

MACDONALD, L. W.; VITORINO, T.; PICOLLO, M. *et al*., 2017 – **Assessment of multispectral and hyperspectral imaging systems for digitisation of a Russian icon**. *Heritage Science*. 5(1), 1-16.

MENESES, J. E. S., 1871 – **Quinta das Golladas, projecto de reedificação de edifício: detalhe estimativo, orçamento**.

PELAGOTTI, A.; MASTIO, A.; ROSA, A.; PIVA, A., 2008 – **Multispectral imaging of paintings**. *IEEE Signal Processing Magazine*. 25(4), 27-36.

ZACHAROPOULOS, A.; HATZIGIANNAKIS, K.; KARAMAOYNAS, P. *et al*., 2017 – **A method for the registration of spectral images of paintings and its evaluation**. *Journal of Cultural Heritage*. 29, 10-18.

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE CONSTRUÇÃO EM TERRA NOS AÇORES

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF EARTH CONSTRUCTION IN AZORES

Marco Andrade [(1)], Soraya Genin [(2)], Maria Fernandes [(3)], António Santos Silva [(4)]

(1) ISCTE-IUL, Portugal, andrademarco94@hotmail.com
(2) ISCTE-IUL, Portugal, soraya.genin@iscte-iul.pt
(3) DGPC, Portugal, arqmariafernandes@gmail.com
(4) LNEC, Portugal, ssilva@lnec.pt

RESUMO

Esta investigação avalia a possibilidade de construção em terra na ilha de São Miguel, com o objetivo de combater o impacto ambiental e paisagístico provocado pela exploração de pedra e pozolana, utilizada para a fabricação de cimento. Pretende-se promover técnicas construtivas sustentáveis, com recurso a terra local e promover a conservação do património arquitetónico, com argamassas tradicionais compostas de terras argilosas, compatíveis com as construções históricas dos Açores. Analisa-se a viabilidade das terras açorianas para construção, em particular a qualidade das argilas.

Palavras-chave: Construções em Terra / Análise de Materiais / Métodos de Diagnóstico / Conservação do Património / Açores

RESUMO ALARGADO

A construção em terra nos Açores remonta à data do seu povoamento, em particular o uso da taipa em construções militares. Este sistema construtivo foi abandonado devido às catástrofes de origem vulcânica, passando a ser utilizada a terra apenas em argamassas, para reboco e assentamento de pedra. O facto contribuiu para um profundo desconhecimento das técnicas de construção em terra.

Esta investigação avalia a possibilidade de construção em terra na ilha de São Miguel, com o objetivo de combater o impacto ambiental e paisagístico provocado pela exploração de pedra e pozolana, utilizada para a fabricação de cimento. Pretende-se promover técnicas construtivas sustentáveis, com recurso a terra local e promover a conservação do património arquitetónico, com argamassas tradicionais compostas de terras argilosas, compatíveis com as construções históricas dos Açores. Analisa-se a viabilidade das terras açorianas para construção, em particular a qualidade das argilas.

O método de investigação tem por base a pesquisa bibliográfica, o levantamento e análise direta de casos, ensaios *in situ* e laboratoriais, de amostras recolhidas de terras locais e de argamassas de edifícios antigos.

Há vários sistemas construtivos em terra crua, estruturas monolíticas, em alvenarias portantes, ou usando a terra como material de enchimento. Das estruturas monolíticas, em Portugal salienta-se a construção em taipa, terra comprimida, usual no sul do país. Em alvenarias portantes, a construção com adobes, terra plástica moldada em paralelepípedos, posteriormente empilhados, existente sobretudo na zona centro. Do sistema de enchimento, salientam-se os tabiques de madeira, frequentes principalmente no norte do país.

Os sistemas construtivos em terra crua, trabalham por coesão e secagem de partículas finas (argilas) e grossas (areias e siltes). As argilas têm a capacidade de absorção de água enquanto que as areias conferem resistência mecânica. A qualidade das argilas e a relação entre finos e grossos irá condicionar o comportamento da argamassa depois de seca.

Para análise da qualidade da terra, realizaram-se ensaios *in situ* com amostras recolhidas em três terrenos no concelho da Ribeira Grande, na ilha de São Miguel onde ainda se extrai argilas para a construção, nomeadamente em de Rabo de Peixe (na Santana e nas Areias) e na Ribeira Seca. Fizeram-se os seguintes testes locais: i) teste de sedimentação rápida, onde se pôde visualizar a relação entre finos e grossos; ii) teste da pastilha, onde se pôde testar a resistência mecânica da argamassa depois de seca. A amostra da Ribeira Seca apresentou características satisfatórias para a construção monolítica ou alvenarias portantes, sem necessidade de estabilização. As outras duas, são mais adequadas para elaboração de argamassas e sistemas de enchimento.

Numa segunda fase fizeram-se ensaios no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), das mesmas terras e de amostras de argamassas recolhidas em edifícios históricos, nomeadamente: i) análise mineralógica por difratometria de raios x (DRX); ii) análise termogravimétrica (ATG). Da análise mineralógica concluiu-se que todas as terras são boas para a construção, pela existência considerável de argilas não expansivas – mica (moscovite/ilite). As argamassas apresentaram uma composição mineralógica muito semelhante às terras e o seu ligante é a cal aérea, tipo de revestimento existente em todos os casos de estudo e que apresentam um bom estado de conservação.

O desafio atual da construção em terra é respeitar as exigências estruturais e térmicas. A construção em terra por si só não tem resistência mecânica para resistir a esforços de tração, em particular da ação sísmica. Contudo, existem soluções construtivas para reforçar as paredes de terra, como, tradicionalmente os cunhais de pedra aparelhada, ou, atualmente, as malhas de fibra de vidro envolvendo a estrutura. As paredes de terra não respeitam as exigências térmicas da legislação atual, mas garantem o conforto térmico pela sua alta inércia

térmica e capacidade de absorção de humidade, ao contrário dos sistemas modernos que funcionam através do corte térmico.

Estas questões requerem especial atenção no contexto açoriano, local sísmico e com elevada pluviosidade, no entanto, a baixa amplitude térmica e os altos níveis de humidade são favoráveis à construção em terra.

Conclui-se que o sistema construtivo do tipo Taipa de Rodízio (sistema de enchimento de terra) é o mais adequado para o local de estudo, pois inclui uma estrutura interna de madeira que confere resistência à tração. Nos Açores a criptoméria é a madeira mais adequada – madeira endógena. A terra tem a função de enchimento, contribuindo para aumentar a resistência à compressão, no comportamento estrutural das paredes.

Destaca-se a adequação do sistema construtivo em terra nos Açores, para melhoria do conforto térmico, principalmente condicionado pela alta humidade existente, que seria reduzida devido à higroscopicidade das argilas. Para proteção das paredes à pluviosidade, adequa-se o revestimento com argamassa à base de cal aérea, como utilizado nas argamassas tradicionais.

Conclui-se que a construção em terra nos Açores é viável, condicionada às características do material e ao sistema construtivo utilizado, de forma a otimizar o seu comportamento face aos sismos e à humidade provocada pela água das chuvas.

Nota:

Artigo completo publicado no dossier do ENCORE 2020 da *Revista Al-Madan*, n.º 23, 2020.

INSPEÇÃO, LEVANTAMENTO E DIAGNÓSTICO, PARA SUPORTE À CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

INSPECTION, SURVEY AND DIAGNOSTIC, TO SUPPORT THE CONSERVATION AND REHABILITATION OF BUILDINGS





Susana Fernandes [(1)], Tiago Ribeiro [(2)]

(1) Oz, Lda., Portugal, smfernandes@oz-diagnostico.pt
(2) Oz, Lda., Portugal, tvr@oz-diagnostico.pt

RESUMO

A conservação e reabilitação de edifícios, em especial, de construções antigas, com elevado valor patrimonial, deve ser fundamentada através de um projeto de conservação e reabilitação, que especifique os trabalhos a realizar, o seu modo de execução e a localização das zonas a intervir, tendo por base peças escritas e desenhadas. Para tal é essencial previamente recolher informação sobre o sistema estrutural e construtivo existente, incluindo as alterações à estrutura original dos edifícios e o seu estado de conservação (diagnóstico de anomalias).

Para apoio no diagnóstico devem ser utilizadas metodologias de inspeção e ensaios *in situ*, não destrutivos ou reduzidamente intrusivos, que visam obter o suporte documental e gráfico atualizado, necessário para a elaboração do projeto de intervenção, entre os quais se destacam: o levantamento arquitetónico (utilizando técnicas topográficas e mais recentemente o varrimento laser 3D); o levantamento estrutural e construtivo (envolvendo técnicas como a termografia por infravermelhos, o georadar, o pacómetro, ultrassons, endoscopia, entre outros); o levantamento de anomalias com apoio a recursos a técnicas de diagnóstico (nomeadamente observações termográficas, ensaios de resistografia, medição de humidade superficial, observações endoscópicas etc.) e a monitorização das estruturas.

A competência dos agentes envolvidos, desde o Dono de Obra até ao executante, deve ser assegurada de modo a que os objetivos da intervenção sejam alcançados da forma mais eficaz e eficiente possível. Para possuírem a necessária fiabilidade, as inspeções, os ensaios e os levantamentos devem obedecer a requisitos técnicos, em particular no que concerne à qualificação dos operadores e à manutenção e calibração dos equipamentos utilizados.

Palavras-chave: Inspeção / Levantamento / Diagnóstico / Ensaios / Reabilitação

1. INTRODUÇÃO

A conservação e reabilitação de edifícios, em especial, de construções antigas, com elevado valor patrimonial, deve ser fundamentada através de um projeto de conservação e reabilitação. Para tal é essencial previamente recolher informação sobre o sistema estrutural e construtivo existente, incluindo as alterações à estrutura original dos edifícios e o seu estado de conservação (diagnóstico de anomalias).

Em geral, os regulamentos e normas atuais não têm aplicabilidade às construções antigas, o que condiciona a definição do tipo de intervenção a adotar, deixando os critérios de atuação à consideração do Dono de Obra ou do Projetista. O ICOMOS (Comité Científico Internacional para a Análise e Restauro de Estruturas do Património Arquitetónico) elaborou um documento (ICOMOS, 2001) composto por duas partes: Princípios, onde os conceitos básicos sobre conservação são apresentados; Guião, onde se debate regras e as metodologias que os projetistas devem seguir.

Em Portugal, no caso dos bens imóveis classificados, ou em vias de classificação, o Decreto-Lei n.º 140/2009 [2], criou a figura do relatório prévio, que acompanha o pedido de informação prévia, de licença ou a consulta prévia em relação a obras de reconstrução, ampliação, alteração e conservação, o qual contempla o conhecimento sobre as características do imóvel e sobre o seu estado de conservação. Em relação à componente estrutural, o relatório tem por objetivo servir de base à elaboração dos projetos de estabilidade e de arquitetura, estabelecer a extensão e natureza dos trabalhos a executar, definir as prioridades, avaliar a adequação das intervenções e servir de suporte para o registo de futuras obras.

Em 2019, o Decreto-Lei n.º 95/2019 que estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas, propõe que sejam definidos em portaria os requisitos funcionais da habitação e da edificação em conjunto, criando regras claras para a reabilitação de edifícios ou frações autónomas. Também no domínio da segurança estrutural, o decreto prevê que sejam definidas as situações em que a reabilitação de edifícios fica sujeita à elaboração de relatório de avaliação de vulnerabilidade sísmica e o eventual reforço dos edifícios, contribuindo deste modo para garantir que estas intervenções salvaguardam as questões de segurança estrutural.

Da vasta experiência da Oz, Lda., descrevem-se, resumidamente, metodologias de inspeção e ensaios *in situ*, não destrutivos ou reduzidamente intrusivos, que visam obter o suporte documental e gráfico atualizado, necessário para a elaboração do projeto de intervenção, conservação ou reabilitação.

As inspeções e ensaios das construções devem obedecer a requisitos técnicos, em particular no que concerne à qualificação dos operadores e à manutenção e calibração dos equipamentos utilizados, apontando para a necessidade dos fornecedores deste tipo de serviços estabelecerem Sistemas de Gestão da Qualidade de acordo com a norma NP EN ISO 9001:2015.

2. METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO E ENSAIOS

2.1. Considerações iniciais

Descrevem-se, resumidamente, a seguir possíveis metodologias de inspeção e ensaios *in situ*, não destrutivos ou reduzidamente intrusivos, segundo os objetivos a atingir.

2.2. Levantamento arquitetónico

O levantamento arquitetónico consiste no primeiro método de abordagem na recolha de informação sobre o edificado. Contempla a definição da geometria, em planimetria e altimetria, utilizando usualmente técnicas

topográficas e/ou varrimento laser 3D. Dependendo do detalhe pretendido, o levantamento poderá incluir a identificação das características arquitetónicas.

2.3. Levantamento estrutural e construtivo

O levantamento estrutural e construtivo consiste, resumidamente, na caracterização dos elementos estruturais e, consequentemente, não estruturais, em termos da sua disposição, da sua geometria, obtida em parte no levantamento arquitetónico e as propriedades mecânicas dos materiais constituintes dos elementos estruturais.

Caso a intervenção o justifique, o levantamento poderá incidir também na caracterização das fundações, através, por exemplo, de poços de reconhecimento e de sondagens mecânicas e/ou ensaios de penetração dinâmica para caracterização geológica/geotécnica do solo, que serve de assento aos órgãos de fundação.

Na estrutura elevada, a informação pode ser obtida através de técnicas, quando possível, não destrutivas ou reduzidamente intrusivas, como, por exemplo:

- A aplicação da termografia por infravermelhos permite localizar alguns elementos estruturais e construtivos, identificar perdas de calor causadas por construção deficiente, detetar a falta ou inadequação do isolamento e a presença de humidade excessiva (Figura 1);

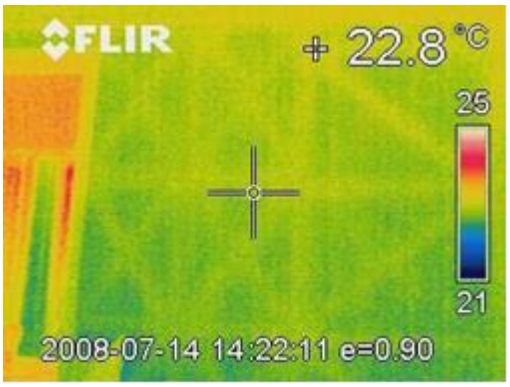


Figura 1 – Ensaio de termografia em parede frontal pombalino

- A deteção de zonas de elementos de madeira com variações anormais de densidade, como, por exemplo, perdas de secção por ataque de insetos xilófagos, fungos ou outros agentes, que passam, muitas vezes despercebidas, pode ser feita através de ensaios de resistografia (Figura 2);



Figura 2 – Ensaio de resistografia na entrega duma asna de madeira

- A caracterização geométrica da secção de perfis metálicos, previamente localizados com o pacómetro (detetor de armaduras), pode ser feita utilizando ensaios de ultra-sons para a medição indireta da espessura, por exemplo, da alma ou do banzo de secções em "I";
- As propriedades mecânicas do aço dos referidos elementos estruturais, importantes para a verificação da

segurança estrutural, podem ser determinadas através de ensaios de tração sobre amostras recolhidas de secções criteriosamente selecionadas, de forma a afetar o menos possível a segurança estrutural;

- A caracterização dos materiais dos elementos estruturais das construções, nomeadamente, de alvenarias resistentes pode ser feita através da recolha de amostras com carotadora elétrica, com diâmetro, por exemplo, de 100 mm e alcance até 2 m, ou mais, dependendo do equipamento de corte. A caracterização dos materiais intersetados é feita através da identificação da sua natureza e a espessura das subcamadas, conforme ilustrado na Figura 3. Os furos de sondagem são posteriormente reparados com materiais e técnicas compatíveis com o existente;



Figura 3 – Extração de amostras com carotadora elétrica para caracterização dos materiais constituintes da secção do pilar de alvenaria de pedra

- No caso das propriedades mecânicas das alvenarias resistentes, dado não ser praticável a recolha de amostras representativas do material constituinte para posterior ensaio laboratorial, é possível, com reduzida perturbação do elemento em estudo, utilizar a técnica de macacos planos de reduzida área, SFJ (Small Flat Jack) (ASTM 2014a; ASTM, 2014b). Resumidamente, a técnica, reduzidamente intrusiva, consiste na introdução de 2 macacos planos em entalhes na alvenaria a ensaiar, previamente executados com uma máquina de corte, munida de disco diamantado. Posteriormente, utilizando uma bomba hidráulica, munida de manómetro, são realizados vários ciclos de carga/descarga, com o aumento/diminuição gradual dos níveis de pressão, sendo feitas, para cada nível, leituras das deformações da amostra em estudo, com o alongâmetro de milésimos de milímetro, permitindo avaliar a variação do módulo de deformabilidade e, também, a tensão de cedência, para a qual a alvenaria deixa de apresentar um comportamento elástico linear (Figura 4). O estado de tensão atual numa alvenaria pode também ser avaliado pela técnica de macacos planos;



Figura 4 – Ensaios com macacos planos duplos numa parede de alvenaria de pedra irregular

- No âmbito do levantamento construtivo, poderá haver interesse na caracterização de argamassas antigas, tendo em vista a definição dos materiais de reparação, cujas características físicas e químicas deverão ser

compatíveis com as dos materiais existentes, podendo ser levado a cabo através de ensaios laboratoriais sobre amostras de argamassas recolhidas in situ, nomeadamente caracterização visual das amostras com auxílio de lupas de petrologia (observação e identificação expedita de constituintes e aspetos estruturais e texturais); determinação da composição mineralógica da argamassa e seus componentes, areia e ligante, mediante difração de raios X (identificação dos constituintes mineralógicos); determinação da relação areia-ligante em percentagem de peso (através do ensaio de dissolução ácida no caso de agregados não calcários – confirmado visualmente e por DRX); determinação da granulometria da areia por frações (o resíduo dos ensaios de dissolução, em rocha não modificada texturalmente, é sujeito a ensaio de crivagem, para obter a curva granulométrica);

- A constituição e o estado de conservação de pavimentos e, também, de paredes podem ser obtidas, de modo reduzidamente destrutivo, através da observação do interior de furos de pequeno diâmetro, compridos com broca, até, por exemplo, 1,2 m de comprimento, posteriormente limpos e observados, ao longo do seu desenvolvimento, com recurso a endoscópio, com tubo rígido ou flexível, permitindo a realização de filmagem ou registo fotográfico, conforme ilustrado na Figura 5 e na Figura 6.



Figura 5 – Observação endoscópica do interior de furos de sondagem para caracterização dos materiais constituintes do arco duma ponte antiga



Figura 6 – Pormenor do interior do furo de sondagem da figura anterior

- A resistência ao corte de argamassas de assentamento de alvenarias resistentes, ordinária ou de blocos cerâmicos, pode ser avaliada através de ensaios de arrancamento duma hélice (Figura 7). O ensaio é útil, também, para controlo da execução de reparações, comparando-se a resistência da argamassa de assentamento antiga face à da resistência da argamassa de reparação.



Figura 7 – Avaliação da resistência de argamassa através de ensaio de arrancamento duma hélice

- Deteção de elementos metálicos ocultos, deteção de vazios e de zonas húmidas através da técnica georadar. Esta técnica de ensaio torna-se, ainda, útil para localizar tubagens embebidas, descalce de pavimentos, perfis metálicos embebidos na alvenaria entre outras.



Figura 8 – Deteção de perfis metálicos num pavimento através da técnica georadar

O levantamento é representado graficamente sobre peças desenhadas, assinalando-se a implantação e a geometria da secção dos elementos estruturais, conforme ilustrado na Figura 9. No caso, distinguem- se as paredes exteriores e as do saguão de alvenaria resistente e as inúmeras alterações sofridas, com a introdução de elementos de betão armado e de elementos metálicos, cujas implicações podem, pois, ser avaliadas.



Figura 9 – Edifício pombalino, em Lisboa. Representação da disposição espacial da estrutura do piso

Caso a intervenção o justifique o levantamento estrutural/construtivo poderá incidir, também, na caracterização das fundações, através, por exemplo, de poços de reconhecimento e, tal como nas construções novas, na caracterização geológica/geotécnica dos solos interessados, através, por exemplo, de sondagens mecânicas, complementadas com ensaios de penetração “SPT” (Figura 10), (ISSMFE, 1989; CEN, 2007).



Figura 10 – Ensaio de penetração dinâmica para caracterização da resistência dos solos de fundação

2.4. Levantamento de anomalias visíveis

O levantamento de anomalias visa a identificação de anomalias visíveis, a sua disposição e extensão nos elementos construtivos e respetiva referenciação sobre peças desenhadas. O conhecimento das anomalias é muito importante para se avaliar o desempenho da construção ao longo da sua existência e qual a eventual influência no desempenho futuro pretendido.

Para apoio do diagnóstico das anomalias recorre-se a técnicas de ensaios *in situ*, não destrutivas ou reduzidamente intrusivas, tais como, por exemplo, ensaios de percussão em superfícies para deteção de descontinuidades superficiais, observações com câmara termográfica, também, para deteção de descontinuidades superficiais e manifestações de humidade excessiva, observações endoscópicas, do interior de descontinuidades para avaliação da sua importância (Figura 11), medições qualitativas da humidade superficial (Figura 12), etc.



Figura 11 – Observações endoscópicas no interior de furos de sondagem para deteção de descontinuidades



Figura 12 – Medição qualitativa da humidade superficial de paredes

As anomalias de índole estrutural têm especial relevância na medida em que denunciam um comportamento deficiente da estrutura ou seus componentes. A sua deteção atempada é fundamental para a tomada de decisão quanto à implementação de medidas corretivas urgentes, nomeadamente, tais como por exemplo, escoramentos provisórios e/ou reforços estruturais definitivos.

Os sintomas mais correntes, das anomalias de índole estrutural, são as fissuras com orientação bem definida associadas, normalmente, a deformações aparentes de elementos estruturais. A disposição e a variação da abertura das fissuras, medida com um comparador de fissuras (Figura 13), são fundamentais para o diagnóstico das causas.



Figura 13 – Medição da abertura de fenda

Outros sintomas relacionados com movimentos importantes da estrutura são as deformações, quer das paredes quer dos pavimentos, podendo ser detetadas e medidas com rigor através de técnicas topográficas, permitindo a avaliação da sua importância. A representação das deformações dos pavimentos, através de curvas de nível, revela-se frequentemente útil para apoio no diagnóstico.

No caso de anomalias de índole não estrutural não está tanto em causa a segurança atual da estrutura ou dos seus componentes, mas sim exigências funcionais que comprometem a sua normal utilização durante o período de vida útil, tais como por exemplo a estanquidade/salubridade, o conforto térmico e a estética. No entanto, o desempenho estrutural pode vir a ser seriamente afetado caso não sejam implementadas, atempadamente, medidas corretivas, devido à degradação dos elementos estruturais, por exemplo devido a infiltrações e corrosão.

As anomalias mais comuns estão relacionadas com formas de deterioração dos materiais dos revestimentos, tais como a fissuração generalizada, com orientação aleatória, humidade ascendente proveniente do terreno, condensações e outras causas fortuitas (Figura 14). Os ensaios habitualmente utilizados nesses casos consistem, precisamente, na medição qualitativa ou quantitativa da humidade presente nos elementos da construção, observações com câmara termográfica, ensaios de percussão, já referidos anteriormente, ensaios de permeabilidade dos rebocos através de tubos de Karsten (Figura 15), etc.



Figura 14 – Deterioração dos revestimentos devido a humidade excessiva



Figura 15 – Ensaio com tubo de Karsten para avaliação da permeabilidade da água em reboco de base cimentícia (exterior)

2.5. Monitorização

Como ferramenta de diagnóstico, a monitorização pode ser aplicada a todo o tipo de estruturas, sendo útil para se acompanhar a evolução, por exemplo, de fenómenos de instabilidade em curso e, consequentemente permitir a definição de medidas corretivas eficazes (Figura 16).



Figura 16 – Monitorização da abertura de fissuras / fendas com fissurómetros Oz

O acompanhamento da evolução da abertura de fissuras de índole estrutural e a leitura de alvos topográficos e de marcas de nivelamento são os parâmetros de monitorização estrutural mais frequentemente selecionados. A escolha dos dispositivos de medição, a definição da periodicidade das sessões de leitura e a duração da monitorização devem ser feitas em função do tipo de estrutura e das causas prováveis que estão na origem das fissuras.

Em certos casos pode ter interesse avaliar o comportamento dinâmico duma dada construção, para prever a sua resposta a um evento sísmico, utilizando-se, para tal, acelerómetros ou sismógrafos, que registam a intensidade de vibrações, ambientes ou forçadas (Figura 17).



Figura 17 – Acelerómetro triaxial para monitorização de vibrações

2.6. Planos de Manutenção

Os planos de manutenção, com aplicação a todos os tipos de construções, têm como objetivo identificar as ações de inspeção e manutenção necessárias que, prevenindo a degradação dos elementos construtivos e instalações, assegurem as necessárias condições de utilização e segurança, procurando minimizar os custos de exploração.

Tal planeamento passa, também, pela recolha e sistematização da informação de base do edificado, avaliação sumária do seu estado de conservação, indicação de medidas corretivas ou de ensaios complementares de diagnóstico e planeamento das ações de manutenção.

2.7. Qualificação dos Agentes

Apesar de a regulamentação não o exigir, a competência dos agentes envolvidos, desde o Dono de Obra até ao executante, deve ser assegurada de modo a que os objetivos da intervenção sejam alcançados da forma mais eficaz e eficiente possível. A via a seguir consiste no estabelecimento dum Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), de acordo com a NP EN ISO 9001:2015.

3. CONCLUSÕES

A estratégia de intervenção recomendada, para eliminar eficazmente as causas que estão na origem das anomalias, assim como os seus efeitos, bem como garantir a segurança das estruturas existentes e aumentar a sua durabilidade, deverá passar por soluções periódicas de manutenção incluindo, quando necessário, medidas de conservação, reabilitação e ou reforço.

A elaboração do projeto, detalhando a estratégia de conservação, manutenção, reabilitação e eventual reforço, é essencial para uma intervenção económica, eficaz e duradoura e deverá ter por base uma extensa recolha de informação do estado da estrutura com inspeções, levantamentos e ensaios de modo a permitir definir com precisão e detalhe as medidas de intervenção necessárias e mais adequadas, tendo sempre em conta o valor histórico, cultural e arquitetónico.

REFERÊNCIAS

ASTM, 2014a – **Standard test method for in situ compressive stress within solid unit masonry estimated using flatjack measurements.** USA: ASTM International. ASTM C1196-14a.

ASTM, 2014b – **Standard test method for in situ measurement of masonry deformability properties using the flatjack method.** USA: ASTM International. ASTM C1197-14a

CEN, 2007 – **Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing.** Brussels: CEN. EN 1997-2:2007.

Decreto-Lei N.º 140/2009 – **Regime jurídico dos estudos, projectos, relatórios, obras ou intervenções sobre bens culturais classificados, ou em vias de classificação, de interesse nacional, de interesse público ou de interesse municipal.** Diário da República n.º 113/2009, Série I de 2009-06-15.

Decreto-Lei n.º 95/2019 – **Regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas.** Diário da República n.º 136/2019, Série I de 2019-07-18.

ICOMOS, 2001 – **Recomendações para a análise, conservação e restauro estrutural do património arquitetónico**.

ISSMFE, 1989 – **International reference test procedure for the standard penetration test**. Ulf Bergdahl, Stockholm: Swedish Geotechnical Institute.

NP EN 1008:2003 – **Água de amassadura para betão; Especificações para a amostragem, ensaio e avaliação da aptidão da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para o fabrico de betão**. Instituto Português da Qualidade.

NP EN ISO 9001:2015 – **Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos**. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

BIM APLICADO ÀS EDIFICAÇÕES EXISTENTES – DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA GESTÃO DE INFORMAÇÃO

BIM APPLIED TO EXISTING BUILDINGS – CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN INFORMATION MANAGEMENT




Marcio Mortoni Silva [(1)], João Pedro Couto [(2)]

(1) Universidade do Minho, Portugal, mmorttoni@hotmail.com
(2) Universidade do Minho, Portugal, jpc@civil.uminho.pt

RESUMO

O ciclo de vida (CV) de uma edificação é composto por várias etapas: projecto, construção, operação, manutenção e por fim demolição/reabilitação. Dentre as fases existentes, a de operação é a que envolve maior tempo e custo, representando cerca de 80% dos custos totais do empreendimento. Na fase de operação, a boa condição de uso das edificações é essencial para que os utilizadores possam dispor de todas as suas funcionalidades. Dados do Instituto Nacional de Estatística de Portugal apontam para que em 2011, 64% do parque edificado português tenha sido construído antes dos anos 90 possuindo uma idade média superior a 20 anos. Dessa forma, o parque habitacional encontrava-se envelhecido e degradado. Face a esta realidade, as actividades de reabilitação têm por fim conservar, recuperar e beneficiar a condição actual existente ou inicial obtida aquando do início do uso, e dessa forma, para que as actividades de reabilitação possam ser bem-sucedidas, o levantamento das informações das condições existentes da edificação é primordial. Vários estudos abordam métodos que buscam soluções para a captura de informações das edificações existentes, apontando para dificuldades e dispersão de soluções e procedimentos, traduzindo-se na falta de orientações sólidas e consistentes sob esses processos que permitam servir de referência e orientação aos utilizadores. Nesse sentido, o presente estudo visa identificar e caracterizar os processos BIM associados à captura e gestão das informações correntemente utilizados, de modo a identificar critérios e propostas que possibilitem aos projectistas, donos de obra e construtores uma melhor e mais expedita identificação, e consequente adoção, da solução para a captura e gestão da informação dos edifícios existentes.

Palavras-chave: BIM / Edifícios Existentes / Captura e Gestão de Informação / Desafios e Oportunidades

1. INTRODUÇÃO

As edificações cumprem um importante papel nas sociedades modernas, sejam elas provisórias ou definitivas, residenciais ou industriais/serviços. Pelo tempo e recursos financeiros que são empregados nas edificações, desde a concepção inicial até a destino final, a utilização racional ou o melhor aproveitamento das edificações proporciona uma completa satisfação aos utilizadores. Esse melhor aproveitamento pode ser obtido, inicialmente, a partir da idealização integrada do projecto de arquitectura com as disponibilidades naturais (iluminação e sombreamento) bem como da correta escolha dos sistemas construtivos.

A metodologia Buiding Information Modeling (BIM) já amplamente difundida no contexto da Arquitectura, Engenharia e Construção (AEC) demonstra ser uma ferramenta de apoio aos processos de modelagem dos edifícios existentes. Esse trabalho visa a elaboração de uma abordagem genérica aos métodos correntes de modelagem de edificações existentes, contextos de utilização e factores positivos e negativos que caraterizam cada um dos métodos. O presente estudo busca trazer um contributo no que diz respeito à identificação e avaliação de critérios que podem ser usados com a finalidade de apoiar escolha do método de modelagem de edificações existentes.

A metodologia utitilizada para o desenvolvimento do estudo assentou na pesquisa bibliográfica relacionada com o tema em estudo utilizando palavras-chave, e restringindo a um intervalo temporal de no máximo 8 anos, e selecionada em função de um conjunto estudado de critérios que permitissem o levantamento de informação pertinente e ajustada aos objetivos delineados Complementarmente fez-se o tratamento da informação recolhida de forma a possibilitar a sistematização dos dados recolhidos e encontrar um conjunto de indicações e orientações úteis para os utilizadores destas tecnologias e processos.

1.1. Ciclo de vida (CV) das edificações

O ciclo de vida (CV) de uma edificação é extenso e contempla várias etapas (Quadro 1). Conforme é amplamente reconhecido e reafirmado na publicação “Arquitectos" (2016) o ciclo de vida de um edifício inclui todos os momentos da sua existência e baseia-se numa linha temporal, organizada em sete etapas sequenciais, que arranca com a iniciativa do promotor e prolonga-se até ao fim de vida da construção.

Quadro 1 – Etapas do ciclo de vida das edificações

1	2	3	4	5	6	7
Iniciativa	Início	Projecto	Concurso de seleção	Obra	Uso da Construção	Fim da vida

A fase de projecto é uma das principais etapas do processo produtivo no sector AEC. É nela que o tipo de definições efectuadas trarão, ou não, consequências de ordem financeira, prazo, segurança, exequibilidade no momento da obra, etc. É na fase de projecto que deve ficar previsto como, quando e por quem as operações serão executadas. Com o estudo do projecto, as previsões são mais precisas e os processos construtivos e de utilização podem ser otimizados.

Na fase de execução da obra, as resoluções contidas no projecto e as delimitações propostas no planeamento são realizadas para a correta execução das atividades de construção. É nessa fase que a adequada monitorização da obra é determinante para evitar erros, desperdícios e retrabalhos, de modo a reduzir os riscos e os custos do projecto.

O uso da construção configura a etapa mais prolongada do ciclo de vida das edificações. Se levarmos em conta uma vida útil de 60 anos e uma fase construtiva em 2 anos, a fase construtiva corresponde a 3.33% e a utilização corresponde a 96.66%. Pode-se assim inferir, que a fase de utilização das edificações é aquela que deverá dispor

de mecanismos de modo a permitir que a condição inicial de uso seja mantida ao longo do período de utilização.

1.2. Custos do ciclo de vida (CCV)

É sabido que os custos de manutenção e operação de um edifício representam cerca de 80% do custo total do edifício durante a sua vida útil que em média é de 60 anos, sendo que somente 20% dos custos do edifício são gastos nas fases de construção e projecto (Tavares, 2009). Dessa forma, conforme apresentado na figura 1, os 20% restantes ficam divididos em 15% para construção e 5% para concepção, projecto e fiscalização (Carvalho *et al*., 2016).

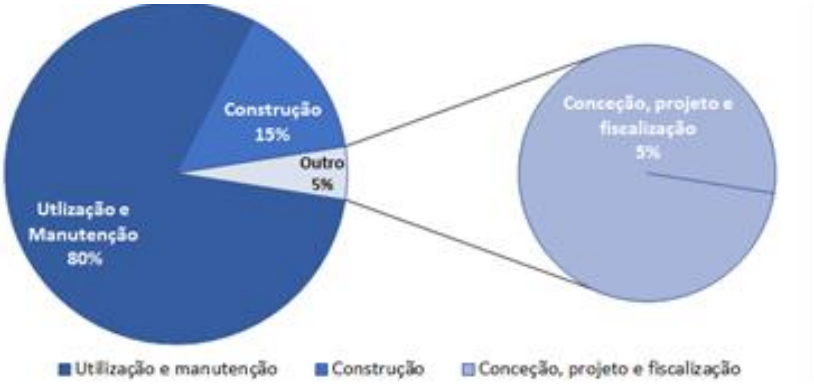


Figura 1 – Distribuição de custos globais de um edifício (Carvalho *et al.,* 2016)

A análise de custo do ciclo de vida (ACCV) é uma técnica de avaliação económica que determina o custo total de propriedade e operação de uma instalação ao longo de um período de tempo e que pode ser realizada em grandes e pequenos edifícios ou em sistemas isolados de edifícios (Kale *et al*., 2016). Segundo a autora os custos do ciclo de vida (CCV) incluem todos os custos necessários para construção, operação, manutenção e fim da vida útil. Inclui todos os custos associados, como entrega, instalação, testes pré-operação, seguro predial, uso de energia e água, substituição de equipamentos, manutenção, reparo e custos de final de vida útil.

1.3. Idade do parque edificado

Na Europa o sector da conservação e reabilitação é a componente produtiva mais dinâmica e a que havia registado maiores crescimentos nos últimos 20 anos assumindo grande importância no peso da estrutura produtiva no sector da construção. Na reabilitação a União Europeia é responsável por aproximadamente 40% das obras de construção. Apesar desse percentual ser significativo, no contexto português, o parque edificado e em particular o parque habitacional é genericamente um parque envelhecido apesar do elevado ritmo de construção nova verificado nos últimos anos (S. M. da Silva, 2013).

Segundo INE (INE, 2011) 2.475.913 edifícios haviam sido edificados antes de 1990, representando aproximadamente 70% do parque edificado naquela altura que era composto na sua integralidade por 3.544.389 edifícios. Dados mais recentes apontam que para o ano referência de 2018, a idade média dos edifícios era de 43 anos, conforme documenta a Figura 2.

A análise do período de construção dos edifícios é importante para uma adequada caracterização das patologias, de suas possíveis causas e para analisar o potencial de reabilitação térmica dos edifícios em Portugal. Dessa análise é possível constatar que parte do parque habitacional é obsoleta e inevitavelmente ineficiente termicamente. Esse fato denota várias consequências negativas, desde o consumo exagerado de energia, diminuição da qualidade de vida dos utilizadores e poluição devido aos gases de efeito estufa. (S. M. da Silva, 2013).

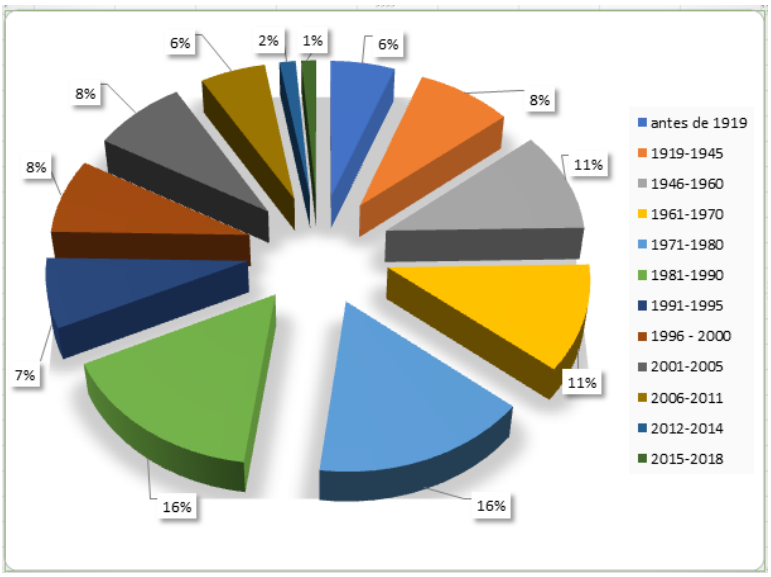


Figura 2 – Percentagem de edifícios residenciais construídos, por período de construção (INE, 2018)

2. DESENVOLVIMENTO

Levando em conta os dados do parque edificado em Portugal, é notório que a maior parte das edificações são antigas, e do total existente aproximadamente 29% carece de intervenções – ver Quadro 2 (INE, 2011).

Quadro 2 – Classificação dos edifícios segundo o estado de conservação (INE, 2011)

Classificação	Quantidade	Percentual
Sem necessidade de reparação	2 519 452	71.10%
Com necessidade de reparação e muito degradado	1 024 937	28.90%
Total	3 544 389	100.00%

2.1. Reabilitação

A reabilitação é o conjunto de operações dirigidas à conservação e ao restauro das partes significativas de uma arquitectura, incluindo a sua beneficiação em geral, de forma a permitir-lhe a níveis de desempenho e exigências funcionais actualizadas (S. M. da Silva, 2013). Assim é necessário diferenciar os conceitos de conservação e reabilitação (Figura 3).

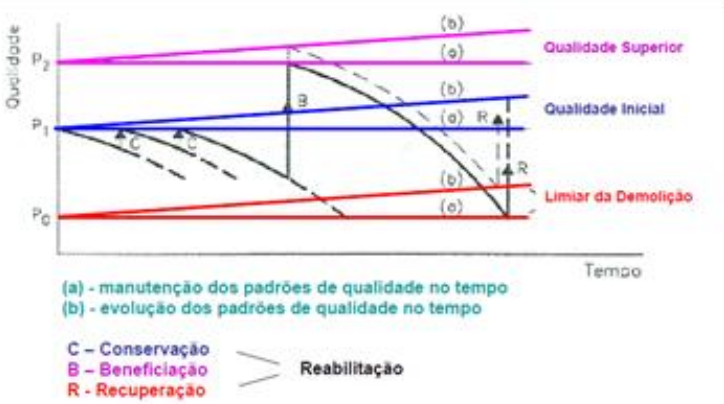


Figura 2 – Definição de reabilitação (S. M. da Silva, 2013)

A reabilitação, quando executada confere um implemento na qualidade da edificação, quer seja em relação a qualidade existente quando ao início do uso, quer em relação ao seu estado actual. (S. M. da Silva, 2013).

2.2. Pobreza energética

A pobreza energética é um fenômeno que alcança muitas pessoas no mundo e os motivos e resultados são diversos e pode ser definida como sendo: "*incapacidade de um agregado familiar obter uma quantidade adequada de serviços de energia para 10% do rendimento disponível.*" (Moreira, 2018). Ela afeta os utentes no aspeto habitabilidade em termos de conforto térmico tanto no inverno como no verão. Tais moradores em muitos casos convivem com temperaturas inferiores a mínima recomendada de 18 ^{0}C.(Despacho 15793-C/2013, 2013).

Segundo (Duarte, 2014), denomina-se por Nearly Zero Energy Building (NZEB), ou também como "Edifício com necessidades quase nulas de energia", um edifício com um desempenho energético muito elevado, onde as necessidades de energia quase nulas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis.

Dessa forma, a reabilitação NZEB pode ter um considerável papel no combate à pobreza energética, permitindo, para além de uma poupança significativa de energia, condições interiores saudáveis e resistência relativamente a eventuais subidas dos custos de energia.

2.3. Dados relativos ao percentual de obras novas x reabilitações

Como forma de prover melhores condições de vida aos utentes, as atividades de reabilitação desempenham um papel importante no combate a pobreza energética, todavia dados estatísticos apontam para a continuidade da predominância do percentual de obras novas em relação ao percentual de obras de reabilitação.

Moreira (2009) defende que "a diferença entre o peso que a reabilitação de edifícios assume na construção em geral e o peso da construção nova é cada vez menor e, por isso, torna-se imperativo salientar que é impreterível melhorar as práticas de reabilitação".

Porém, conforme Gutierres (2015) Portugal ainda tem uma parcela pouco expressiva de aproximadamente 28% em reabilitações, se comparado a outros países da União Europeia como Alemanha (~58%), Dinamarca (~52%) e Bélgica (~42%) e está bem abaixo da média europeia que era de 34,9% em 2015.

E esse percentual vem reduzindo a cada ano, de acordo com a Figura 4, conforme dados do Instituto Nacional de Estatística que registou para o ano de 2018 apenas 26,4% de obras reabilitadas no computo geral de obras concluídas, demonstrando uma tendência decrescente.

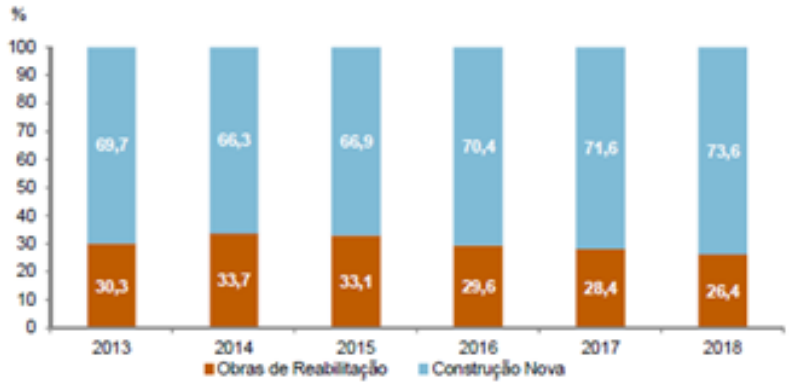


Figura 3 – Evolução da repartição das obras concluídas entre construção nova e reabilitação entre 2013 e 2018 (INE, 2018)

Ainda na avaliação das obras reabilitadas, dentre as obras reabilitadas, apesar da diminuição verificada entre 2013 e 2018, as obras de ampliação demonstravam um maior percentual no computo geral dos edifícios reabilitados (INE, 2018).

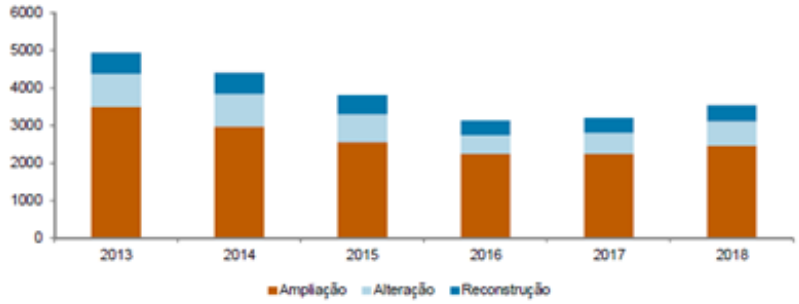


Figura 4 – Distribuição das intervenções em edifícios por tipo de obra (2013-2018) (INE, 2018)

3. PROCESSOS BIM ASSOCIADOS À CAPTURA DE DADOS PARA EDIFICAÇÕES EXISTENTES

O *Building Information Modelling* (BIM) é uma abordagem suportada em meios tecnológicos de gestão de informação que, num ambiente colaborativo, permite a visualização tridimensional de um empreendimento nas suas diversas fases. Tal permite reduzir a incerteza, melhorar o planeamento e o controlo, e ainda analisar e resolver potenciais problemas que possam ocorrer ao longo das diversas fases do ciclo de vida dos projetos (D. B. Silva *et al*., 2016).

O BIM, resumidamente, pode ser definido como um processo de criação e gestão da informação do empreendimento de construção de uma forma interoperável que permite a integração e reutilização da informação da obra e o domínio do conhecimento ao longo do ciclo de vida da mesma por parte dos utilizadores (Antunes *et al*., 2016).

Segundo Bortoluzzi *et al*. (2019) a geração de elementos mediante a metodologia BIM para edificações existentes é um tópico corrente das pesquisas, sendo que a maioria insere-se nos seguintes três campos: (1) *laser scanning* e fotogrametria para modelos com nível de detalhe elevado, (2) conversão dos modelos geométricos 3D para BIM, e (3) conversão automatizada de desenhos 2D para 3D BIM.

3.1. Laser scanning

O *laser scanning* consiste numa técnica na qual se efectua um procedimento mediante o uso de instrumentos de varredura a laser que colectam dados de alta precisão (+/- 3 mm) a 500.000 pontos por segundo, fornecendo milhares de medições em três dimensões chamadas nuvens de pontos. Como resultado, obtém-se uma representação digital organizada de um objecto que é entregue com rapidez, eficiência e precisão (Plowman Craven, n.d.).

As tecnologias de *scanning* a laser 3D e de fotogrametria são as tecnologias de digitalização mais requisitadas para levantamentos de edificações, e apesar das diferenças de custo dos equipamentos e processos de detecção, são sistemas de aquisição tridimensionais, automatizados e sem contato como o objeto analisado, e que usam sensores baseados em ondas de luz para a medição, directa ou indirecta, do objeto (Dezen-Kempter *et al*., 2015).

Como benefícios do *laser scanning* destacam-se os seguintes: (1) rápida colecta de dados, (2) dados completos, (3) registo imediato do arquivo de dados e medições acessíveis, (4) operação de forma remota e em locais de difícil acesso, (5) maior segurança, e (6) colecta dados de ambientes complicados (Plowman Craven, n.d.).

3.2. Conversão dos modelos geométricos 3D para BIM

No tocante à conversão dos modelos geométricos 3D para modelos BIM, Janssen, Chen, e Mohanty (2016)

desenvolveram uma abordagem semiautomática de materialização de modelos conceituais 3D mediante o uso do formato IFC. Segundo pesquisa dos autores, essa abordagem consistiu em três etapas para converter um modelo conceitual 3D usando linguagens de programação visual (VPL) conforme demonstrado na Figura 6.

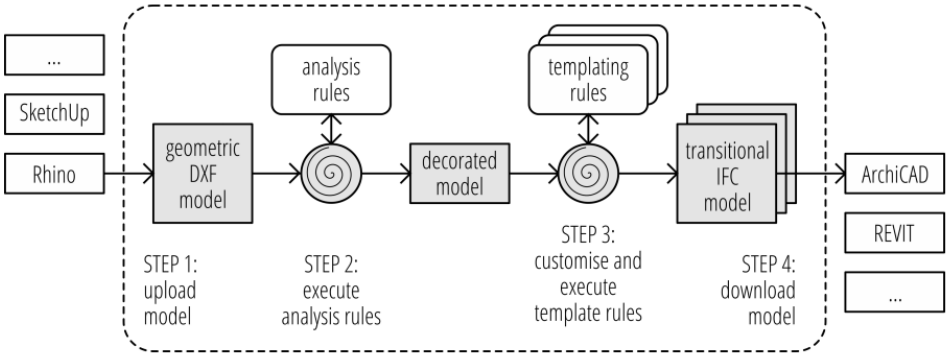


Figura 5 – Fluxo de operações para conversão de sólidos 3D para BIM (Janssen *et al.*, 2016)

A geração automatizada de elementos construtivos BIM a partir de desenhos 2D é um assunto crescente na pesquisa devido à necessidade de uma abordagem simplificada e leve (Bortoluzzi *et al*., 2019).

3.3. Conversão automatizada de desenhos 2D para 3D BIM

Relativamente à conversão automatizada Gimenez *et al*. (2016) revisaram os processos de geração automatizada disponíveis. Com base nesta revisão, os autores apresentaram um processo para converter plantas 2D simples em modelos de construção 3D usando C++ e uma abordagem matemática para identificar elementos da paredes e aberturas.

4. AVALIAÇÃO DE CADA MÉTODO

Com a finalidade de se estabelecer uma adequada avaliação de cada método de captura, estabelecem-se neste estudo alguns critérios, que podem ser utilizados na tomada de decisão quando se pretende elaborar um levantamento de edificações existentes com o recurso à metodologia BIM.

Os critérios considerados para a análise da modelagem de edificações existentes são: (1) o tempo, (2) a finalidade e (3) a implementabilidade. Esta seleção assenta nos aspetos mais realçados na bibliografia e nos aspetos que mais preponderância e pertinência parecem evidenciar para os potenciais utilizadores. Naturalmente que outros fatores ou critérios poderão ser equacionados e objeto de análise dependendo do contexto e objetivos a alcançar, no entanto no âmbito do presente estudo, a sistematização e análise daqueles critérios enquadra-se no propósito de disponibilizar informação relevante que ajude na decisão, orientação e até implementação dos processos associados.

O método de captura de informações construtivas a partir do *laser* scanning demonstra ser uma abordagem muito dinâmica e eficaz. Traduz com precisão as dimensões do ambiente construído, mesmo para edificações com múltiplos pisos.

Com relação ao tempo de execução do método, segundo um ensaio efectuado por Dezen-Kempter *et al*. (2015) a varredura a laser produz grande densidade de informação em curto espaço de tempo. As demonstrações apresentadas por Janssen *et al*., (2016) permitiram uma maneira rápida de criar protótipos e testar regras. Para a técnica que converte modelos 2D em formato BIM tratada por Zhu *et al*. (2014) o processo de modelagem digital da edificação já existente é muito rápido e pode modelar uma planta contendo milhares de geometrias básicas como pisos, tetos, paredes, portas e janelas em poucos minutos, devido ao uso do método de extrusão

conjunta de vários elementos construtivos, em vez de extrusão de cada elemento separadamente. Já Bortoluzzi *et al*. (2019) efectuou uma análise minuciosa, e no que se refere ao tempo, houve uma redução de aproximadamente 90% do tempo consumido em relação ao processo de elaboração manual de modelos BIM.

No que concerne à finalidade o uso do *laser scanning* demonstrou ser adequado para a reconstituição das características espaciais e geométricas do edifício analisado (Dezen-Kempter *et al*., 2015). Nos testes efetuados por Janssen *et al.* (2016) além da conversão de um modelo simplificado, houve sucesso na modelagem para um modelo geométrico com múltiplos pavimentos. A experimentação conduzida por Bortoluzzi *et al*. (2019) consistiu na modelação de 17 edificações que compõem o Campus da Ryerson University, as quais possuem as mais variadas características e tamanhos.

Já em termos de implementabilidade, para Dezen-Kempter et al.,(2015) o scanning a laser constitui apenas uma etapa do processo de modelagem *as-buit*. Na conversão de modelos 3D para BIM, os ensaios apresentados por Janssen *et al*. (2016) mostraram a viabilidade de um fluxo de trabalho semiautomático para gerar modelos BIM a partir de modelos 3D simplificados. No entanto, existem ainda claramente muitas limitações que requerem mais pesquisa e exploração. O foco do método utilizado por Janssen *et al.* (2016) concentra-se na automatização da geração do modelo BIM para elementos comuns de construção tais como: pisos, tetos, paredes, portas e janelas permitindo assim aos arquitectos e projectistas focarem-se nas partes mais complexas da modelagem. No entanto, mesmo para elementos comuns de construção tal como parede, ainda restaram alguns desafios como por exemplo o desalinhamento das conexões e interseções das paredes devido à variação da espessura da parede. Já o estudo conduzido por Bortoluzzi *et al*. (2019) também encontrou alguns obstáculos. O primeiro deles fora a criação de paredes tendo em vista a existência de subsolos e a inserção de aberturas em paredes curvas. Segundo os autores esse fato proporcionou a maior oportunidade para o refinamento do processo de automação. O segundo desafio surgiu com a geometria da fachada complexa ou curva, que foram superados por meio de edição manual dos elementos. Mais recentemente Dezen-Kempter *et al.* (2015), apud Arayici *et al*. (2006) defenderam que o uso do *scanning* a lase possui bastantes vantagens mas também evidencia desvantagens que precisam de ser equacionadas – ver quadro 3. Para estes autores, o modelo BIM *as-built* resultante do *scanning* a laser é um elemento importante no processo de tomada de decisão sobre intervenções em edifícios históricos.

Quadro 3 – Vantagens e desvantagens do uso do *laser scanning* (Arayici *et al.*, 2006)

3D laser scanning	
Vantagens	**Desvantagens**
Aplicável para todas as superfícies 2D e 3D	Alguns sistemas não funcionam com sol ou chuva
Rápida colecta de dados	Grandes dados 3D requerem pós-processamento para produzir resultados utilizáveis
Muito efectivo devido ao grande volume de dados colectados e com uma precisão esperada	Dificuldade da extração das amostras de arestas de nuvens de dados indistintas
Ideal para toda modelagem 3D com propósitos de visualização	Resultados requerem manipulação para conseguir um resultado final aceitável
A posição 3D e superfície refletida gerada podem ser vistas como uma imagem	Não existe nenhum formato comum de troca de dados actualmente em uso
Tecnologia em crescimento constante	Dificuldade em estar actualizado com o constante desenvolvimento tecnológico
Extensa pesquisa e desenvolvimento empreendidos atualmente no mundo	São requeridos equipamentos caros e programas sofisticados para o processamento dos dados

5. CONCLUSÕES

A metodologia BIM já provou ser uma importante ferramenta utilizada na indústria AEC mas os métodos de

captura de informações construtivas ainda se encontram em desenvolvimento.

Os métodos aqui apresentados utilizam mecanismos já amplamente conhecidos e difundidos na indústria de AEC. Como fonte de obtenção de informação para geração do modelo BIM, as tipologias utilizadas para a representação computadorizada da construção, em termos cronológicos possuem as seguintes características: (a) autilização do *scanning* a laser é a opção tecnológica de uso mais recente, (b) o uso de modelos 3D são de uso intermediário quando passaram a ser utilizados no início dos anos 2000 e por fim (c) o mais antigo, a utilização de desenhos 2D tem origem nos meados da década de 80.

Todos os métodos avaliados pelos estudos apresentados afirmaram utilizar um menor tempo para o desenvolvimento do modelo, inclusive com apresentação de dados de produtividade. Já em termos de implementabilidade, o *laser scanning* ainda permanece como a alternativa mais difícil de ser implementada devido à necessidade de maiores custos de aquisição dos equipamentos, bem como pelo fato da captura da envolvente ser apenas uma parte do processo de modelagem.

Já em termos de variabilidade de aplicações, nos estudos avaliados, os três métodos demonstraram ser úteis tanto nas edificações mais simplificadas como naquelas mais complexas, com a ressalva de que o método de conversão de modelos 2D para 3D BIM demonstrou algumas limitações em termos de captura de fachadas curvas.

No contexto da pobreza energética, verifica-se que o método que converte plantas 2D em modelos BIM (Zhu *et al*., 2014) é a melhor alternativa para análise, tendo em vista que não necessita de avultados investimentos em equipamentos, pós-processamentos e outras actividades complementares. Nessa situação, a modelagem da envolvente da edificação já é suficiente para servir de base a análises que podem ser efectuadas com o fim de melhorar as condições de isolamento térmico, acústico, eficiência energética, qualidade do ar, resultando assim numa maior capacidade de investigação do nível de habitabilidade das edificações.

Assim, e conforme previsto, o presente estudo apresenta um conjunto de informação útil mas ainda bastante sumária sobre três modos de obtenção do modelo *as-built* para edificações já em uso, ajudando dessa forma a contribuir para que gestores e decisores tenham acesso a informações e conhecimentos sobre as principais possibilidades que podem ser adotadas no caso de modelagem de edificações existentes em face das suas circunstâncias e contextos específicos.

Naturalmente que o trabalho desenvolvido está incompleto e merece um cuidado e desenvolvimento mais profundo no sentido de poder no futuro assegurar a angariação de um conjunto de informação sólida e devidamente estruturada que possibilite a redação de um protocolo que sirva de base para os utilizadores e entidades interessadas. Esse trabalho está a ser preparado perspetivando-se a sua conclusão para um futuro próximo.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, A. R.; SANTOS, R.; COSTA, A. A., 2016 – **Interface para a gestão das instalações**. 1.º Congresso Português de Building Information Modelling. 547-557. https://doi.org/10.5281/zenodo.166758

ARAYICI, Y.; HAMILTON, A.; GAMITO, P., 2006 – **Modelling 3D scanned data to visualise and analyse the Built Environment for regeneration**. *Surveying and Built Environment*. 17(2), 7-28.

ARQUITECTOS, O. dos., 2016 – **Manutenção e conservação do edificado**. https://www.oasrs.org/media/uploads/5_CT_Manutenção_us39Wwc.pdf

BORTOLUZZI, B.; EFREMOV, I.; MEDINA, C. *et al*., 2019 –**Automating the creation of building information models for existing buildings**. *Automation in Construction*. 105(March). https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102838

CARVALHO, C. P.; COSTA, A. A.; GONÇALVES, L. M. S., 2016 – **A metodologia BIM – Building information modeling na gestão da manutenção das infraestruturas do campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria**. 1.º Congresso Português de Building Information Modelling. 567-577. https://doi.org/10.5281/zenodo.166758

DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; CHEN, M.; Müller, A. V., 2015 – **Escaneamento 3D a laser,c fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas**. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. 10(2), 113. https://doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102710

Despacho 15793-C/2013, (2013).

DUARTE, R. A. F., 2014 – **Reabilitação de edifícios com novas tendências NZEB – Caso de estudo – Edifício de serviços em Setúbal** [Instituto Superior de Engenharia de Lisboa]. http://hdl.handle.net/10400.21/4384

GIMENEZ, L.; ROBERT, S.; SUARD, F.; ZREIK, K., 2016 – **Automatic reconstruction of 3D building models from scanned 2D floor plans**. *Automation in Construction*. 63, 48-56. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.12.008

GUTIERRES, V. N. dos S., 2015 – **Reabilitação térmica e acústica de edifícios antigos** [Instituto Superior de Engenharia de Lisboa]. http://hdl.handle.net/10400.21/6053

INE, I. N. de E. (2011) – **Censos 2011 Resultados definitivos – Portugal** (Vol. 3238). www.ine.pt

INE, I. N. de E. (2018) – **Estatísticas da construção e habitação 2018**. In *Estatísticas da Construção e Habitação*. Instituto Nacional de Estatística. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

JANSSEN, P.; CHEN, K. W.; MOHANTY, A., 2016 – **Automated generation of BIM models**. *ECAADe.* 34, *2*, 583-590. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?ecaade2016_239

KALE, N. N.; JOSHI, D.; MENON, R., 2016 – **Life cycle cost analysis of commercial buildings with energy efficient approach**. *Perspectives in Science*. 8*,* 452-454. https://doi.org/10.1016/j.pisc.2016.04.102

MOREIRA, A. R. R. G., 2018 – **Pobreza energética em Portugal** [Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. https://sigarra.up.pt/fcnaup/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=277438

MOREIRA, M. F. J., 2009 – **Reabilitação em estruturas de madeira em edifícios antigos** [Universidade do Porto]. https://paginas.fe.up.pt/~jmfaria/TesesOrientadas/MIEC/ReabilitEstrut Madeira – Estudo de Caso.pdf

PLOWMAN CRAVEN, (n.d.) – **3D Laser scanning and BIM for existing buildings.** Retrieved January 6, 2020, from https://www.plowmancraven.co.uk/uploads/documents/datasheets/laser-scanning-and-bim-FOR-EXISTING-BUILDINGS.PDF

SILVA, D. B.; PINTO-FARIA, J.; Lino, J. C., 2016 – **Implementação da metodologia BIM-FM a uma unidade desportiva – piscina olímpica**. *1.º Congresso Português de Building Information Modelling*. 1, 559-566. https://doi.org/10.5281/zenodo.166758

SILVA, S. M. da., 2013 – **Conservação e reabilitação das construçõe**s. Universidade do Minho.

TAVARES, A. da C., 2009 – **Gestão de edifícios – Informação comportamental** [Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto]. In Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60137/1/000135490.pdf

ZHU, J.; ZHANG, H.; Wen, Y., 2014 – **A new reconstruction method for 3D buildings from 2D vector floor plan**. *Computer-Aided Design and Applications*. 11(6), 704-714. https://doi.org/10.1080/16864360.2014.914388

ENTRE 'ANALÓGICO' E 'DIGITAL': METODOLOGIAS DE LEVANTAMENTO, DOCUMENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DA IGREJA DE SÃO PEDRO DAS ÁGUIAS (TABUAÇO)

BETWEEN 'ANALOGUE' AND 'DIGITAL': SURVEY METHODOLOGIES, DOCUMENTATION AND INTERPRETATION OF SÃO PEDRO DAS ÁGUIAS CHURCH (TABUAÇO)





Teresa Cunha Ferreira [(1)], Maria Leonor Botelho [(2)], Ricardo Dias [(3)]

(1) Centro de Estudos de Arquitectura e Urbanismo, Portugal, tferreira@arq.up.pt
(2) CITCEM, Portugal, mlbotelho@letras.up.pt
(3) Empatia Arqueologia, Portugal, ricardodias@empatia.pt

RESUMO

O artigo incide sobre trabalhos de levantamento, registo e interpretação da Igreja de São Pedro das Águias (em Tabuaço) com o objetivo de ilustração documental na Enciclopédia do Românico em Portugal. A igreja de fundação monástica do séc. XI, objeto de intervenção pela DGEMN em 1953-1954, carateriza-se pela sua excecional implantação com o portal poente confinante com um maciço rochoso. Esta singularidade no quadro do românico português justificou o investimento num levantamento arquitetónico detalhado, combinando ferramentas 'analógicas' e 'digitais', de forma a registar, documentar e interpretar o edifício na relação com a peculiar envolvente.

A metodologia assenta em pesquisa arquivística e bibliográfica, trabalho de campo de levantamento com recurso a ferramentas analógicas (desenho manual, medições com fita, levantamento de detalhes) e digitais (fotogrametria, varrimento laser, estação total) e posterior interpretação e desenho em computador com suporte de diferentes softwares (AutoCAD, Metashape, ReCap Pro, entre outros).

Esta comunicação propõe ilustrar a complementaridade dos diferentes tipos de levantamentos, bem como relevar os limites e potencialidades dos modelos digitais e, deste modo, aprofundar o conhecimento e divulgação deste singular edifício de fundação românica.

Palavras-chave: Fotogrametria / Varrimento Laser / São Pedro das Águias / Levantamento / Românico

RESUMO ALARGADO

O artigo incide sobre trabalhos de levantamento, documentação e interpretação da Igreja de São Pedro das Águias (em Tabuaço) com o objetivo de ilustração documental na Enciclopédia do Românico em Portugal.

A igreja de fundação monástica do séc. XI, objeto de restauro pela DGEMN em 1953-1954 e classificada como Imóvel de Interesse Público, carateriza-se pela sua excecional implantação com o portal poente confinante com um maciço rochoso. Esta singularidade no quadro do românico português (BOTELHO, 2015) justificou o investimento num levantamento arquitetónico detalhado, combinando ferramentas 'analógicas' e 'digitais', de forma a registar, documentar e interpretar o edifício na relação com a peculiar envolvente. Deste modo, propõe-se explorar as potencialidades das novas tecnologias digitais, a par com a compreensão do objeto arquitetónico (indissociável da experiência física e da observação visual) possibilitada, por via analógica, através do desenho manual.

Esta comunicação propõe ilustrar a complementaridade dos diferentes tipos de levantamentos, bem como relevar os limites e potencialidades dos modelos digitais e, deste modo, aprofundar o conhecimento e divulgação deste singular edifício de fundação românica.

A metodologia de 'levantamento analógico', desenvolvida após pesquisa arquivística e bibliográfica, consistiu em trabalho de campo de levantamento com recurso a ferramentas analógicas (desenho manual, medições com fita métrica e com laser, levantamento de detalhes). Assim, foi realizado um levantamento desenhado à mão levantada seja de âmbito geral (planta, cortes, alçados, perspetivas), seja de detalhes construtivos ou decorativos (aparelho de pedra, capitéis, cachorros, entre outros). Estes desenhos são fundamentais para uma compreensão geral do edifício, nomeadamente na sua relação com a envolvente e topografia, assim como nas questões de escala, proporção, luz, tectónica, materialidade. Entende-se, deste modo, o desenho manual como ferramenta indispensável de observação e de investigação (Oliveira e Ferreira, 2015) "essencial para ver, compreender e aprender a fazer" (Costa, 2007). Este levantamento foi complementado por um levantamento fotográfico exaustivo, com vista a apoiar posteriormente a reconstituição em ambiente CAD.

No que respeita ao 'levantamento digital', foi desenvolvido um método híbrido que combina fotogrametria e varrimento laser, incluindo estação total para georreferenciação (Leica ICON ICT30) e um drone (Mavic Air da DJI) para captação das coberturas. O levantamento fotogramétrico terrestre foi realizado a partir da câmara fotográfica Canon M50, em duas fases distintas: i) plano geral a partir de uma distância de c. de 7.5 metro com overlap de c. de 75%; ii) plano pormenorizado a cerca de 2 metros de modo a captar os detalhes arquitetónicos do imóvel. Por seu lado, o varrimento a laser (o BLK 360 da Leica Geosystems) do edificado captou a geometria da estrutura arquitetónica com detalhe acrescido (360 mil pontos por segundo), sendo reposicionado dezoito vezes na totalidade de forma a assegurar uma boa interpolação de pontos.

Seguidamente, prosseguiu-se à exportação da nuvem densa ('dense cloud') do modelo fotogramétrico e aéreo processado em Agisoft Metashape formato E57 para o software Autodesk ReCap. A união dos dois projetos neste software (nuvens de pontos obtidas por fotogrametria digital e por varrimento laser) foi possível graças aos marcadores de georreferenciação, tendo uma margem de erro de apenas 3mm. O modelo obtido por fotogrametria digital originou uma nuvem de pontos de 67.018.249 milhões de pontos enquanto que o varrimento a laser obteve 450 milhões. Deste modo, conseguiu-se obter um modelo tridimensional final com 5 milhões de faces, assim como vários materiais e texturas PBR (Physically Based Rendering) em formato 8k e 16k.

No caso em análise, o resultado foi positivo e a sobreposição dos resultados do levantamento digital, complementada com a informação recolhida por meio analógico, permitiu identificar desvios de mais de

30 cm, relativamente às bases desenhadas previamente existentes (DGEMN, 1954). Deste modo, integrando métodos analógicos e digitais, foi possível completar o levantamento arquitetónico (plantas, cortes e alçados) com maior rigor e detalhe relativamente às bases de conhecidas e publicadas até à data, criando-se nova documentação, mais rigorosa e fidedigna, sobre a igreja de São Pedro das Águias.

As aplicações no uso de modelos tridimensionais criados a partir da fotogrametria ou de varrimento a laser são vastas, desde que corretamente utilizadas e interpretadas (arqueologia, arquitetura, história de arte, conservação e restauro, etc.). Contudo, identificam-se também alguns limites e dificuldades no uso e disseminação dos métodos digitais: os tempos de processamento, o excessivo peso dos ficheiros, os custos dos equipamentos e software de processamento, a exigência na uniformização dos dados recolhidos e o respetivo formato de exportação, vulnerabilidade do armazenamento, entre outros (Denard, 2014). Por conseguinte, reforçamos que apesar das inúmeras possibilidades, o levantamento digital por si só não permite um rigoroso conhecimento, interpretação e registo de estruturas arquitetónicas, pelo que deverá ser complementado por metodologias analógicas de observação e compreensão do edificado. Só assim, combinando analógico e digital, conseguiremos umo efetivo conhecimento e documentação do património cultural, bem como a sua transmissão fidedigna às gerações futuras.

Nota

Artigo completo publicado no dossier do ENCORE 2020 da *Revista Al-Madan*, n.º 23, 2020.

REFERÊNCIAS

DGEMN, 1954 – **Igreja românica de S. Pedro das Águias – Tabuaço**. Boletim n.º 75. Lisboa: DGEMN.

BOTELHO, Maria Leonor, 2015 – **Mosteiro de São Pedro das Águias**. In SEBASTIAN, Luís; RESENDE, Nuno (coord.) – *Cister no Douro*. Lamego: DRCN/Museu de Lamego e Vale do Varosa. pp. 16-21.

COSTA, Alexandre Alves, 2007 – **Introdução ao estudo da arquitetura portuguesa: outros textos sobre arquitetura portuguesa.** Porto: FAUP publicações. p. 51.

DENARD, Hugh (Ed), 2014 – **Carta de Londres: para a visualização computorizada do património cultural: versão 2.1**., [Botelho, Maria Leonor & Dias, Ricardo M.]. Acessível em: http://www.londoncharter.org/

OLIVEIRA, Maria Manuel; FERREIRA, Teresa Cunha, 2015 – **Metamorfoses do Convento de São Francisco de Real: reconhecimento, análise e interpretação**. Guimarães: Lan 2PT/EAUM.

DESEMPENHO DE ARGAMASSAS COM ESCÓRIA DE FORNO PANELA, UTILIZADAS NA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS

PERFORMANCE OF MORTARS WITH LADLE FURNACE SLAG FOR REHABILITATION OF HISTORIC BUILDINGS

Tayná Fracão da Silva [(1)], Gisleiva Cristina dos Santos Ferreira [(2)], Daiana Stucki [(3)], Vanessa Ferreira Roche Pereira [(4)]

(1) Universidade Estadual de Campinas, Brasil, taynafracao@gmail.com
(2) Universidade Estadual de Campinas, Brasil, gisleiva@ft.unicamp.br
(3) Universidade Estadual de Campinas, Brasil, d148439@dac.unicamp.br
(4) Universidade Estadual de Campinas, Brasil, vanessarochee9@hotmail.com

RESUMO

O resíduo identificado como escória de forno panela (EFP), oriundo do processo de fundição de ligas metálicas (fornos de aciaria), é composto basicamente por hidróxido de cálcio (CaOH). Esse composto químico, também presente nas matrizes cimentícais, estabelece uma compatibilidade química importante entre estes dois materiais. Unindo esta possibilidade com a necessidade de utilizar materais alternativos na confecção de materiais utilizados temporariamente na construção civil, por exemplo, as argamassas de sacrífico (argamassas provisórias utilizadas em reabilitação de construções identificadas como patrimônio cultural/histórico), definiu-se o objetivo principal deste trabalho. Para isso determinou-se as propriedades físico-químicas, mecânicas e hidráulicas de argamassas de sacrifício com EFP, utilizando o teor de 35% de EFP em substituição ao cimento Portland (CP). Para melhorar a reatividade deste resíduo, também utilizou-se a cinza de casca de arroz, adição mineral com propriedades pozolânicas. Os resultados indicaram que as argamassas com EFP apresentaram comportamento semelhante aos dois traços referência (0% EFP), não apresentando alterações significativas tanto no estado fresco (densidade; retenção de água) como no endurecido (resistência à tração na flexão; resistência à compressão; massa aparente; coeficiente de capilaridade). A realização deste estudo indica a viabilidade do uso da EFP como aglomerante, o que pode melhorar os índices de sustentabilidade dos dois setores envolvidos (fundição e construção civil), além de promover uma economia circular.

Palavras-chave: Argamassa / Resíduo / Patrimônio / Construção Civil / Sustentabilidade

1. INTRODUÇÃO

Construções com interesse histórico fazem parte da identidade de uma sociedade, as quais devem ser preservadas, visando não apenas a integridade arquitetônica ou estrutural, como também suas características culturais. Nesse contexto, os esforços pela preservação dos edifícios históricos têm uma importância fundamental, principalmente frente aos diversos agentes que favorecem a degradação do mesmo, tornando-se essenciais para prolongar sua vida útil.

Um dos materiais que mais apresentam degradação nestas construções são as argamassas de revestimento, principalmente aquelas utilizadas nas fachadas. Entre as principais manifestações patológicas em argamassas de fachadas destacam-se o desplacamento, presença de biofilme, vesículas e eflorêscencia (Cincotto, 1988; Segat, 2005; Carasek, 2010).

A substituição de partes da fachada, afetadas por algum tipo de patologia, envolve um estudo físico-químico das argamassas utilizadas nestes locais, chamado de reconstituição de traço, segundo o Método do IPT, realizado a partir de amostras extraídas "in loco". Esse método é utilizado por diversos autores que necessitam de informações sobre a composição química da argamassa tanto para a identificação de manifestações patológias, como durante a substituição deste material durante restaurações (QuarcionI *et al*., 1997; Nascimento *et al*., 2009; Rodrigues, 2013).

O período que inclui a identificação das manifestações patológicas, retirada de testemunhos, análises físico-químicas e recuperação da fachada exige a aplicação de argamassas temporárias, com a função de proteger o substrato das áreas adjacentes à região deteriorada. Esse tipo de argamassa é identificado como argamassa de sacrifício (ou provisória), que ao fim do período citado é substituída pela argamassa definida através do estudo de reconstituição de traço. Segundo Arendt (1995), as principais propriedades que este tipo de argamassa deve apresentar são retenção de água no estado fresco, permitir a permeabilidade do vapor de água durante a cura no estado endurecido e estáveis quimicamente, não provocando reações químicas indesejáveis com as argamassas adjacentes e substrato. Sendo assim, as argamassas de sacrifício devem ser estanques como as argamassas com cimento Portland e permeáveis como as argamassas compostas com cal.

Neste contexto, está inserido o foco deste trabalho, ou seja, a incorporação de resíduos da escória de forno panela (EFP) em argamassas de sacrifício, afim de reduzir os custos e trazer sustentabilidade às obras de reabilitação de edifícios históricos.

A escória de forno panela (EFP), resíduo sólido oriundo das atividades do setor siderúrgico, é composta basicamente por óxidos de cálcio (hidratados ou não). A EFP é proveniente dos fornos de aciaria, os quais são utilizados no processo secundário de refino do aço para construção civil, que utiliza a sucata como principal matéria-prima, o que resulta em lotes com alta heterogeneidade (Rodriguez *et al*., 2009; Anastasiou, Papayianni, Papachristoforou, 2014; Vilaplana *et al*., 2015). Além da influência da matéria-prima utilizada, os lotes de EFP também apresentam variações devido os processos de resfriamento e segregação que são submetidos. Estes processos resultam em diferenças relacionadas aos aspectos físicos (granulometria) e composição química (teores de óxido de cálcio (CaO) e de dióxido de silício (SiO2)) (Barbosa, 2013).

Atualmente, o setor siderúrgico brasileiro gera cerca de 21 milhões de toneladas anuais de escórias (de alto-forno, de aciaria, de forno panela), o que resulta em aproximadamente 607 kg a cada tonelada de aço produzido (IABr, 2018).

No âmbito internacional, os principais países geradores de escórias são os EUA com 19 milhões de toneladas (USGS, 2019); o Japão com 14 milhões (NSA, 2017); os países europeus com 21 milhões de toneladas (EUROSLAG,

2012) e a China com 100 milhões de toneladas (Guo, Bao, Wang, 2018).

A principal justificativa sobre os estudos da EFP como material de construção é o alto teor de óxidos de cálcio (CaO), ou seja, cal aérea, aglomerante muito utilizado nas argamassas aplicadas nas construções históricas, favorecendo a compatibilidade química (Gameiro *et al.*, 2014; Herrero *et al.*, 2016; Setién, Hernández, González, 2009; Shi *et al.*, 2015).

Vários estudos já foram desenvolvidos sobre a o uso da EFP como aglomerante, agregado e também como material ativador de adições pozolânicas (metacaulim e cinza de casca de arroz), a depender dos aspectos físico-químicos de cada lote (Rodriguez *et al.*, 2009; Manso *et al.*, 2011; Anastasiou, Papayianni, Papachristoforou, 2014; Vilaplana *et al.*, 2015; Roslan *et al.*, 2016; Herrero *et al.*, 2016; Jiang *et al.*, 2018; Sideris *et al.*, 2018; Pereira, 2018).

Rodriguez *et al.* (2009) estudaram a substituição de 30% de cimento Portland por EFP e 20% de areia por EFP na fabricação de argamassa. Como principal resultado deste estudo pode-se destacar o aumento do tempo de pega em relação às argamassas sem EFP.

Manso *et al.* (2011) continuaram os estudos de Rodriguez *et al.* (2009), realizando ensaios para determinar a durabilidades das argamassas com EFP. As argamassas foram submetidas a agentes prejudiciais, ou seja, ataque de sulfatos e ambientes agressivos (marinhos e gasosos). Os resultados obtidos permitiram afirmar que a argamassa com EFP apresentou maior resistência mecânica e maior durabilidade que a argamassa sem EFP, levando a um produto de alta qualidade que satisfaz o padrão aos requisitos aplicáveis às argamassas: densidade, resistência, porosidade e permeabilidade.

Herrero *et al.* (2016) realizaram a caracterização de dois lotes de EFP e depois produziram pastas e argamassas com substituição de 10% e 20% do cimento Portland com os dois lotes de EFP. Estes materiais foram submetidos a ensaios para determinar a porosidade, expansibilidade, resistência mecânica e durabilidade (resistência a ciclos de molhamento e secagem). O estudo apontou que as amostras de EFP apresentam relativa reatividade hidráulica e sua adição parcial não proporciona efeitos negativos sobre o desempenho mecânico e trabalhabilidade (propriedades fundamentais de pastas e argamassas). Além de que a incorporação de EFP nas aplicações do setor da construção civil contribui na sustentabilidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

A Tabela 1 apresenta a identificação e respectiva origem das amostras de EFP e demais materiais utilizados na confecção das argamassas utilizadas na pesquisa.

Tabela 1 – Principais materiais utilizados na confecção das argamassas e respectivas origens

Material	**Sigla**	**Origem/Tipo**	**Localização**
Água	-	Rede de abastecimento	Limeira, SP
Cimento	CP V-ARI	Indústria do Brasil	Região de Limeira, SP
Aditivo	-	Superplastificante	-
Areia quartzosa	AQ-M AQ-F	Depósitos de materiais de construção	Região de Limeira, SP
Cinza de Casca de Arroz	CCA	Indústria do Brasil	Indústria do Brasil
Escória de forno panela (EFP)	A1 A3	Indústria do setor siderúrgico	São Paulo Minas Gerais

Nesta pesquisa foi possível estudar duas amostras distintas de EFP, diferenciadas principalmente pelo método

de resfriamento:

A1: resfriamento ao ar;

A3: resfriamento por pelotização.

Inicialmente, as amostras A1 e A3 foram secas em estufa a 105 ^{0}C e resfriadas em temperatura ambiente. Devido à heterogeneidade granulométrica apresentada pelas amostras de EFP (Figura 1), adotou-se uma metodologia para o pré-processamento das amostras, conforme indicações de Papayianni e Anastasiou (2012):

a) separação da parcela retida na peneira com abertura de 1,18 mm;
b) moagem da parcela passante na peneira com abertura de 1,18 mm, utilizando moinho-de-bolas (ciclos de 15 min para cada 400 g de EFP).

A etapa de moagem foi realizada em moinho MA500 (velocidade de 200 RPM) com jarro de cerâmica de alumina (capacidade de 1 litro) e 40 bolas cerâmicas de 20 mm de diâmetro. A Figura 2 ilustra as diferenças em relação à textura entre as duas amostras de EFP (A1 e A3), após etapas "a e b" de pré-processamento, ou seja, peneiramento e moagem do material.

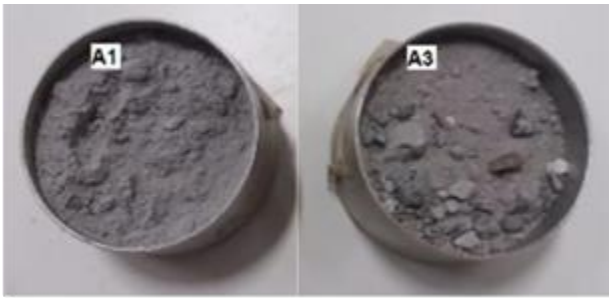


Figura 1 – Amostras de EFP1[1] brutas, antes do processamento

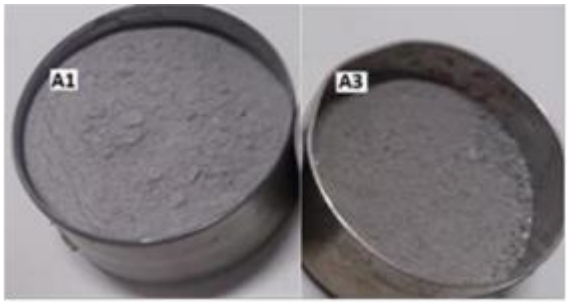


Figura 2 – Amostras de EFP[1] após as etapas de pré-processamento (peneiramento e moagem)

Para determinar a viabilidade da produção de argamassas com substituição parcial do cimento Portland por EFP as amostras de EFP foram submetidas a ensaios de densidade, granulometria, Fluorescência de Raio X (FRX) e Perda ao fogo (Tabela 2).

Tabela 2 – Ensaios de caracterização físico-química das amostras de EFP

Ensaio	Norma	Objetivo
Densidade	ABNT NBR 16605:2017	Determinar a densidade da amostra
Granulometria a laser	-	Granulometria e finura
Fluorescência de Raio X (FRX)	-	Composição química
Perda ao fogo	-	Materiais orgânicos

[1] Termo em inglês: LFS (Ladle Furnace Slag).

A composição granulométrica das amostras de EFP foram realizadas pelo método de difração a laser no equipamento Mastersizer 2000 da Malvern do Instituto de Ciência e Tecnologia do Concreto (ICITECH) da Universidade Politécnica de Valência, na Espanha. Para a realização do ensaio, foi adicionado cerca de 0,15 g de EFP em um béquer e misturado a 50 ml de água com o auxílio de um misturador de bancada RW20 (IKA), com rotação mantida em 1.000 RPM durante 1 minuto. A mistura contendo o resíduo em suspensão foi transferida para o reservatório de análise do granulômetro, onde foi detectada por ultrassom a granulometria.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios X (FRX). O ensaio foi realizado nas amostras de EFP prensadas, na calibração STD-1 (Standardless), referente a análise sem padrões dos elementos químicos na faixa entre o flúor e o urânio, em espectrômetro de Fluorescência de Raios X da marca PANalytical, modelo Zetium situado no Laboratório de Caracterização Tecnológica – (LCT) do Departamento de Minas e de Petróleo na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Também foi realizado ensaio de perda ao fogo (PF) a 1200 ^{0}C por 2 h.

2.2. Metodologia

Segundo Loureiro *et al.* (2020) argamassas com alto teor de aglomerantes não são adequadas para uso em restauros devido a alta retração e resistência mecânica. A partir de tais características foi definido o traço em estudo, em que foi considerado um maior consumo de areia em proporção ao cimento. Na presente pesquisa todas as argamassas são compostas por 10% de Cinza de Casca de Arroz (CCA), adição mineral que tem como função melhorar a reatividade da escória de forno panela (EFP) em matrizes cimentícias, em substituição ao cimento Portland (CP). O teor de 35% de substituição de CP por EFP foi baseado em pesquisas já realizadas em pastas cimentícias, em que o melhor comportamento ficou entre 30 e 40% de substituição. Também foi utilizado aditivo superplastificante (S). Abaixo há a descrição do traço (Tabela 3):

Tabela 3 – Descrição do traço utilizado na pesquisa

Composição da argamassa	**Tipo de aglomerante**	**Aglomerante-agregado**	**Tipo de agregado**
C-1:6	Cimento	1:6	Areia

A relação água/cimento foi definida em função do ensaio de Flow table (NBR 13276:2016), considerando uma consistência normal de 160 mm (± 5 mm). Os resultados são apresentados na Tabela 4

Tabela 4 – Traço de argamassa com EFP+CP+CCA

Amostra de EFP	**C-1:6**	**Flow Table (mm)**	**Relação a/agl.**
-	REF	160,80	1,00
-	REF+S	158,00	0,93
A1	35EFP	170,00	1,00
A1	35EFP3+S	162,00	0,94
A3	35EFP	161,00	1,03
A3	35EFP+S	164,00	1,00

Considerando os resultados dos ensaios de Flow table, obteve-se as relações água/cimento do traço 1:6, as quais estão apresentadas na Tabela 5, juntamente com o detalhamento das proporções dos materiais do traço em estudo.

Tabela 5 – Traço de argamassa proposto nesta pesquisa e respectivas proporções dos materiais

Traço – C-1:6	Porpoção
REF*	**1:6:1** (CP+CCA:areia:a/c)
REF+S*	**1:6:0,93:0,015%** (CP+CCA:areia:a/c:S)
A1-35EFP**	**0,65:0,35:6:1** (CP+CCA:EFP:areia:a/c)
A1-35EFP3+S**	**0,65:0,35:6:0,94:0,015%** (CP+CCA:EFP:areia:a/c:S)
A3-35EFP**	**0,65:0,35:6:1,03** (CP+CCA:EFP:areia:a/c)
A3-35EFP+S**	**0,65:0,35:6:1:0,015%** (CP+CCA:EFP:areia:a/c:S)

* A proporção de 1 parte de cimento Portland corresponde a 0,9 CP V-ARI + 0,10 CCA;
** A proporção de 0,65 parte de cimento Portland corresponde a 0,55 CP V-ARI + 0,10 CCA.

As argamassas foram confeccionadas com EFP, as quais foram submetidas aos ensaios nos estados fresco e endurecido, descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Normas e respectivos ensaios realizados no estado fresco e endurecido

Norma	Ensaio
ABNT NBR 13276:2016	Consistência normal pelo método de Flow table
ABNT NBR 13277:2005	Retenção de água
ABNT NBR 13278:2005	Teor de ar incorporado e densidade
ABNT NBR 13279:2005	Resistência à tração na flexão e compressão simples
ABNT NBR 13280:2005	Massa aparente no estado endurecido
ABNT NBR15259:2005	Coeficiente de capilaridade

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização dos materiais

A Tabela 7 apresenta a composição química das amostras de EFP e CCA utilizados na pesquisa, obtidos conforme análises de FRX.

Tabela 7 – Composição química das amostras de EFP e CCA

EFP/Referências	CaO	Fe_2O_3	SiO_2	MgO	MnO	$3Al_2O_3$	SO_3	F	TiO_2	Na_2O	K_2O	PF (%)
1	54,20	3,40	11,50	8,80	2,68	1,32	1,93	0,59	0,29	0,09	0,11	14,50
3	52,30	14,50	16,50	6,82	1,12	3,28	1,78	1,93	0,36	0,13	0,12	GF*
CCA	1,70	-	88,90	1,20	-	1,30	-	-	-	-	6,00	-

* GF: Ganho ao fogo

Os óxidos de cálcio, de silíca, de ferro e de magnésio representam 77,90 e 90,12% da massa total das amostras 1 e 3, respectivamente. Esses valores corroboram a composição química de amostras de EFP estudadas por vários autores (Faleschini *et al.*, 2015; Pellegrino *et al.*, 2013; Vilaplana *et al.*, 2015; Yildirim e Prezzi, 2017). Pellegrino *et al.* (2013) destacam que a presença de óxidos de magnésio e de cálcio, pode causar reações químicas expansivas na presença da água e afetar a estabilidade física da matriz cimentícia. Isso ocorre porque o óxido de cálcio, em contato com água, se hidrata rapidamente devido às reações rápidas de expansão, enquanto o óxido de magnésio reage de forma mais lenta, resultando em expansão tardia.

Outro fator importante a ser observado é que a amostra A1 apresentou perda ao fogo de 14,50% e a A3, ao

contrário, apresentou ganho ao fogo (GF), ou seja, ganho de massa, quando exposta à temperatura de 1200 ^{0}C. O ganho ao fogo pode ser atribuído à oxidação de alguns minerais presentes nas amostras. Lemos (2010) verificou um aumento de massa na amostra de EFP devido à oxidação do enxofre, já na pesquisa de Bravo e Silva (2017) também ocorreu o GF, mas devido à oxidação de metais como o alumínio e ferro. A composição química da amostra A3 apresenta 14,50% do composto Fe_2O_3, enquanto na amostra A1 ocorre apenas 3,40% deste composto. Portando, atribui-se o ganho ao fogo da amostra 3 ao maior teor de ferro (Fe_2O_3).

A Tabela 8 apresenta os valores de massa específica dos materiais utilizados nas argamassas (EFP, cimento Portland e CCA). Os valores de massa específica determinados para as amostras (A1 e A3) estão coerentes com a literatura. Com base nos estudos de YI *et al.* (2012) a massa específica das escórias é mais elevada que a de outros materiais naturais, variando entre 3,00 e 3,60 g/cm³. Marinho (2015) apresenta massa específica de 2,83 g/cm³ para sua amostra de escória de forno panela e nos estudos de Herrero *et al.* (2016) a massa específica da EFP é de 2,75 g/cm³. A variação de massa específica da EFP pode ser justificada em função do tempo de armazenamento (Herrero *et al.*, 2016), tipo de resfriamento e composição química (Setién, Hernández e González, 2009; Yi *et al.*, 2012).

Ao comparar os valores das escórias, verifica-se que a amostra A3 apresentou valor similar ao do CP V-ARI (aglomerante hidráulico). Já a amostra de CCA apresentou o menor valor de massa específica (2,12 g/cm^3), o que era esperado para o tipo de pozolana (material orgânico calcinado).

Tabela 8 – Caracterização física dos materiais aglomerantes utilizados nas argamassas propostas.

	A1	**A3**	**Cimento Portland**	**CCA**
Massa específica (g/cm³)	2,76	3,07	3,12	2,12

As curvas granulométricas obtidas para as duas amostras de EFP, pelo método de Granulometria a laser são apresentadas na Figura 3, juntamente com a curva da CCA.

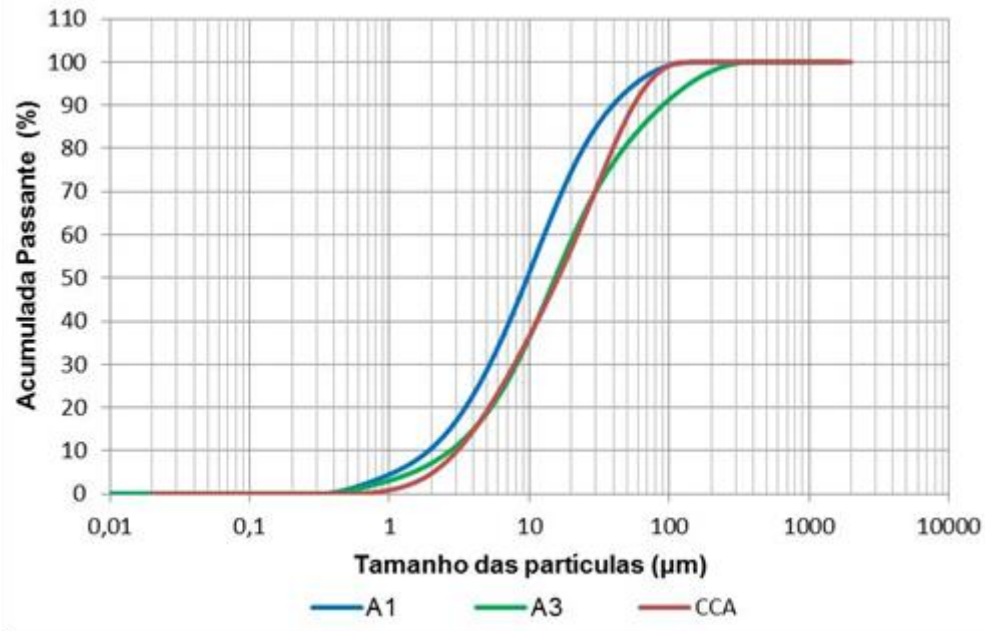


Figura 3 – Curva granulométrica das amostras de EFP

Os principais dados extraídos da Figura 3 estão apresentados na Tabela 9 ($D_{(0.1)}$; $D_{(0.5)}$; $D_{(0.9)}$; DM), respectivamente, diâmetro correspondente a 10% do material passante; diâmetro correspondente a 50% do material passante; diâmetro correspondente a 90% do material passante e diâmetro médio. A amostra A3 apresenta praticamente

a mesma granulometria da CCA para o diâmetro correspondente a 10% do material passante. Esta característica da amostra A3 contribui para a ativação da sua hidratação, juntamente com o cimento Portland. Já a amostra A1 apresentou características de material ainda mais fino do que a cinza de casca de arroz (CCA), o que pode ser justificado pelo tipo de resfriamento desta amostra (ao ar).

Tabela 9 – Diâmetro médio característico das amostras de EFP e da CCA

Amostras	Unidade (µm)			
	D (0.1)	D (0.5)	D (0.9)	Diâmetro médio (DM)
A1	2,15	93,73	44,57	18,46
A3	3,07	81,51	101,65	35,22
CCA	3,04	16,07	55,60	-

3.2. Caracterização das argamassas

3.2.1. Parâmetros das argamassas obtidos no estado fresco

A Tabela 10 apresenta os resultados dos ensaios de densidade no estado fresco e retenção de água das argamassas.

Tabela 10 – Resultados dos ensaios no estado fresco das argamassas

Traço C-1:6	Densidade no estado fresco (kg/m^3)	Retenção de água (%)
REF	1791,00	90,00
REF+S	1706,00	90,00
A1-35EFP	1825,00	79,00
A1-35EFP3+S	1793,00	90,00
A3-35EFP	1794,00	89,00
A3-35EFP+S	1813,00	90,00

As argamassas A1-35EFP3+S e A3-35EFP apresentaram praticamente os mesmos valores de densidade no estado fresco que a argamassa referência, o que indica que as duas amostras de EFP (A1 e A3) podem ser utilizadas como material aglomerante, sem alterar tal propriedade. A argamassa com a amostra A1 precisou do uso de superplastificante devido apresentar maior porcentagem de material fino, o que resulta em maior consumo de água.

Em relação à retenção de água os resultados indicaram que a presença da escória não alterou o comportamento das argamassas em relação ao traço referência, visto que as argamassas com ou sem EFP apresentaram o mesmo valor. Esse comportamento pode ser justificado pelas propriedades aglomerantes da escória, semelhantes a da cal hidratada, muito utilizada em argamassas de revestimento. Deve-se destacar que o teor de aglomerantes interfere diretamente na retenção de água das argamassas, devido a necessidade de maior quantidade de água para manter a trabalhabilidade.

3.2.2. Parâmetros das argamassas obtidos no estado endurecido

Após os ensaios de caracterização no estado fresco, os corpos de prova de argamassa foram submetidos à cura em ambiente com controle de umidade e temperatura durante 28 dias. Após este período, foram submetidos aos ensaios de relacionados aos parâmetros do estado endurecido, ou seja, coeficiente de capilaridade, massa aparente no estado endurecido, resistência à tração na flexão e compressão simples. A Tabela 11 apresenta estes resultados.

Tabela 11 – Resultados dos ensaios no estado endurecido das argamassas

Traço C-1:6	Coef. de capilaridade	Massa aparente no estado endurecido	Resistência à tração na flexão	Resistência à compressão
	(g/dm².min$^{1/2}$)	(kg/m³)	Rt (MPa)	Rc (MPa)
REF	1,00	2126,00	4,20	13,60
	*1,1/110,0	*22,54/10,6	*0,06/1,0	*0,48/3,6
REF+S	0,30	2090,00	4,30	14,20
	*0,00/6,0	*14,15/0,7	*0,07/1,0	*0,42/3,0
A1-35EFP	0,80	2089,00	2,20	4,90
	*0,49/62,0	*23,07/1,1	*0,06/0,0	*0,14/3,0
A1-35EFP3+S	0,70	2103,00	2,00	3,70
	*0,43/40,0	*2,31/0,1	*0,09/1,0	*0,28/5,5
A3-35EFP	1,10	2086,00	2,40	5,10
	*0,06/8,0	*8,50/0,4	*0,12/1,0	*0,27/7,0
A3-35EFP+S	1,10	2063,00	2,00	4,00
	0,25/23,0	*16,26/0,8	*0,20/4,0	*0,21/5,3

*DP (DEs*DP (Desvio Padrão)/CV (coeficiente de variação:%)

Em relação aos parâmetros de coeficiente de capilaridade e massa aparente no estado endurecido, as argamassas com EFP tiveram comportamento semelhante, ou seja, não ocorreram interferências significativas em relação ao traço referência. Entretanto, o coeficiente de capilaridade da argamassa referência com superplastificante foi muito baixo (0,30), o que pode ser justificado por erros durante a execução do ensaio. Já em relação à massa aparente no estado endurecido, os resultados indicaram que as amostras de escória de forno panela, não interferiram nos resultados, principalmente em relação a amostra A3.

Para resistência à tração na flexão, os traços com EFP apresentaram uma redução média de 50% em relação aos traços referência. Já para resistência à compressão simples, a redução média foi de 70%. Gameiro *et al.* (2014) atribui a redução na resistência mecânica em argamassas de 28 a 90 dias a instabilidade do aluminato de cálcio hidratado na presença de cal livre. No entanto, espera-se que a mesma desapareça após o consumo total de cal, por reação pozolânica ou de carbonatação. Com este relato, conclui-se que o desempenho das argamassas com EFP depende essencialmente do período de cura.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho inferiram as seguintes conclusões:

As argamassas com EFP apresentaram comportamento semelhante, comparando o traço de argamassas com EFP (amostras A1 e A3) e estes com os respectivos traços referência. Estes resultados podem ser explicados pela maior ativação pozolânica, proporcionada pela EFP, na presença da cinza de casca de arroz – CCA;

Pode-se destacar que o teor de 35% de EFP não alterou algumas propriedades das argamassas, por exemplo, coeficiente de permeabilidade, densidade no estado endurecido e retenção de água. Deve-se ressaltar que estas propriedades influenciam consideravelmente no desempenho das argamassas de revestimento, e acabam por serem mais importantes do que as propriedades mecânicas.

Como consideração final deve-se destacar a necessidade de caracterização de cada lote de EFP antes de sua aplicação, pois apresentam heterogeneidades em relação aos aspectos físico-químicos. Estas características

podem ser justificadas pelos processos que cada indústria adota nas etapas de produção, retirada, segregação e armazenamento da escória, além da matéria prima utilizada.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 13276:2016 – **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro: Associação Brasileiras de Normas Técnicas.

ABNT NBR 13277:2005 – **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água**. Rio de Janeiro: Associação Brasileiras de Normas Técnicas.

ABNT NBR 13278:2005 – **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**. Rio de Janeiro: Associação Brasileiras de Normas Técnicas.

ABNT NBR 13279:2005 – **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro: Associação Brasileiras de Normas Técnicas.

ABNT NBR 13280:2005 – **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido**. Rio de Janeiro: Associação Brasileiras de Normas Técnicas.

ABNT NBR 15259:2005 – **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade**. Rio de Janeiro: Associação Brasileiras de Normas Técnicas.

ABNT NBR 16605:2017 – **Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro: Associação Brasileiras de Normas Técnicas.

ANASTASIOU, E. K.; PAPAYIANNI, I.; PAPACHRISTOFOROU, M., 2014 – **Behavior of self compacting concrete containing ladle furnace slag and steel fiber reinforcement**. *Materials & Design*. v. 59, p. 454-460, 2014.

ARENDT, C., 1995 – **A utilização de reboco de recuperação e medidas de combate aos sais – métodos de tratamento de alvenarias deterioradas**. Tradução: Hélio Adão Greven. In: Seminário sobre recuperação de obras históricas de engenharia e arquitetura: avaliação do estado de conservação, análise, diagnóstico e terapia. Porto Alegre: UFRGS.

BARBOSA, M. R., 2013 – **Caracterização geoambiental da escória de aciaria de cinco estados brasileiros**. Dissertação de Mestrado. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto.

BRAVO, L. F. R.; SILVA, E. R. da, 2017 – **Influência do tempo e da temperatura na oxidação dos aços SAE 1020 E SAE 304.** Rio Verde: Universidade de Rio Verde.

CARASEK, H., 2010 – **Argamassas**. In: ISAIA, G. C (Org.) – *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 2.ª ed. São Paulo: IBRACON. Vol.1. p. 893-943, 2010.

CINCOTTO, M. A., 1988 – **Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações.** In: Tecnologia de edificações. São Paulo: Pini.

EUROSLAG, 2012 – **Statistics**. Disponível em: < https://www.euroslag.com/products/statistics/statistics-2012/>. Acesso em 05 dezembro de 2019.

FALESCHINI, F. *et al*., 2015 – **High performance concrete with electric arc furnace slag as aggregate: mechanical and durability properties**. *Construction and Building Materials.* v. 101 p. 113-121, 2015.

GAMEIRO, A. *et al*., 2014 – **Physical and chemical assessment of lime-metakaolin mortars: influence of binder: aggregate ratio**. *Cement & Concrete Composites*. v. 45, p. 264-271, 2014.

GUO, J.; BAO, Y.; WANG, M., 2018 – **Steel slag in China: Treatment, recycling, and management**. *Waste Management*. v. 78, p. 318-330, 2018.

HERRERO, T. *et al.,* 2016 – **Effect of high-alumina ladle furnace slag as cement substitution in masonry mortars**. *Construction and Building Materials*. v. 123, p. 404-413, 2016.

INSTITUTO AÇO BRASIL, 2018 – **Relatório de sustentabilidade**. Disponível em: < http://www.acobrasil.org.br/sustentabilidade/>. Acesso em 03 setembro de 2019.

JIANG, Y. *et al*., 2018 – **Characteristics of steel slags and their use in cement and concrete – A review. Resources**. *Conservation & Recycling*. v. 136, p. 187-197, 2018.

LOUREIRO, A. M. S. *et al*., 2020 – **Investigation of historical mortars from Belém do Pará, Northern Brazil**. *Construction and Building Materials*. v. 233, p. 117284-117299, 2020.

LEMOS, B. R. S., 2010 – **Oxidação de sulfetos promovida por materiais carbonáceos ativados**. Belo Horizonte: Universidade Federeal de Minas Gerais, 2010.

MANSO, J. M. *et al.,* 2011 – **The durability of masonry mortars made with ladle furnace slag**. *Construction and Building Materials.* v. 25, n. 8, p. 3508-3519, 2011.

MARINHO, A. L. B., 2015 – **Aglomerante ecológico para argamassa – reciclagem da escória de forno panela**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2015.

NASCIMENTO, C. B. do *et al*., 2009 – **Método de caracterização de argamassas históricas: proposição e estudos de caso**. Buenos Aires.

NIPPON SLAG ASSOCIATION, 2017 – **Production and uses of steel slag in Japan**. Disponível em: < slg.jp/pdf/Steel%20Slag%202017FY%20rev.pdf>. Acesso em 05 dezembro de 2019.

PAPAYIANNI, I.; ANASTASIOU, E., 2012 – **Effect of granulometry on cementitious properties of ladle furnace slag**. *Cement and Concrete Composite*. v. 34, n. 3, p. 400-407, 2012.

PELLEGRINO, C. *et al.,* 2013 – **Properties of concretes with black/oxidizing electric arc furnace slag aggregate.** *Cement and Concrete Composites*. v. 37, n. 1, p. 232-240, 2013.

PEREIRA, V. F. R., 2018 – **Utilização de escória de Forno Panela da indústria siderúrgica em matrizes cimentícias**. Dissertação de Mestrado: Universidade Estadual de Campinas.

QUARCIONI, V. A. *et al.,* 1997 – ***Reconstituição de traço de argamassas: aplicações e limitações da análise química. Salvador***. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas.

QUARCIONI, V. A.; CINCOTTO, M. A., 1998 – **Reconstituição de traço de argamassas: atualização do método IPT**. São Paulo: Universidade de São Paulo.

RODRIGUES, P. A., 2013 – **Caracterização das argamassas históricas da ruína de São Miguel Arcanjo/RS**. Santa Maria; Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Santa Maria.

RODRIGUEZ, Á. *et al*., 2009 – **Strength and workability of masonry mortars manufactured with ladle furnace slag. Resource**. *Conservation and Recycling*. v. 53, n. 11, p. 645-651, 2009.

ROSLAN, N. H. *et al.,* 2016 – **Performance of steel slag and steel sludge in concrete.** *Construction and Building Materials*. vol. 104, Elsevier, p. 16-24, 2016.

SCIENCE FOR A CHANGING WORLD, 2019 – **Iron and steel slag**. Disponível em: < https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/mcs-2019-fesla.pdf>. Acesso em 05 dezembro de 2019.

SEGAT, G. T., 2005 – **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul (RS)**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SETIÉN, J.; HERNÁNDEZ, D.; GONZÁLEZ, J. J., 2009 – **Characterization of ladle furnace basic slag for use as a construction material**. *Construction and Building Materials*. N.º 5, vol. 23, Elsevier, p. 1788-1794.

SHI, Y. *et al*., 2015 – **Preliminary investigation on the pozzolanic activity of superfine steel slag**. Construction and Building Materials. v. 82, p. 227-234, 2015.

SIDERIS, K. K *et al*., 2018 – **Mechanical characteristics and durability of self compacting concretes produced with ladle furnace slag**. *Construction and Building Materials*. v. 170, p. 660-667, 2018.

VILAPLANA, A. S.-de-G. *et al*., 2015 – **Utilization of ladle furnace slag from a steelwork for laboratory scale production of Portland cement**. *Construction and Building Materials*. v. 94, p. 837-843, 2015.

YI, H. *et al*., 2012 – **An overview of utilization of steel slag**. *Procedia Environmental Sciences*. v. 16, p. 791-801, 2012.

YILDIRIM, I. Z.; PREZZI, M., 2017 – **Experimental evaluation of EAF ladle steel slag as a geo-fill material: mineralogical, physical e mechanical properties**. *Construction and Building Materials*. v. 154, p. 23-33.

eCOStly – PLATAFORMA PARA A AVALIAÇÃO DA VIDA ÚTIL DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

eCOStly – A WEB-BASED PLATFORM FOR EVALUATION OF BUILDING SERVICE LIFE

Paulo Ribeirinho [(1)], Fernanda Rodrigues [(2)], Raquel Matos [(3)], Hugo Rodrigues [(4)]

(1) RISCO, Departamento de Engenharia civil, Universidade de Aveiro, Portugal, ribeirinhosoarespaul@sapo.pt
(2) RISCO, Departamento de Engenharia civil, Universidade de Aveiro, Portugal, mfrodrigues@ua.pt
(3) RISCO, Departamento de Engenharia civil, Universidade de Aveiro, Portugal, rvpm@ua.pt
(4) RISCO, Departamento de Engenharia civil, Universidade de Aveiro, Portugal, hrodrigues@ua.pt

RESUMO

A avaliação e gestão do ciclo de vida das construções é atualmente uma preocupação dos respetivos intervenientes, especialmente no que concerne às intervenções de reabilitação e de manutenção. Considera-se que a informação relativa à análise do tempo de vida útil é crucial para a tomada de decisões para intervir e para a prévia adequação dos planos de manutenção, determinados pelas condições locais de utilização e o custo do ciclo de vida. Assim, este trabalho, teve como principais objetivos calcular a vida útil dos materiais e elementos construtivos de um edifício objeto de reabilitação e, de modo a facilitar este cálculo, desenvolver uma plataforma web de cálculo automático da respetiva vida útil estimada, baseado no método fatorial, para a aplicação em planos de manutenção e avaliação do custo da manutenção ao longo do ciclo de vida das construções. Para o desenvolvimento desta plataforma, foi considerado um caso de estudo e cada elemento fonte de manutenção identificado, tendo por base os dados recolhidos sobre as ações de manutenção preventiva e reativa desenvolvidas ao longo do tempo, em edifícios da empresa a quem pertence o caso de estudo. Com base no edifício objeto de estudo, foi desenvolvida uma plataforma web-based, eCOStly, que possibilita a avaliação da vida útil estimada de materiais e de soluções construtivas, bem como a estimativa dos seus custos de manutenção ao longo de um tempo pré-determinado pelo utilizador e a obtenção dos respetivos planos de manutenção, de forma rápida e automática.

Palavras-chave: Ciclo de Vida / Custo do Ciclo de Vida / Manutenção / Gestão Sustentável / eCOStly

1. INTRODUÇÃO

Após um período de significativa contração do mercado, o sector da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) evidencia uma recuperação desde 2017. Ainda assim, de acordo com o Jornal da Construção, o crescimento no sector em 2018 em Portugal era de 3.5 %, enquanto que em Países da Europa de Leste verificava-se um crescimento mais acentuado, como é o caso da Hungria com um crescimento de 24,7 % (EFCFA, 2018). Dado o estado de degradação de mais de um milhão de edifícios (INE, 2017), ainda que o processo de reabilitação urbana em Portugal esteja em evolução, existe urgência na requalificação dos centros urbanos com um compromisso entre a manutenção e a sua monitorização (INE, 2017). Ainda assim, existe uma grande preocupação na aplicação da reabilitação e manutenção pela falta de informação sobre o ciclo de vida dos materiais, o que leva a que estes processos sejam complexos e onerosos (Rodrigues *et al.*, 2019).

A manutenção dos edifícios durante décadas consistiu essencialmente em ações reativas, baseadas em critérios subjetivos, que comprometiam, em determinadas situações, a segurança dos utilizadores. O planeamento de estratégias de manutenção requer o desenvolvimento de uma ferramenta rigorosa que ajude os técnicos nas tomadas de decisão sobre como e quando intervir (Silva *et al*., 2019). Portanto, o principal objetivo deste trabalho é propor uma ferramenta web-based de cálculo automático da vida útil estimada de elementos construtivos fonte de manutenção e, ainda, validar esta ferramenta para a obtenção de planos de manutenção e na avaliação dos respetivos custos do ciclo de vida.

Assim, neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia de trabalho que seguiu os seguintes passos:

1. Estudo comparativo entre os custos reais recolhidos de ações de manutenção preventiva e reativa.
2. Validação do pressuposto de que a manutenção preventiva prolonga a vida útil dos edifícios e diminui o seu custo do ciclo de vida.
3. Desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à estimativa da vida útil – eCOStly.

Na próxima secção, são abordados alguns conceitos fundamentais para se perceber a metodologia aplicada, tais como o Building Life Cycle Management, reabilitação, renovação, manutenção e gestão da manutenção.

2. REVISÃO

Manutenção, Reabilitação, Renovação e Reconstrução – Primeiramente é importante distinguir conceitos como a reabilitação, renovação e reconstrução de edifícios e, tendo em conta a inexistência de ações de manutenção ao longo dos anos que levaram a um estado de degradação generalizado (Teixeira, 2011) é também essencial abordar o conceito de manutenção.

A manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, levadas a cabo num edifício, com o fim de manter ou devolver aos elementos e componentes um estado que lhes permita desempenhar as funções para que foram projetados (ISO 15686-1: 2011). A reabilitação é qualquer ação de modificação ou de melhoria implementada num edifício existente de forma a que o seu desempenho se torne aceitável (ISO 15686-1: 2000). É reconhecida como uma necessidade para a qual convergem oportunidades de desenvolvimento económico, salvaguarda de bens culturais e patrimoniais. A renovação é muito similar à reabilitação, no entanto, envolve mudanças nas características originais do edifício, e a substituição de partes ou sistemas inteiros para otimizar o desempenho do edifício. Por sua vez, reconstrução consiste na construção de um novo edifício após o original ter sido completa ou parcialmente demolido (Cho, 2016).

Nas últimas décadas, a manutenção dos edifícios tem sido globalmente reconhecida como um assunto de larga importância devido ao crescente número de edifícios degradados (Rodrigues-b *et al.*, 2018). A diminuição do

nível de desempenho dos edifícios devido à sua degradação generalizada afeta a qualidade de vida dos habitantes, o que resulta num gasto excessivo quer em termos de custos quer em termos de esforço para os reabilitar (Kwon *et al.*, 2020).

Gestão do Ciclo de Vida do Edifício/Building Life Cycle Management (BLCM) – A atividade de construção envolve processos longos e complexos, o que leva à necessidade de se recorrer a uma coordenação eficaz e eficiente dos diferentes recursos para que haja a possibilidade de atender aos requisitos pré-estabelecidos. Assim, gerir um projeto de construção/reabilitação é realizar o planeamento de todas as suas fases e avaliar os impactes e custos a curto e a longo prazo, possibilitando antecipar decisões que garantam a sua execução (Marteinsson, 2005). Surge assim, o conceito do BLCM, como sendo uma metodologia constituída pelo planeamento, construção, operação e manutenção do edifício durante o seu ciclo de vida. Esta metodologia engloba todas as fases do processo de construção e usa as novas tecnologias e meios de digitalização para criar, gerir e partilhar informação sobre o edifício (Rodrigues-a *et al.*, 2018). Consiste também, em relacionar a avaliação do ciclo de vida e do custo do ciclo de vida, de forma a que os técnicos comparem soluções e adotem uma solução ótima, isto é, mais sustentável e menos gravosa economicamente (Saaksvuori, 2008).

Avaliação do ciclo de vida do edifício (ACV) e Avaliação do Custo do Ciclo de Vida (CCV) – Enquanto que o sector da construção tradicional tem sido guiado fundamentalmente pelos custos das intervenções, hoje em dia, devido aos efeitos das alterações climáticas, é importante incluir a avaliação do ciclo de vida do edifício devido ao seu impacte no meio ambiente (Yu *et al.*, 2020). Globalmente, a construção é responsável por cerca de 30-40% da emissão dos gases de efeito de estufa diretamente e indiretamente através do ciclo de vida dos edifícios. Além disso, aproximadamente 70-80% dos gases com efeito de estufa que são produzidos ao longo do ciclo de vida das construções, são produzidos essencialmente na fase de construção e de manutenção, sendo a fase de demolição responsável pela restante percentagem, (Cho *et al*., 2016). A ACV é uma metodologia que permite investigar e avaliar os impactes de um material, produto, processo ou serviço ao longo da sua vida útil (Salgado*, et al*., 2020; Cosola *et al.*, 2020) e pode ser aplicada para melhorar o respetivo desempenho ambiental (Cabeza *et al.*, 2014). Esses impactes englobam os relativos à matérias primas, materiais e recursos energéticos. Embora se enalteça a importância da ACV e esta seja um constituinte crucial do conceito BLCM, o foco deste trabalho recai sobre os custos de ciclo de vida de ações de manutenção, como se descreve nas próximas secções. O CCV é o custo de um ativo, ou de uma parte deste, durante a sua vida útil, enquanto este cumprir os requisitos de desempenho, e calcula-se através da equação (1) (SULB, 2005; ISSO 15686-1, 2011; ISO 15686-5:2017; Rodrigues-a *et al.*, 2018).

$$CCV = C + VAL_{recorrente} - VAL_{valor\ residual} \quad (1)$$

Na qual:

- CCV é o custo do ciclo de vida;
- C é o custo de construção no ano 0 (custos indiretos e diretos)
- $VAL_{recorrente}$ é o valor atual líquido de todos os custos recorrentes (de utilização, manutenção, substituição, serviços, etc.).
- $VAL_{valor\ residual}$ é o valor atual líquido do valor residual do edifício em estudo (é recomendado ser 0).

A aplicação do CCV e da ACV permite às equipas de projeto demonstrar que consideraram os impactes ambientais e económicos nas suas decisões e que, de acordo com eles, escolheram os melhores materiais e produtos para o empreendimento a realizar (Dixon, 2012). É de salientar, que com o propósito de se atingir uma elevada durabilidade, os edifícios necessitam de ações de inspeção e manutenção ao longo da sua vida útil que proporcionem o seu adequado desempenho (Teixeira, 2011; Rodrigues-b *et al.*, 2018) e, tendo em conta o vasto leque de materiais e sistemas construtivos aplicados numa edificação e as variadas ações de manutenção a que cada elemento construtivo deve ser sujeito ao longo da sua vida útil, surge a necessidade de elaboração de planos

de manutenção.

Método fatorial – Trata-se de uma abordagem determinística apresentada pela ISO 15686-1:2000 (ISSO 15686-1, 2000) para a determinação da vida útil estimada (VUE) dos elementos fontes de manutenção. Consiste na multiplicação da vida útil de referência (VUR) do componente (vida útil padrão) pelos vários fatores que refletem as condições a que os materiais estão expostos após a sua aplicação. De acordo com a (ISO15686-1, 2000) a vida útil estimada pode ser calculada pela expressão (2) e o significado dos respetivos fatores são apresentados na Tabela 1:

$$VUE = VUR \times A \times B \times C \times D \times E \times F \quad (2)$$

Tabela 1 – Fatores modificadores dos materiais e componentes

Fatores modificadores		**Referências**
Fator A	Qualidade do produto de Construção	(Jernberg *et al*., 2004)
Fator B	Nível de qualidade do projeto	(Lopes, 2010)
Fator C	Nível de qualidade de execução	(Souza, 2014; Lopes, 2010)
Fator D	Características do ambiente interior	(Jernberg *et al*., 2004)
Fator E	Características do ambiente exterior	(Souza, 2014; Lopes, 2010)
Fator F	Características do uso	(Souza, 2014; Lopes, 2010)
Fator G	Nível da manutenção	(Souza, 2014; Lopes, 2010)

De acordo com o Anexo F da ISO 15686-1:2000 os fatores modificadores foram classificados através de uma escala de 3 valores, que varia entre o 1.2 se o impacto do fator for positivo na VUE, 1 caso se considere uma condição normal e 0.8 um fator negativo na VUE. Durante a aplicação deste método encontraram-se dificuldades devido à falta de bases de dados para a atribuição dos fatores modificadores aos diversos elementos fonte de manutenção em estudo. A maior dificuldade sentida foi a definição e a representação do comportamento dos níveis de desempenho ao longo da vida útil do edifício.

Plataforma de Gestão do Ciclo de Vida do Edifício – Devido à grande quantidade de informação gerada durante o ciclo de vida de um edifício e devido à desorganização existente, urge encontrar uma forma de armazenar, catalogar, analisar e se possível, melhorar o desempenho do edifício, com o objetivo de alcançar um edifício sustentável. Esta gestão passa pelo uso de ferramentas apropriadas, através de uma plataforma de comunicação que facilite o tratamento e a partilha desta mesma informação, uma plataforma da gestão do ciclo de vida do edifício (BLCMP), baseada na metodologia Building Information Modelling (BIM). Trata-se da criação de uma base de dados do BIM (BIM database), que providencia o acesso a todos os participantes no projeto e na gestão do edifício, de forma a integrarem a informação produzida no decorrer das várias fases do ciclo de vida do edifício, podendo ajudar os vários intervenientes nas tomadas de decisão, na implementação do projeto de construção e na gestão da respetiva manutenção, como representado na Figura 1.

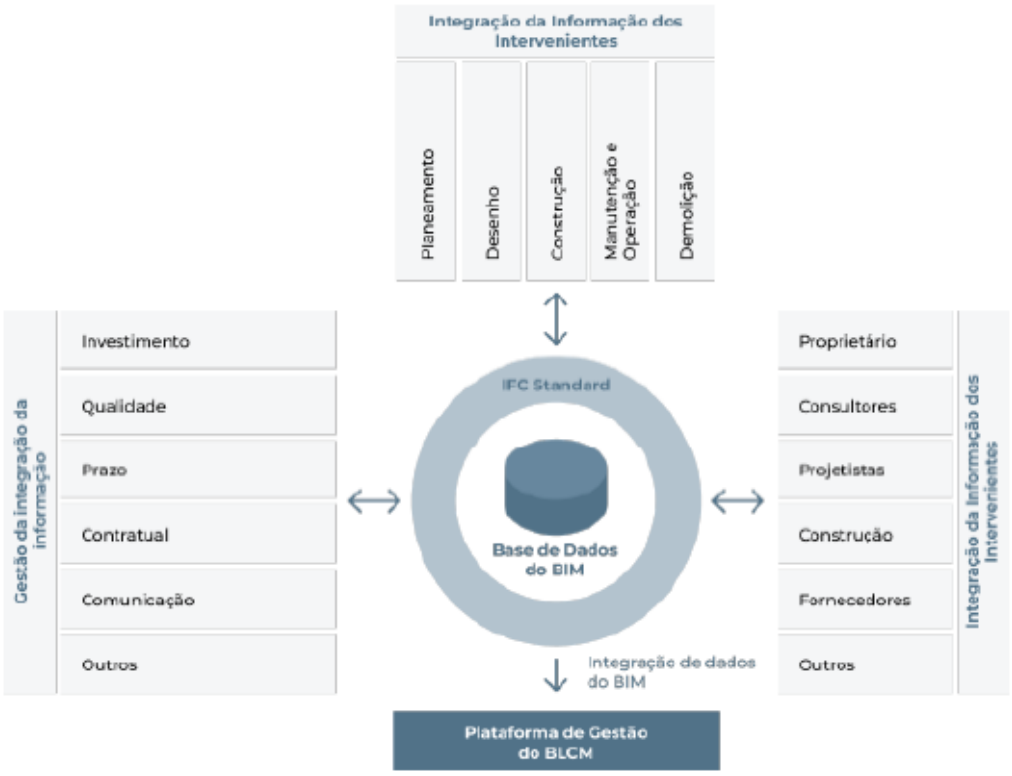


Figura 1 – Diagrama de funcionamento de uma plataforma BLCM (adaptado de Marty, 2014)

A aplicação desta plataforma, prevê e elimina potenciais pontos de conflito e agiliza o projeto, permitindo uma maior previsibilidade, produtividade, sustentabilidade, qualidade e compreensão do mesmo, bem como uma diminuição do desperdício, risco, custo, problemas durante o ciclo de vida e erros humanos (Marty, 2014).

3. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso desenvolvido refere-se aos edifícios utilizados para as caves de armazenamento de vinho do Porto, localizados no casco histórico da cidade de Vila Nova de Gaia, Portugal. Além da função de armazenamento de vinho do Porto, estas caves funcionam como centro de visitas associadas ao turismo vinícola em Gaia. Localizam-se numa encosta sob terreno argiloso com afloramentos rochosos. As naves alvo de estudo são compostas por 3 coberturas de madeira de 2 águas cada, paredes resistentes exteriores e interiores em alvenaria de pedra, com alguns reforços em betão, constituídos por contrafortes a apoiar em paredes interiores. As paredes apresentam a um nível superior cachorros de pedra e em betão com o objetivo de receberem as asnas de madeira de castanho, que constituem a estrutura da cobertura. O pavimento térreo das naves é constituído por gravilha superficial, lajeta de betão e revestimento em cubo de granito. A Figura 2 mostra o alçado do edifício e as Figuras 3 a 5 mostram a estrutura interior do edifício.



Figura 2 – Alçado voltado para a Rua do Choupelo (Fonte: Taylor's)



Figura 3– Interior dos armazéns em estudo (Fonte: Taylor's)



Figura 4 – Contrafortes das paredes interiores (Fonte: Taylor's)



Figura 5– Asna de madeira (Fonte: Taylor's)

Para os armazéns objeto de estudo, existe um histórico das intervenções de manutenção preventiva e corretiva registadas ao longo dos últimos 12 anos através do sistema de manutenção SAP-ERP (SAP – Enterprise Resource Planning), permitindo proceder à criação de uma base de dados e à análise comparativa entre os dois tipos de intervenções no estudo do ciclo de vida dos materiais utilizados.

3.1. Metodologia

3.1.1. Estudo comparativo entre os custos reais recolhidos para as manutenções preventivas e corretivas

Para o desenvolvimento deste estudo comparativo, foi necessária a recolha de dados de custos de manutenção preventiva e corretiva, periodicidade, custo e descrição das intervenções realizadas registadas nos anos 2005 a 2016 no património imóvel da empresa Taylor's – The Fladgate Partnership. De referir que os anos de 2005, 2006 e 2016 não constam nas ações de manutenção preventiva por não ser possível diferenciar os valores referentes à mão de obra e materiais. Na Tabela 2 são apresentados os tipos de ações de manutenção realizadas nesse património.

Tabela 2 – Principais ações de manutenção preventiva e corretiva realizadas (Ribeirinho, 2019)

Ações de manutenção preventiva	**Ações de manutenção corretiva**
Ao nível exterior: 1. Verificação e reabilitação de muros e paredes exteriores 2. Verificação e reabilitação de elementos enterrados 3. Impermeabilização e reabilitação de redes enterradas. Ao nível dos armazéns: 1. Verificação e limpeza de estruturas das coberturas 2. Verificação limpeza e reabilitação de caleiras e rufos de cobertura 3. Verificação limpeza e substituição/tratamento de telhas da cobertura	1. Retificações elétricas 2. Mudança de lâmpadas 3. Substituição de forro e barrote na cobertura 4. Retificação de pavimento 5. Reparação de maciços 6. Reparação de rede de abastecimento de água 7. Substituição de grades de proteção 8. Reparação de portão e muros 9. Reparação de pavimento e lavagem de paredes 10. Colocação de kits de emergência nas lâmpadas 11. Reparação de detetores de incêndio 12. Reparações na claraboia Entre outras reparações e substituições

Verificou-se que com o decorrer do tempo as intervenções preventivas previstas são mais intrusivas, pois, para além da simples verificação e limpeza, obrigaram à substituição parcial de elementos e proteções dos mesmos, implicando, um acréscimo de custos. Ao nível das ações corretivas, no período de 2005 a 2016, verifica-se que este tipo de ações de manutenção diminui em termos de frequência e custo ao longo do tempo, evidenciando que as intervenções iniciais, são as mais intrusivas e onerosas, decrescendo ao longo do tempo, limitando-se a intervenções pontuais, resolução de "avarias", fortemente suplantadas pelas ações preventivas (Figura 6).

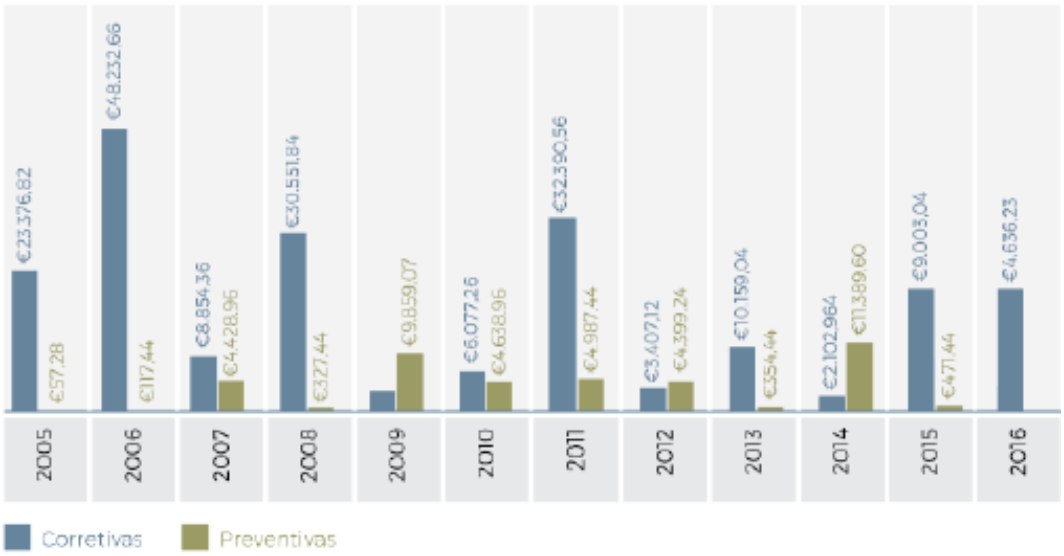


Figura 6 – Custos das Manutenções corretivas/preventivas (Fonte: Taylor's-The Fladgate Partnership)

Através da análise do gráfico apresentado na Figura 6, verifica-se que os valores das intervenções corretivas excedem em muito o das intervenções com carácter preventivo, sendo mais onerosas no início do período considerado e diminuindo com o decorrer do tempo, enquanto que os valores das intervenções preventivas, mostram menor variação ao longo do período em análise. Estas assentam sobretudo em ações de inspeção e limpeza, dando origem a ações de correção, justificando assim, as diferenças de valores entre ambas.

3.1.2. Validação do pressuposto de que a manutenção preventiva prolonga a vida útil dos edifícios e diminui o seu custo do ciclo de vida

Flores-Colen e Brito, (2001) reconhecem que a manutenção é a única maneira de aumentar o tempo de vida útil dos materiais, impedindo o seu envelhecimento precoce, sendo considerada um elemento chave na gestão dos edifícios e um fator importante no cálculo do CCV. Estas ações necessitam de ser planeadas na fase de projeto, através dos planos de manutenção, permitindo o controle do tempo e a minimização dos custos ao longo do ciclo de vida do edifício (adaptado de Flores-Colen e Brito, 2010).

Para o cálculo da VUE e do CCV foi necessário identificar os elementos fonte de manutenção e as suas vidas úteis de referência. Em seguida, foi determinada a vida útil estimada dos materiais através do método fatorial. Para aplicar este método, foi necessário definir e caracterizar um conjunto de condições e fatores modificadores que têm implicações no desempenho ao longo do ciclo de vida do elemento. Foi ainda efetuado o planeamento das ações de manutenção, a determinação dos seus custos e a sua programação, que permitem o cálculo do CCV atualizado. Neste caso de estudo, tomando como exemplo o elemento fonte de manutenção do material Flintkote (adotou-se o nome comercial para a designação da camada de impermeabilização cuja VUR dada pelo fabricante é de 26 anos), e calculou-se a vida útil estimada na Tabela 4. A subdivisão dos fatores utilizados para o cálculo da VUE é apresentada com mais detalhe na Tabela 3. O fator relacionado com a presença ou ausência de manutenção preventiva foi avaliado com o coef. 1.2 e 0.8 respetivamente. No cálculo do custo do ciclo de vida apresentado na Tabela 5, foi escolhido o indicador económico Valor Atual Líquido (VAL), uma vez que tem em conta a taxa de atualização que permite que o dinheiro gasto em momentos diferentes seja calculado para o seu valor atual. No cálculo que se efetuou para a determinação do CCV de todos os elementos fonte de manutenção considerados, considerou-se uma taxa de atualização constante de 0.2% (de forma a obter o custo atualizado das ações) (Rodrigues-a *et al.*, 2018), para facilitar os cálculos, uma taxa de desmonte após o fim de vida útil de 5% e uma taxa de 63% para os custos totais de manutenção relativamente aos custos iniciais de acordo com a taxa refletida no estudo de (Wu and Clements-Croome, 2007).

Tabela 3 – Subdivisão dos fatores modificadores para o EFM Flintkote

Fator modificador	Subdivisão
Fator A	A1 - Classificação de acordo com o fornecimento do produto à obra A2 - Qualidade das condições da base a aplicar
Fator B	B - Qualidade do projeto
Fator C	C1 - Mão de obra C2 - Supervisão
Fator E	E - Exposição à precipitação
Fator F	F - Fatores modificadores do efeito do uso
Fator G	G1 - Caracterização da frequência e tipo de manutenção G2 - Acessibilidade na manutenção

Tabela 4 – Cálculo da Vida útil estimada do EFM Flintkote

EFM	VUR	Fatores Modificadores										VUE	Dif
		A1	A2	B	C1	C2	D	E	F	G1	G2		
Flintkote	26	1	1	1	1	1	-	1	1	1.2	1	31	+5
		1	1	1	1	1	-	1	1	0.8	0.8	16	-10

Legenda:
VUR – Vida Útil de Referência em anos
VUE – Vida Útil Estimada em anos
fA-fG – fatores modificadores
EFM – Elemento fonte de manutenção
Dif – Diferença entre a VUR e a VUE, após afetações dos fatores modificadores em anos

Tabela 5 – Cálculo do custo do ciclo de vida do EFM Flintkote

Designação	un	Quant.	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)	VUE	Ação	Periodicidade (Anos)
Pintura em elementos enterrados c/manutenção	m²	210.40	5.75€	1209.80€	31	Limpeza e Pintura	31
Pintura em elementos enterrados s/manutenção	m²	210.40	5.75€	1209.80€	16	Limpeza e Pintura	16

Designação	% Manutenção	Custos unitários de substituição	Custos unitários de manutenção	Custos totais de manutenção	Custos totais de substituição	VAL 50 anos	CCV
Pintura em elementos enterrados c/manutenção	0.63	6.04€	3.62€	761.72€	1269.53€	2171.18€	3440.71€
Pintura em elementos enterrados s/manutenção	0.05	6.04€	0.28€	60.45€	1269.53€	2477.12€	3746.65€

Ao analisar-se os resultados do cálculo do CCV, comparando a alternativa do ciclo de vida com manutenção preventiva e sem manutenção, o valor da VUE obtido para o EFM Flintkote foi de 31 e 16 anos respetivamente, tendo em conta uma vida útil de referência, indicada pelo fabricante de 26 anos. Assim, de acordo com a Figura 7, para o elemento fonte de manutenção, Flintkote, no cenário sem manutenção preventiva a vida útil decresce 93.75% e os custos aumentam 8.89%, relativamente ao cenário com manutenção preventiva, justificando-se, plenamente as tarefas de manutenção preventiva, previstas para o cenário 1. É de salientar que os custos de manutenção e substituição apresentados são custos retirados da base de dados da empresa alvo do caso de estudo.

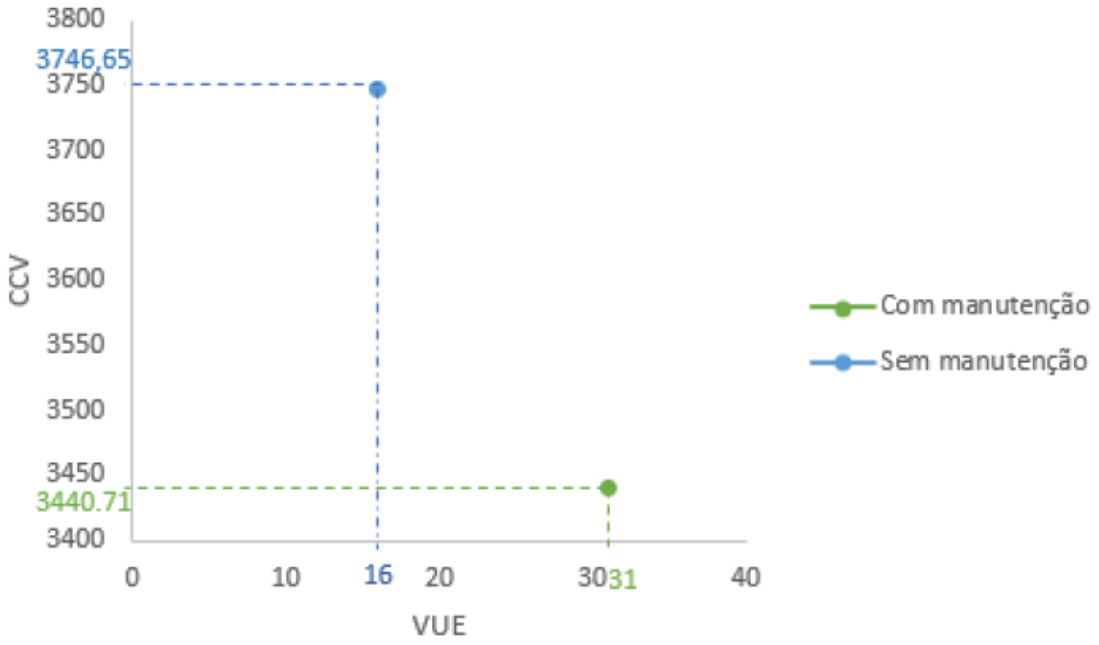


Figura 7 – Estudo comparativo entre CCV1 E CCV2 do Flintkote

3.1.3. eCOStly – Desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à estimativa da vida útil

As atividades de manutenção são reconhecidas como sendo estratégicas para a continuação da operação dentro dos requisitos e das normas regulamentares aplicáveis. Silva e Brito (2019), elaboraram um inquérito para recolher opiniões quanto ao desenvolvimento de uma ferramenta de suporte à inspeção dos elementos do edificado. De acordo com os resultados desse inquérito, justifica-se a criação de uma ferramenta online, que permita a determinação do tempo de vida útil dos vários elementos constituintes dum edifício e o cálculo do custo do ciclo de vida, permitindo a integração da informação obtida. Assim, neste trabalho apresenta-se o resultado do desenvolvimento da página web-based **eCOStly – evaluate COnstructions Service Life for You** (Figura 8), **para** o cálculo automático da vida útil estimada de materiais e de elementos construtivos (segundo a metodologia apresentada anteriormente), bem como da estimativa dos seus custos de manutenção ao longo de um tempo pré-determinado pelo utilizador, auxiliando assim na obtenção de planos de manutenção e na avaliação dos custos de manutenção ao longo da vida útil do edifício. A plataforma dispõe das funcionalidades de cálculo para utilizadores registados, permitindo que os mesmos acedam a uma zona pessoal e que os seus dados possam ser guardados, editados ou eliminados pelo utilizador. O eCOStly apresenta uma vasta seleção de componentes que se subdividem em diferentes tipos e consequentemente em diferentes subtipos (Figura 9), desenvolvidos com base no trabalho desenvolvido no método fatorial, anteriormente mencionado.



Figura 8 – Homepage do eCOStly

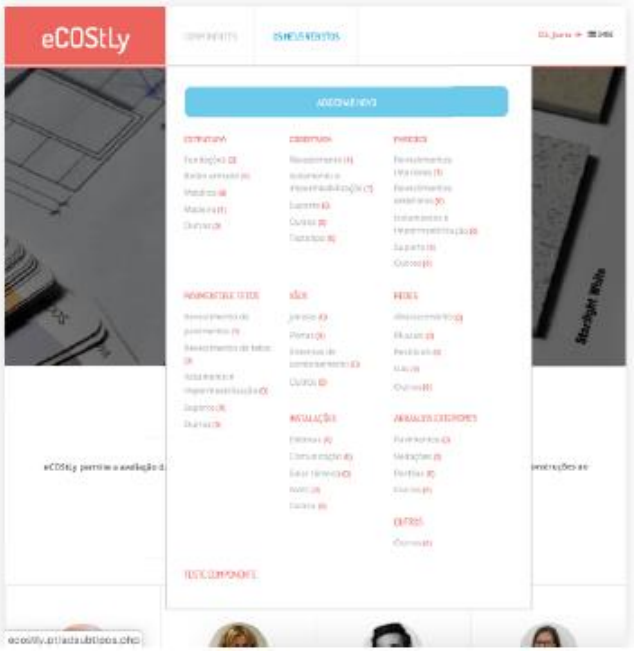


Figura 9 – Menu eCOStly "os meus registos"

Uma vez iniciada a sessão, o utilizador passa a ter acesso ao menu principal, onde estão listados os componentes e os tipos subjacentes a esses mesmos componentes. A opção de "Os meus registos" (Figura 9) apresenta informação relativa às inserções pessoais do utilizador. Para além disso, disponibiliza uma opção para efetuar um novo registo, que conduz o utilizador à seção de registos pessoais, onde consta o formulário para adicionar novos subtipos, subfactores e ou relações entre subtipos e subfactores que, após a aprovação por parte do administrador como sendo relevantes para a comunidade em geral, passam a estar disponíveis para todos os utilizadores registados no eCOStly.

De forma a gerir a informação foram definidos 9 componentes, nomeadamente: estrutura, cobertura, paredes, pavimentos e tetos, vão, redes, instalações, arranjos exteriores e outros. A cada componente foram associados vários tipos de elementos, por exemplo, para o componente estrutura, estão pré-definidos na plataforma 5 tipos de elementos: fundações, betão armado, metálicas, madeira e outros, de acordo com a Figura 10. Assim, para cada subtipo de elemento construtivo selecionado, o utilizador poderá estimar a vida útil do elemento, tendo por base uma vida útil de referência ajustada, com base nos fatores modificadores considerados, de acordo com o método fatorial. O utilizador seleciona o tipo de situação a aplicar a cada um dos subfactores entre "má qualidade", "situação corrente" e "boa qualidade" (Figura 11).



Figura 10 – Exemplo do Menu do Componente Estrutura

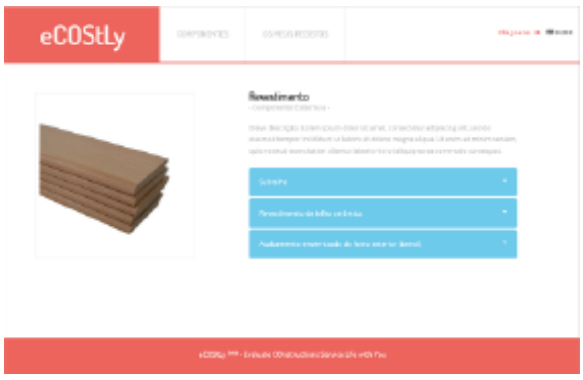


Figura 11 – Exemplo do Menu do Componente Tipo Revestimento

A alteração destes subfactores irá atualizar automaticamente a vida útil estimada para o subtipo, permitindo assim ao utilizador a avaliação do impacto de algumas escolhas na vida útil final. Para além disso, o utilizador tem ainda a possibilidade de personalizar valores como o preço unitário (em €/unid), o preço unitário de manutenção (em €/unid), a quantidade (em unid), a vida útil de referência (VUR) e a periodicidade de manutenção (em anos). Estes dados são processados pelo sistema e posteriormente apresentados no formato de uma tabela que resume toda a informação selecionada pelo utilizador, conforme se exemplifica na Figura 12.



Componente	Tipo	Subtipo	Quantidade	Preço unitário	Custo produto	VUR	VUE	Periodicidade (em anos)	Preço unitário de manutenção	Preço de manutenção	VAL	
Pavimentos e Tetos	Isolamento e impermeabilização	Flintkote	210	5.75€	1207.5€	26	31.2	31	3.62€ /ano	24.52€ /ano	2204.16€	
Pavimentos e Tetos	Isolamento e impermeabilização	Flintkote	210	5.75€	1207.5€	26	16.6	16	0.28€ /ano	3.68€ /ano	2680.9€	

Figura 12 – Estimativa do VAL para o EFM Flintkote e para VUE de 50 anos – eCOStly

A ferramenta sintetiza os custos associados para cada um dos subtipos de elementos e apresenta também custos totais, permitindo que o utilizador tenha uma perceção global da sua solução construtiva. Nesta secção sintetizam-se as opções do utilizador, sendo possível estimar os custos associados para um período de tempo por si definido. Nesse caso, o sistema analisa automaticamente os dados da tabela apresentada na Figura 12, para apresentar uma nova tabela onde constam os custos associados, anualmente, para o período a estimar, incluindo não apenas a manutenção mas também a substituição do produto, de acordo com a sua vida útil de referência. Efetuou-se, através do eCOStly, o cálculo da VUE do elemento Flintkote, bem como o cálculo do seu CCV na ferramenta, cujos resultados se aproximam dos resultados obtidos pelo cálculo manual (Tabela 4) que se obteve através da aplicação do método fatorial e do VAL. Esta ferramenta permite assim, de forma rápida, efetuar o cálculo do VUE e do CCV por elemento fonte de manutenção e obter os custos da referida manutenção ao longo da VUE. Permite ainda, para diferentes períodos calcular os custos de manutenção preventiva e de substituição do elemento fonte de manutenção por subtipo, por tipo e por componente ao longo da VUE.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A base de dados desenvolvida, possibilita através do software eCOStly, estimar de forma rápida e automática a vida útil de soluções construtivas e os respetivos custos de manutenção. Sendo a vida útil e a sua caracterização um elemento cada vez mais importante na análise económica dos investimentos e nos estudos de durabilidade das construções, foi necessário efetuar toda a recolha de dados e estimativas apresentadas neste trabalho, com o objetivo de sustentarem a conceção e desenvolvimento do eCOStly.

Na sequência da revisão bibliográfica verificou-se a existência de lacunas no que respeita à avaliação da VUE e ao CCV de soluções de reabilitação e, ainda, no que respeita ao planeamento e estimativa de custos de ações de manutenção preventiva, o que levou à formulação dos objetivos a atingir neste trabalho. A falta de bases de dados de suporte a estes estudos foi também uma dificuldade, o que levou a que se procedesse à análise de dados de manutenção corretiva e preventiva na empresa proprietária dos edifícios analisados. Através da análise efetuada é possível concluir que a ausência de longos períodos de manutenção dos edifícios levou à necessidade

de intervenções profundas de reabilitação no período considerado, entre 2005-2016, representando as ações corretivas 2/3 do total do investimento efetuado nesse período.

Este trabalho versa sobre um assunto de grande atualidade que além de aplicar o método fatorial para o cálculo do VUE e o método de cálculo do CCV a vários materiais e elementos construtivos de um edifício, desenvolveu uma ferramenta informática, à qual está associada uma base de dados essencial para aqueles cálculos, que possibilitará ao setor da construção e ao setor da gestão e manutenção de edifícios, proceder de forma rápida à estimativa da VUE e ao estabelecimento de planos de manutenção e à estimativa de custos associados. Considera-se, no entanto, importante validar os valores obtidos, através de um maior número de casos estudo, com dados mais rigorosos e detalhados, aproveitando a introdução de ferramentas como o BIM e o conjunto de processos e métodos aplicáveis a todo o ciclo de vida como a eficiência energética. Desta forma, a plataforma eCOStly pode ser interligada ao Revit Software através de uma interface de programação de aplicações (API) de forma a realizar a estimativa da VUE de forma automática contribuindo para a realização dos planos de manutenção de forma prática e automática. Além disso, pretende-se o desenvolvimento e a otimização da base de dados da ferramenta eCOStly, proporcionando aos técnicos do setor da construção, uma ferramenta mais completa, de fácil e rápida utilização para o cálculo da VUE, para o planeamento e determinação dos custos de manutenção dos edifícios existentes de qualquer tipologia e qualquer idade.

REFERÊNCIAS

CABEZA, L.; RINCÓN, L.; VILARINO, V.; PÉREZ, A., 2014 – **Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: a review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier, 29, pp. 394-416. doi: 10.1016/j.rser.2013.08.037.

CHO, K.; YOON, Y., 2016 – **Decision support model for determining cost-effective renovation time**. *Journal of Management in Engineering*. 32(3), pp. 1-9. doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000418.

COSOLA, V.; OLIVIERI, F.; GARCÍA, L.; BACENETTI, J., 2020 – **An environmental life cycle assessment of living wall systems**. *Journal of Environmental Management*. Elsevier Ltd, p. 109743. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.109743.

DIXON, W., 2012 – **What is whole life cycle costing, life cycle analysis and life cycle costing?** Editor: WD Re-Thinking Ltd.

EFCFA, 2018 – **Eastern european construction forecasting association**. Disponivel em: http://eecfa.com/.

FLORES-COLEN, I.; BRITO, J., 2001 – **Manutenção em edifícios correntes – estado actual do conhecimento.** Conferência: Construção 2001. Lisboa: IST.

FLORES-COLEN, I.; BRITO, J., 2010 – **A systematic approach for maintenance budgeting of buildings faades based on predictive and preventive strategies**. *Construction and Building Materials*. 24(9), pp. 1718-1729. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.02.017. http://perspectives.3ds.com/architecture-engineering-construction/what- is-building-lifecycle-management-blm/.

INE, 2017 – **Estatísticas da construção e habitação 2017**. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.

ISO 15686-1:2000 – **Buildings and constructed assets – Service life planning Part 1: general principles**. Genebra: ISO.

ISO 15686-1:2011 – **Buildings and constructed assets – Service life planning Part 1: general principles and framework.** Genebra: ISO.

ISO 15686-5:2017 – **Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 5: life-cycle costing**. Genebra: ISO.

JERNBERG, P.; SJOSTROM, C.; LACASSE, M. *et al*., 2004 – **Guide and bibliography to service life and durability research for buildings and components**. *CIB W80/ RILEM TC 140 – Prediction of Service Life of Building Materials and Components*.

KWON, N.; SONG, K.; AHN, Y., Park, M. *et al*., 2020 – **Maintenance cost prediction for aging residential buildings based on case-based reasoning and genetic algorithm**. *Journal of Building Engineering*. Elsevier Ltd, 28(August 2019), p. 101006. doi: 10.1016/j.jobe.2019.101006.

LOPES, C., 2010 – **Durabilidade na construção – Estimativa da vida útil de revestimentos cerâmicos de fachadas**. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Porto: FEUP.

MARTEINSSON, B., 2005 – **Service life estimation in the design of buildings. A development of the factor method**. Dissertação para obtenção do grau de doutor. Sweden: University of Gävle.

MARTY, R., 2014 – **Building Life Cycle Management**. Acedido a 20 de Outubro de 2018. disponível em:

RIBEIRINHO, P., 2019 – **Estimativa do custo do ciclo de vida no apoio à manutenção e reabilitação de edifícios.** Dissertação apresentada para obtenção do grau de Doutor. Aveiro: Universidade de Aveiro.

RODRIGUES, F.; TEIXEIRA, J.; MATOS, R.; RODRIGUES, H., 2019 – **Development of a web application for historical building management through BIM technology**. *Advances in Civil Engineering*. doi: 10.1155/2019/9872736.

RODRIGUES-a, F.; MATOS, R.; ALVES, A. *et al*., 2018 – **Building life cycle applied to refurbishment of a traditional building from Oporto, Portugal**. *Journal of Building Engineering*. pp. 84-95. doi: 10.1016/j.jobe.2018.01.010.

RODRIGUES-b, F.; MATOS, R.; DI PRIZIO, M.; Costa, A., 2018 – **Conservation level of residential buildings: Methodology evolution**. *Construction and Building Materials*. pp. 781-786. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.03.129.

SAAKSVUORI, A.; IMMONEN, A., 2008 – **Product life cycle management**. Springer, 2008. DOI: 10.1007/978-3-540-78172-1

SALGADO, R.; APUL, D.; GUNER, S., 2020 – **Life cycle assessment of seismic retrofit alternatives for reinforced concrete frame buildings**. *Journal of Building Engineering*. pp. 2352-7102. doi: 10.1016/j.jobe.2019.101064

SILVA, A.; BRITO, J., 2019 – **Do we need a buildings' inspection, diagnosis and service life prediction software?** *Journal of Building Engineering*. pp. 335-348. doi: 10.1016/j.jobe.2018.12.019.

SOUZA, H., 2014 – **Avaliação do ciclo de vida e influência do tempo de vida útil dos postes de madeira e de concreto do sistema de distribuição de energia elétrica**. Dissertação para obtenção de grau de mestre em meio ambiente, águas e saneamento. Bahia: Universidade Federal da Bahia.

SULB, 2005 – **Guidelines for life cycle cost analysis**. Stanford University Land and Buildings.

TEIXEIRA, P., 2011 – **Avaliação do risco no comportamento face à água de elementos construtivos em fachadas de edifícios correntes**. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

WU, S.; CLEMENTS-CROOME, D., 2007 – **Ratio of operating and maintenance costs to initial costs of building services systems**. *Cost Engineering*, 49(12).

YU, M.; ROBATI, M.; OLDFIELD, P *et al*., 2020 – **The impact of value engineering on embodied greenhouse gas emissions in the built environment: A hybrid life cycle assessment**. *Building and Environment*. 168, p. 106452. doi: 10.1016/j.buildenv.2019.106452.

BIM EM INTERVENÇÕES DE CONSERVAÇÃO E DE REABILITAÇÃO DO PATRIMÓNIO: UMA APLICAÇÃO AO PALÁCIO NACIONAL DE SINTRA

BIM IN HERITAGE CONSERVATION AND REHABILITATION INTERVENTIONS: AN APPLICATION TO THE NATIONAL PALACE OF SINTRA

Rita Machete [(1)], Márcia Godinho [(2)], Madalena Ponte [(3)], Rita Bento [(4)], Ana Paula Falcão [(5)] e Alexandre Gonçalves [(6)]

(1) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, rita.f.machete@tecnico.ulisboa.pt
(2) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, marcia.godinho@gmail.com
(3) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, madalenaponte@tecnico.ulisboa.pt
(4) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, rita.bento@tecnico.ulisboa.pt
(5) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, ana.p.falcao@tecnico.ulisboa.pt
(6) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, alexandre.goncalves@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

Este artigo descreve o desenvolvimento de um modelo H-BIM (*Heritage Building Information Modelling*) e a sua utilização num contexto de conservação e reabilitação do Palácio Nacional de Sintra, Portugal. Localizado no centro histórico da vila, foi edificado e alterado ao longo de vários séculos tendo acompanhado vários reinados: D. Dinis, D. João I e D. Manuel I. A Ala Manuelina, no lado leste do palácio, uma parte relevante do edifício, foi a escolhida para descrever e ilustrar os procedimentos seguidos.

Palavras-chave: H-BIM / Laser Scanner / Drone / Reabilitação / Palácio Nacional de Sintra

RESUMO ALARGADO

A preservação e salvaguarda do Património Cultural Construído (PCC) é uma preocupação permanente das instituições. Para documentar os aspetos importantes relacionados com a manutenção de edifícios ou locais patrimoniais, é estratégica a existência de uma base de dados completa e coerente, capaz de atender a solicitações de exigência de informação. Assim, a aplicação da metodologia BIM (*Building Information Modelling*) revela-se importante como uma abordagem integrada ao design, representação, produção e gestão do ambiente construído na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) (Macher *et al*., 2017).

Este artigo descreve o desenvolvimento de um modelo H-BIM (*Heritage Building Information Modelling*) e a sua utilização num contexto de conservação e reabilitação do Palácio Nacional de Sintra, Portugal. Localizado no centro histórico da vila, foi edificado e alterado ao longo de vários séculos tendo acompanhado vários reinados: D. Dinis, D. João I e D. Manuel I. A Ala Manuelina, no lado leste do palácio, uma parte relevante do edifício, foi a escolhida para descrever e ilustrar os procedimentos seguidos.

O sistema H-BIM desenvolvido (Godinho *et al*., 2019) inclui um modelo capaz de representar a arquitetura sofisticada e diversificada do Palácio e de interagir com o *software* de análise estrutural, constituindo assim um recurso valioso não apenas para a manutenção, monitorização e gestão do edifício, mas também para arquivar as características principais estruturais e construtivas, essenciais para a avaliação sísmica do edifício e para o dimensionamento de eventuais intervenções de reabilitação.

Para o desenvolvimento do modelo H-BIM destacam-se três passos principais, esquematicamente representados na Figura 1. O processo iniciou-se com os levantamentos por nuvem de pontos com recurso à tecnologia *laser scanning* (*laser scanner* Faro Focus^S 70) e à fotogrametria aérea (drone Topcon Falcon 8+). Posteriormente procedeu-se ao tratamento dos dados obtidos em campo, de forma a obter nuvens de pontos ordenadas. Por fim, o modelo H-BIM foi desenvolvido a partir das nuvens de pontos obtidas e recorrendo ao *software* Autodesk Revit®.



Figura 1 – Desenvolvimento do modelo H-BIM, etapas principais

Neste modelo, incluíram-se elementos associados, informação gráfica e não gráfica, para qual foi definida uma árvore de atributos para permitir a organização dos dados disponíveis. Tal inclui informações históricas (por exemplo, documentação sobre obras de reabilitação), tipo ou composição dos elementos (por exemplo, descrição da argamassa), propriedades do material (por exemplo, adquiridas de testes experimentais *in situ* que caracterizam a estrutura e que são usadas para as análises subsequentes (Ponte *et al*., 2019 e Bento, 2019) e gestão de atributos relacionados (por exemplo, relatórios sobre o estado de conservação).

As decisões sobre o nível de detalhe e a aplicação da modelação paramétrica para os estilos arquitetónicos

existentes foram cruciais para se obter um arquivo digital para gestão de informação e apoio a projetos e obras de manutenção e reabilitação. Dessa forma, o modelo desenvolvido suporta simultaneamente as análises estruturais sísmicas, fornecendo parâmetros-chave e incorpora os seus resultados como atributos, permitindo um fluxo de trabalho coerente e contínuo e realçando os recursos do H-BIM como uma ferramenta útil de apoio à gestão do património construído.

Como tal, a principal contribuição deste trabalho é a apresentação da aplicabilidade do uso combinado dos recursos de armazenamento de atributos e base de dados de geometria do H-BIM através de uma troca de informações bidirecional com o *software* de análise estrutural, alimentando um fluxo de dados circular e contínuo.

Nota

Artigo completo publicado no número temático: Reabilitação Estrutural de Edifícios da série III da RPEE – *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas* (consultar em: http://rpee.lnec.pt/Ficheiros/rpee_serieIII_n13/rpee_sIII_n13.pdf?fbclid=IwAR2MgK8BhCDKZfHxFsIXZu_NcfWR_KObWxgcrD5ls5b_mSLJknwYk2MFmlw).

REFERÊNCIAS

BENTO, R., 2019 – **An interdisciplinary approach to the seismic assessment of built cultural heritage: case studies in Lisbon and outskirts**. In *Structural Analysis of Historical Constructions*. Springer International Publishing, Editors: Rafael Aguilar, Daniel Torrealva, Susana Moreira, Miguel A. Pando, Luis F. Ramos, Print ISBN: 978-3-319-99440-6, Electronic ISBN: 978-3-319-99441-3

GODINHO, M.; MACHETE, R.; PONTE, M.; FALCÃO, A. P.; GONÇALVES, A.; BENTO, R., 2019 – **BIM as a resource in heritage management: An application for the National Palace of Sintra, Portugal**. *Journal of Cultural Heritage*. Elsevier. doi: 10.1016/j.culher.2019.11.010

MACHER, H.; LANDES, T.; GRUSSENMEYER, P., 2017 – **From point clouds to building information models: 3D semi-automatic reconstruction of indoors of existing buildings**. *Applied Sciences*. 7(10), 1030. doi: 10.3390/app7101030

PONTE, M.; BENTO, R.; SILVA, D. V., 2019 – **A multi-disciplinary approach to the seismic assessment of the National Palace of Sintra**. *International Journal of Architectural Heritage, Conservation, Analysis, and Restoration*. Taylor & Francis. doi: 10.1080/15583058.2019.1648587

ANCORAGEM QUÍMICA EM REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS DE ALVENARIA

CHEMICAL ANCHORS IN REHABILITATION OF ANCIENT MASONRY BUILDINGS

Bárbara Campelo [(1)], Vasco Appleton [(2)], Nuno Travassos [(3)], Teresa Santos [(4)]

(1) Hilti Empresa, Porftugal, barbara.campelo@hilti.com
(2) A2P Consult – Estudos e Projectos, Lda., Portugal, vasco.appleton@a2p.pt
(3) A2P Consult – Estudos e Projectos, Lda., Portugal, nuno.travassos@a2p.pt
(4) Hilti Empresa, Portugal, teresa.santos@hilti.com

RESUMO

Em Lisboa existem numerosos projetos de reabilitação de edifícios de alvenaria antiga. A qualidade e resistência destas alvenarias antigas pode variar significativamente e é comum este tipo de projetos requerem várias intervenções no edificado existente e reforços estruturais que implicam ligações da estrutura existente a novos elementos através da selagem de varões.

Este artigo apresenta o método de ensaio utilizado, os resultados obtidos e conclusões em mais de 60 ensaios em duas obras, com alvenarias distintas, na zona do Beato e do Carmo, em Lisboa, tendo sido testadas e comparadas as soluções HIT HY 170 (ancoragem química à base de metacrilato), HIT RE 100 (ancoragem química epoxídica) e grout cimentício.

Palavras-chave: Ancoragem Química / Reforço Estrutural / Reabilitação / Sistemas de Injeção / Grout

RESUMO ALARGADO

INTRODUÇÃO

Em Lisboa existem numerosos projetos de reabilitação de edifícios de alvenaria antiga. A qualidade e resistência destas alvenarias antigas pode variar significativamente e é comum este tipo de projetos requererem intervenções diversas no edificado existente e reforços estruturais que implicam ligações da estrutura existente a novos elementos através da selagem de varões.

Os grouts cimentícios são regularmente utilizados neste tipo de aplicações. A utilização do grout gera um método moroso de aplicação cuja fiabilidade depende significativamente do instalador (Cattaneo, 2019). Adicionalmente não está considerado nas Aprovações Técnicas Europeias (ATEs).

Pela incerteza associada à resistência deste tipo de alvenarias, principalmente sob ações sísmicas, e na procura de um método mais produtivo e menos influenciado por fatores de instalação a Hilti realizou, em parceria com a A2P, um conjunto de ensaios em obras com alvenarias características da cidade de Lisboa.

Realizaram-se mais de 60 ensaios em duas obras, com alvenarias distintas, na zona do Beato e do Carmo, em Lisboa. Nestes ensaios foi avaliada a performance das ligações quando sujeitas a cargas ao corte com três tipos de produtos: uma ancoragem química de cura rápida (HIT HY 170), uma ancoragem química de cura lenta (HIT RE 100) e um grout cimentício (SikaGrout®-213). As soluções de HIT HY 170 e HIT RE 100 são ancoragens químicas de injeção, não devendo ser confundidas com outro tipo de resinas que mais correntemente são utilizadas por exemplo na injeção de fissuras de betão.

METODOLOGIA

Estes tipos de ensaios ao corte são bastante mais complexos de realizar que ensaios à tração, principalmente em obra. Atualmente não há uma metodologia padronizada para a sua realização o que exigiu a criação de um método próprio que permitisse testar os varões ao corte em obra. O desenvolvimento desta metodologia foi inspirado no Anexo A da ETAG 029 e também nos procedimentos publicados para testes de fixações em obra da Construction Fixings Association (CFA) do Reino Unido. O método consiste na utilização de um aparelho de ensaio à tração que aplica uma carga ao corte ao varão da ligação através de uma chapa metálica à volta deste varão. O aparelho de ensaio era analógico e as cargas dos ensaios foram registadas em intervalos de 5 kN.

Em todos os ensaios foram utilizados varões roscados com $\emptyset_v$ = 10 mm de diâmetro, de aço zincado, classe 5.8. Nas soluções HIT, para o diâmetro $\emptyset_v$ = 10 mm de varão a furação a realizar é de $\emptyset_f$ = 12 mm. O embebimento da ligação variou entre h_{ef} = 150 mm, h_{ef} = 200 mm e h_{ef} = 250 mm, conforme os ensaios. Os furos foram realizados na direção horizontal. No caso do grout seguiu-se a recomendação do estudo de Cook de 2003 que sugere um diâmetro do furo $\emptyset_f$ de 50 a 200 % o diâmetro do varão, tendo sido utilizado um diâmetro de $\emptyset_f$ = 20 mm nestes ensaios. Todos os ensaios de grout foram realizados com um embebimento de h_{ef} = 250 mm com uma ligeira inclinação descendente (cerca de 10° a 20°) para facilitar a aplicação do produto.

RESULTADOS

Foram observados diversos comportamentos que poderão ser analisados de acordo com os modos de rotura previstos na norma EN1992-4:2018 “conceção e cálculo dos elementos de fixação para betão”. Apesar deste documento se aplicar a fixações em betão, considerou-se esta norma suficientemente adaptável para se realizar esta análise. Foram observados 3 modos de rotura distintos: efeito de alavanca, rotura do aço e aderência.

Os resultados dos ensaios foram muito consistentes apesar de toda a incerteza associada a este tipo de

alvenarias. Foi observado que em todos os ensaios com a solução HIT o modo de rotura foi atingido com cargas ao corte superiores às do grout. Mesmo nos ensaios com a solução HIT com 150 mm de embebimento as cargas ao corte obtidas foram superiores às do grout. Para as soluções HIT, a carga mínima ao corte para atingir o modo de rotura foi de 10 kN com embebimentos de 150 mm e de 15 kN com 250 mm de embebimento. Em mais de 30% dos ensaios com HIT a ligação falhou pelo elemento aço, o que demonstra a eficiência da solução HIT na selagem/amarração do varão.

Por sua vez, as ligações seladas com grout, com embebimentos de 250 mm, atingem a sua rotura quase sempre por volta dos 5 kN, sendo que a falha da ligação está sempre associado ao fenómeno de perda de aderência, ou à rotura por efeito de alavanca ou à combinação destes dois modos. Em nenhum dos ensaios com o grout se verificou o modo de rotura pelo aço.

Adicionalmente foi realizada uma avaliação da reação ao fogo através de testes e simulações feitos pela casa mãe da Hilti com produtos semelhantes aos usados neste ensaio. Esta avaliação mostra que para embebimentos superiores a 200 mm o aço é o elemento mais fraco de resistência ao fogo e o primeiro a falhar, sugerindo que para embebimentos superiores a 200 mm não é relevante se o químico que está a ser usado na ancoragem é orgânico ou inorgânico uma vez que é expectável que o aço seja o primeiro elemento a falhar.

CONCLUSÕES

Os resultados mostram que os sistemas de injeção HIT atingem maior resistência ao corte que o grout cimentício. Uma análise teórica da reação ao fogo das duas soluções (grout – inorgânico; e HIT – orgânico), aponta para uma equivalência das mesmas em embebimentos superiores a 200 mm.

Adicionalmente, o sistema HIT pode trazer outras vantagens, nomeadamente (1) maior produtividade no processo de aplicação; (2) uma instalação mais fiável independente do instalador, (3) maior alinhamento com as normas mais recentes Europeias. Uma outra possível vantagem do sistema HIT é o potencial de otimização do volume (diâmetro de furação e embebimento) e número de ligações necessárias para a aplicação face ao grout cimentício devido à sua maior capacidade de carga.

Em conclusão, os resultados obtidos sugerem que os sistemas de injeção Hilti (HIT HY 170 e HIT RE 100) apresentam-se como uma melhor alternativa aos grouts cimentícios para selagens de varões em alvenaria (*e.g.* ferrolhos, ligações laje-parede ou viga-parede, fecho de vãos), nas condições ensaiadas. No futuro, os autores consideram expandir as condições e número de testes para aumentar a robustez e nível de conhecimento das soluções HIT em alvenarias antigas.

REFERÊNCIAS

CATTANEO, S.; LOCATELLI, A.; RAGO, D., 2019 – **Reliability of bonded anchors with different installation techniques: experimental assessment**. *Asian Journal of Civil Engineering*. 20:681-692.

CAMPELO, B.; APPLETON, V.; TRAVASSOS, N., SANTOS, T., 2020 – **Ancoragem química em reabilitação de edifícios antigos de alvenaria**. *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas*. n.º 13 – dossier ENCORE 2020: Reabilitação Estrutural de Edifícios, série III da RPEE – *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas*. Consultar em: http://rpee.lnec.pt/Ficheiros/rpee_serieIII_n13/rpee_sIII_n13.pdf?fbclid=IwAR2MgK8BhCDKZfHxFsIXZu_NcfWR_KObWxgcrD5ls5b_mSLJknwYk2MFmIw.



ENCORE 2020

4º encontro de conservação
e reabilitação de edifícios

Habitação e Cidade: Políticas de Regulação e Preservação



Os trabalhos desta secção privilegiam uma discussão acerca das questões relacionadas com as políticas de preservação, os instrumentos de gestão territorial, as políticas e o planeamento municipal para a reabilitação urbana. Olhando ainda aos regimes e critérios de classificação e salvaguarda do património edificado urbano.

NOVOS INSTRUMENTOS DE REABILITAÇÃO URBANA: REPERCUSSÕES NA CIDADE DE VISEU

NEW URBAN REHABILITATION INSTRUMENTS: REPERCUSSIONS IN THE CITY OF VISEU



Miguel Branco-Teixeira

Universidade Fernando Pessoa, Portugal, lbt@ufp.edu.pt

RESUMO

A reabilitação urbana tem vindo a assumir um papel cada vez mais relevante em termos de desenvolvimento territorial, deixando de ser entendida como a simples reabilitação do património edificado degradado, para ser considerada como uma ação imprescindível à revitalização social, económica, urbana, ambiental e cultural das cidades.

Foi principalmente a partir de 2004 que se assistiu à emergência de novas políticas e estratégias de âmbito nacional e europeu que visaram impulsionar a reabilitação urbana, materializadas na entrada em vigor de vários instrumentos de gestão territorial e na criação de diversos apoios e incentivos, cujos resultados práticos começam agora a ser visíveis nas cidades portuguesas (Santos, 2018).

Assim e com base na legislação, é apresentada uma breve caracterização e sistematização temporal dos principais instrumentos estratégicos e de gestão territorial direcionados para a reabilitação urbana, sendo dado particular ênfase ao caso do Município de Viseu. São analisados estes instrumentos estratégicos procurando-se identificar as prioridades e os objetivos que visam atingir, assim como compreender a substância e a magnitude das mudanças que podem gerar na cidade de Viseu (Câmara Municipal de Viseu, 2015a). É, sobretudo, a este nível que o trabalho pretende dar o seu contributo.

O texto conclui evidenciando os novos e empolgantes desafios que a reabilitação urbana coloca às cidades e aos seus stakeholders, mas também salientando as consideráveis dificuldades que lhe estão associados, e que conduzem, necessariamente, a uma evolução constante dos instrumentos de gestão territorial, designadamente no domínio da reabilitação urbana

Palavras-chave: Reabilitação / Cidade / Instrumentos / Estratégia / Viseu

1. INTRODUÇÃO

Como é reconhecido, durante muitos verificou-se uma intensa degradação dos centros urbanos das cidades portuguesas. Possuindo geralmente uma localização geográfica privilegiada e um património arquitetónico riquíssimo, os centros urbanos foram progressivamente votados ao abandono e à degradação, sem que entretanto nada fosse feito.

Muitos fatores contribuíram para a degradação dos centros das cidades. O seu declínio esteve fortemente relacionado com as mudanças políticas, funcionais e tecnológicas que alteraram os equilíbrios espaciais (Carley, Campbell, Kearns *et al.*, 2000; McCarthy, 2007; Tallon, 2010). Como resultado, assistiu-se nos centros urbanos a uma excessiva concentração do sector terciário, ao êxodo da população residente para as periferias (gerando-se diariamente enormes fluxos de tráfego), bem como à diminuição da diversidade funcional que caracterizava as velhas centralidades. Gradualmente, foi-se observando a substituição de atividades tradicionais próximas da população por novas atividades, muitas vezes, desconectadas da sua envolvente. Deste modo, os cafés deram lugar aos bancos e às lojas de telecomunicações e as habitações aos escritórios e aos hostels.

Os centros das cidades tornaram-se densos e intransitáveis durante o dia e, em muitos casos, espaços desertos e desagradáveis, entregues a turistas e a excluídos, a partir do final da tarde.

Salvo honrosas exceções, os Governos esqueceram-se dos centros urbanos e os privados deixaram de investir em áreas pouco apelativas em termos comerciais e socialmente problemáticas (Santos, Branco-Teixeira, 2016). Este processo de degradação urbana cresceu em espiral, estendendo-se rapidamente à envolvente dos centros, afastando a população jovem e dinâmica das zonas centrais, cada vez menos atrativas para o investimento e a vivência urbana.

O reconhecimento desta grave situação de degradação dos centros urbanos, cuja continuidade punha em causa a própria sustentabilidade económica e social dos países, ocorreu tanto a nível europeu como nacional, e esteve na base da criação de políticas e instrumentos tendentes a inverter a degradação do parque habitacional português.

2. NOVAS POLÍTICAS E INSTRUMENTOS NA REABILITAÇÃO URBANA

A reabilitação dos centros urbanos é atualmente considerada pelos técnicos e pelos decisores políticos como um vetor imprescindível para o desenvolvimento sustentável das cidades e para a melhoria das condições de vida das populações. Com efeito, como referem Diamond, Liddle, Southern *et al.* (2010), apesar do seu declínio, as zonas centrais possuem um enorme potencial, continuando a manter atividades de elevado valor, sobretudo relacionadas com as funções institucionais, culturais, económicas e turísticas.

Como destacam Porter e Shaw (2009), a reabilitação urbana tornou-se assim uma prioridade na resposta a esta espiral do declínio urbano, permitindo desenvolver novas atividades económicas e novos empregos, reduzindo os problemas sociais e promovendo a inclusão social.

No entanto, para atingirem estes objetivos, é necessário sustentar a reabilitação urbana em instituições estáveis económica e politicamente, e em políticas de incentivos fortes e de legislação favorável à dinamização do mercado da reabilitação urbana (Breda-Vázquez, Conceição, Branco-Teixeira, 2002).

Em toda a Europa, particularmente nas duas últimas décadas, foram criados novos programas, dinamizadas novas instituições e publicada nova legislação para fomentar a regeneração urbana Porter e Shaw (2009). Os resultados de intervenções já realizadas em cidades da Alemanha, da Itália, do Reino Unido ou da França representam bons exemplos do êxito das reformas implementadas (Couch, Sykes, Börstinghaus, 2011). A aposta

passou por uma abordagem integrada dos centros urbanos e por uma intervenção determinada dos decisores públicos em favor da promoção do investimento e da sedução de empresas e pessoas para a causa da reabilitação (Diamond, Liddle, Southern *et al.,* 2010).

Deve, contudo, reconhecer-se que as operações de reabilitação urbana se afiguram como intervenções extremamente complexa, que implicam muitas vezes a mobilização de recursos materiais e financeiros consideráveis e o envolvimento de numerosos intervenientes (PTPC, 2015). As ações de coordenação destas operações apresentam um grau de dificuldade muito elevado, exigindo de todos os intervenientes um grande esforço de compatibilização de interesses e de métodos de trabalho para que as operações de reabilitação tenham sucesso.

No caso português, com a aprovação do Regime Jurídico Excecional de Reabilitação Urbana, a 7 de Maio 2004, assistiu-se à emergência de novas políticas e estratégias que visaram impulsionar a reabilitação urbana, materializadas, como se verá seguidamente, na entrada em vigor de vários instrumentos de gestão territorial e na criação de diversos apoios e incentivos, cujos resultados concretos começam agora a ser visíveis nas cidades portuguesas.

Em termos práticos e de acordo com Santos (2018), podem enquadrar-se as diferentes iniciativas e os instrumentos desenvolvidos para potenciar a reabilitação urbana em três dimensões:

a) A Dimensão Estratégica – Onde se incluem documentos como o "Compromisso para o Crescimento Verde", a estratégia "Cidades Sustentáveis 2020" e a "Estratégia Nacional para a Habitação". Estes são unânimes no reconhecimento da reabilitação como uma aposta fundamental para o progresso de Portugal. Valorizam positivamente o impacto da reabilitação em termos físicos, económicos, ambientais, sociais e culturais. Criam um contexto que permite recuperar o papel competitivo dos antigos centros urbanos, promover o seu repovoamento e a recuperação do seu parque edificado, em especial o habitacional, e representam, incontestavelmente, uma viragem nos paradigmas que deram no passado prioridade à expansão urbana e à construção nova.
b) A Dimensão Legislativa – Onde se destacam iniciativas como a Reforma do Arrendamento Urbano, a Nova Geração de Políticas de Habitação, a Lei de Bases Gerais da Política Pública de Solos, de Ordenamento do Território e do Urbanismo e o Regime Excecional aplicável à Reabilitação de Edifícios ou de Frações que dão particular enfoque à reabilitação urbana. São potenciadas condições para dinamização do mercado de arrendamento e, consequentemente, para aumentar a capacidade para promover habitação. São regulamentados novos instrumentos de gestão do território que dão primazia à reabilitação urbana face à expansão dos aglomerados e são criados regimes excecionais que dispensam ou facilitam as intervenções de reabilitação do cumprimento de algumas normas aplicáveis à construção, entre outras do Regulamento Geral das Edificações Urbanas, possibilitando a adoção de soluções construtivas menos onerosas e mais rápidas, contribuindo assim, indiscutivelmente, para a dinamização da reabilitação urbana.
c) A dimensão financeira – Onde se realçam instrumentos e iniciativas como o Acordo de Parceria 2014-2020, o IFRRU 2020 – Instrumento Financeiro para a Reabilitação e Revitalização Urbanas, o Fundo Nacional de Reabilitação do Edificado (FNRE), o IFE 2020 – Instrumento Financeiro para a Energia e o Programa "Reabilitar para Arrendar" que foram concebidos para apoiar diretamente o financiamento da reabilitação urbana. Entre outras, são promovidas condições para a reabilitação ser privilegiada no acesso aos fundos comunitários, salientando-se o seu contributo para a melhoria da eficiência energética e para a redução do carbono nas áreas urbanas. Também as operações de reabilitação de edifícios destinados ao arrendamento regime de renda condicionada são objeto de ajudas mais favoráveis de financiamento. Tanto às entidades públicas com aos privados são disponibilizados veículos financeiros que lhes possibilitam investir mais facilmente na reabilitação.

Caracterizadas, de forma breve, as três dimensões e identificadas as principais iniciativas e instrumentos que as compõem, importa agora averiguar como é que se estão a concretizar na realidade, sendo para o efeito analisado o caso da reabilitação urbana da cidade de Viseu.

3. A REABILITAÇÃO URBANA NA CIDADE DE VISEU

3.1. Contextualização urbanística

A cidade de Viseu é na atualidade uma das principais e mais dinâmicas cidades portuguesas, possuindo uma atividade económica considerável, alicerçada num tecido empresarial pujante e numa população residente no concelho de 96.991 habitantes, em 2018 (Pordata, 2019). A cidade é favorecida pela sua localização geográfica, praticamente situada no centro do País e no ponto de cruzamento de duas importantes autoestradas nacionais, a A24 (IP3) e a A25 (novo traçado do IP5), o que lhe permite usufruir de ligações privilegiadas, quer ao Litoral, quer à Europa, e lhe dá projeção a nível nacional e internacional (ver Figura 1).



Figura 1 – Vista Aérea da Cidade de Viseu

O tecido urbano é constituído por uma estrutura edificada de elevado valor que importa preservar e valorizar, onde existem alguns equipamentos e serviços de inegável relevância, nomeadamente o Hospital São Teotónio, o Hospital CUF Viseu, o Instituto Politécnico de Viseu, o Polo da Universidade Católica, o Pavilhão Multiusos, a Incubadora Tecnológica Vissaium XXI, a Escola Superior de Saúde, os Centros Comerciais Palácio do Gelo Shopping e Fórum Viseu, o Museu Nacional Grão Vasco, a Sé Catedral e o Parque do Fontelo, os quais contribuem para uma intensa atividade quotidiana.

Este conjunto de características tem permitido que a cidade possua uma expressiva capacidade de atração de pessoas e de investimentos, afirmando o seu importante papel no desenvolvimento da região Centro do País.

3.2. A evolução dos instrumentos de gestão territorial em Viseu

A reabilitação urbana constitui uma prioridade de intervenção do Município de Viseu, como se constata pelos diversos instrumentos programáticos, estratégicos e de ordenamento do território que a autarquia tem vindo a

elaborar.

Com efeito, como se observa na Figura 2 relativa à evolução dos principais instrumentos estratégicos e de gestão territorial do Município de Viseu ao longo do tempo, é possível verificar as muitas iniciativas relacionadas com a reabilitação urbana desenvolvidas nos últimos anos.



Figura 2 – Evolução dos Instrumentos de Gestão Territorial do Município de Viseu

Um dos primeiros passos da estratégia de reabilitação urbana do Município de Viseu foi assinalado pela criação da Sociedade de Reabilitação Urbana - Viseu Novo, SRU, em 2005, que surge enquadrada pelo primeiro Regime Jurídico Excecional da Reabilitação Urbana (Decreto-Lei n.º 104/2004, de 7 de maio), enquanto empresa do setor empresarial local, participada pelo Município de Viseu, com 55% do capital social, e pelo IHRU – Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana, com 45% do capital.

A Viseu Novo, SRU nasce com o grande desígnio de promover a revitalização social, física e económica da Área Crítica de Recuperação e Reconversão Urbanística (ACRRU) que correspondia ao Centro Histórico e respetivo território envolvente, abrangendo uma área de 26 hectares, conforme declarado pelo Decreto-lei n.º 28/2003, de 11 de junho (ver Figura 3).

Logo após a criação da Viseu Novo, SRU, um dos primeiros trabalhos realizados foi o Estudo de Enquadramento Estratégico da ACRRU de Viseu, o qual foi concluído em 2006 (Câmara Municipal de Viseu, 2006). Este estudo assumiu como objetivo global da estratégia de intervenção "a integração do centro na dinâmica da cidade de Viseu", defendendo-se a sua concretização através do desenvolvimento de ações no interior da ACRRU e da sua articulação com as franjas urbanas que a circundam, assegurando o desenvolvimento das características de multifuncionalidade, diversidade e especificidade que sempre marcaram a existência desta zona.

Já no domínio dos instrumentos de gestão territorial, o Município de Viseu aprovou a versão final da revisão do Plano Diretor Municipal, em 2013, enquanto instrumento de planeamento territorial, que estabelece o modelo de organização espacial e a estratégia de desenvolvimento do território municipal, a classificação do solo, as regras, índices, indicadores e parâmetros aplicáveis à ocupação, uso e transformação do solo.



Figura 3 – Área Crítica de Recuperação e Reconversão Urbanística (ACRRU)

Entretanto, em 2010, o Município de Viseu aprovou o Plano de Pormenor da Cava de Viriato e Áreas Envolventes e, em 2013, o Plano de Pormenor da Envolvente Urbana do Rio Pavia, nos quais se previa a recuperação e requalificação dos respetivos territórios.

O Município de Viseu viria a dar um novo incremento à sua aposta na Reabilitação Urbana, em 2014, com a elaboração do VISEU VIVA – Plano de Ação para a Revitalização do Centro Histórico de Viseu, através do qual se pretendeu colocar o Centro Histórico numa trajetória de recuperação da vitalidade social e cultural, bem como de aumento da atratividade residencial, económica e turística.

De sublinhar que na estratégia para a revitalização do Centro Histórico é proposta a alteração da ACRRU em Área de Reabilitação Urbana (ARU), sendo adicionadas três novas áreas (a Cava de Viriato, a zona da Ribeira e o Bairro Municipal), dando lugar à aprovação da nova Área de Reabilitação Urbana de Viseu, concretizada em 25 de setembro de 2015, e tendo como período temporal de vigência o prazo máximo de 15 anos.

Ainda em 2015, e no âmbito da candidatura do Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano (PEDU) ao Portugal 2020, o Município de Viseu apresentou o Plano de Ação de Regeneração Urbana (PARU), cuja área de intervenção coincidia com a delimitação da ARU de Viseu. Os objetivos estratégicos definidos para o PARU resultaram da integração dos objetivos constantes na Proposta de delimitação da Área de Reabilitação Urbana de Viseu e no VISEU VIVA – Plano de Ação para a Revitalização do Centro Histórico de Viseu, devidamente articulados com os objetivos propostos para o PEDU. Procurou-se assim que o PARU se constituísse como um instrumento de

implementação das estratégias existentes para o território da ARU e de articulação, nesse mesmo território, com os objetivos estratégicos transversais do PEDU.

Já em Novembro de 2018, é aprovada a Operação de Reabilitação Urbana (ORU) Simples para a Área de Reabilitação Urbana de Viseu – Núcleo Histórico Central, Ribeira, Núcleo Histórico da Cava de Viriato e Núcleo Histórico do Bairro Municipal, com o intuito principal da reabilitação dos seus edifícios, sendo para este efeito disponibilizados incentivos e apoios aos seus proprietários e outros titulares sobre quem impende o dever da reabilitação urbana, numa intervenção integrada e congruente que atende aos problemas físicos, económicos, patrimoniais, sociais, culturais e ambientais existentes.

Descritos os principais instrumentos estratégicos e de gestão territorial elaborados neste novo século no Município de Viseu, importa agora compreender a substância e a magnitude das transformações que estão a ocorrer no tecido urbano da cidade de Viseu.

3.3. As intervenções urbanas

Nos últimos anos têm sido desenvolvidas de uma forma intensa e continuada múltiplas intervenções físicas na cidade de Viseu, quer ao nível da reabilitação do edificado, quer ao nível da requalificação do espaço público. Com efeito, um conjunto significativo de ações e projetos têm sido materializados através da intervenção do município em forte articulação e colaboração com diversas instituições e atores privados provenientes das mais diversas latitudes.

O município tem desempenhado um papel de liderança e de exemplo que tem atraído e estimulado o investimento privado na reabilitação da cidade.

Assim, ao nível da requalificação do património edificado público, entre 2001 e 2013, na área correspondente à antiga ACRRU e por ação da Viseu Novo, SRU, foram reabilitados 11 edifícios que envolveram um investimento global de 4,8 milhões de euros, entre despesas de reabilitação e custos de aquisição (Câmara Municipal de Viseu, 2018).

Mais recentemente, ou seja, após 2013, a intervenção pública tem vindo a intensificar-se com a requalificação de alguns edifícios emblemáticos localizados no Centro Histórico, designadamente do edifício da Casa do Miradouro, do Museu Almeida Moreira, do edifício da antiga "Papelaria Dias" (agora "Museu de História da cidade") e do antigo Quartel dos Bombeiros na Rua do Comércio (Incubadora de empresas).

Desde 2013 até ao presente momento, o investimento público no edificado (Município de Viseu e Viseu Novo, SRU) atingiu um valor total de 9,7 milhões de euros, entre custos de aquisição e obras de reabilitação (Câmara Municipal de Viseu, 2018).

Estas intervenções muito têm contribuído para a criação de novas dinâmicas no centro da cidade, envolvendo um enorme esforço conjugado de investimento público, municipal e comunitário, na requalificação do tecido urbano.

Não menos importantes, são os esforços que têm vindo a ser desenvolvidos no sentido de localizar um conjunto de serviços e equipamentos (públicos e privados), no "coração" da Zona Histórica, sendo de tal exemplos a instalação da Escola Profissional Mariana Seixas no edifício "Solar de Treixedo" (pertencente ao Banco Montepio) na Rua Direita, a aquisição do edifício localizado no gaveto formado pela Rua Dr. Luís Ferreira, Travessa de S. Domingos e Rua D. Duarte para a instalação de um Serviço Municipal (Águas de Viseu) e a aquisição da "Casa das Bocas" na Rua João Mendes para instalação de uma Unidade de Saúde Familiar.

Também o investimento no sector privado tem registado uma crescente dinâmica, aspeto que assume especial relevância a partir de 2015, com a intervenção em muitos edifícios, sobretudo no que concerne à execução de

obras de requalificação e de manutenção.

Em termos globais, entre 2009 e abril de 2018, foram transacionados 247 imóveis, tendo o Município de Viseu exercido direito de opção em 8 deles. Estas operações originaram cerca de 27 milhões de euros de investimento. Como se pode verificar pelo Quadro 1, registou-se anualmente uma dinâmica evolutiva positiva, quer em nº de transmissões, quer em valor de aquisição, com exceção do ano de 2012, provavelmente em resultado da crise global que se tinha declarado no ano anterior.

Quadro 1 – Transação de imóveis na ARU de Viseu, entre 2009 e abril de 2018

Ano	N.º Imóveis	Valor (€)
2009	9	2.079.637,50
2010	12	1.336.500,00
2011	12	1.777.472,00
2012	5	189.500,00
2013	12	1.150.990,00
2014	17	2.752.740,00
2015	32	3.979.585,00
2016	57	5.287.656,25
2017	60	5.187.065,37
Abril 18	31	3.055.000,00
	247	26.796.146,12

Fonte: Viseu Novo, SRU

Esta dinâmica, associada à intervenção direta de muitos proprietários, no mesmo período, originou a reabilitação de 106 edifícios, ora para habitação, ora para atividades terciárias, ao que se devem somar intervenções de menor expressão em muitos edifícios (Câmara Municipal de Viseu, 2018).

Com efeito, também num quadro de ações mais pontuais integradas nos programas de incentivos entretanto criados, constatou-se um significativo desenvolvimento em termos da reabilitação do edificado. Por exemplo, entre 2009 e abril de 2018, o Programa de Incentivo Financeiro para a Recuperação de Alçados permitiu intervir em 137 fachadas de edifícios (ver Quadro 2), com uma comparticipação municipal de cerca de 170 mil euros, o que equivale a um investimento estimado de cerca de 2 milhões de euros.

Quadro 2 – Fachadas recuperadas na ARU de Viseu, entre 2009 e abril de 2018

Ano	N.º Imóveis	Valor (€)
2009	6	9.716,25
2010	25	29.710,73
2011	19	21.625,44
2012	28	37.929,54
2013	25	39.203,42
2014	12	13.164,40
2015	0	-
2016	6	4.198,35
2017	8	9.893,25
Abril 18	8	6.700,50
	137	172.141,88

Fonte: Viseu Novo, SRU

De igual modo, entre 2015 e abril de 2018, o Programa de Incentivo Financeiro para a Correção Acústica permitiu intervir em 21 edifícios privados (em especial foram executadas obras em vãos e coberturas), tendo-se cifrado a comparticipação municipal em aproximadamente 22 mil € (ver Quadro 3).

Quadro 3 – Correções acústicas na ARU de Viseu, entre 2009 e abril de 2018

Ano	N.º Imóveis	Valor (€)
2015	2	3.640,00
2016	4	5.300,00
2017	12	11.920,00
Abril 18	3	1.500,00
	21	22.360,00

Fonte: Viseu Novo, SRU

Também ao nível da requalificação do espaço público foram realizadas diversas intervenções durante o mesmo período de tempo. O município tem efetuado uma forte aposta na promoção do espaço público, dado que entende que ele constitui um grande alavancador do investimento privado, nomeadamente para a área da reabilitação urbana (Câmara Municipal de Viseu, 2015b).

Embora o espaço público do centro da cidade se encontre praticamente todo infraestruturado e, de uma forma geral, num estado de boa conservação e preservação, a câmara municipal tem vindo requalificar inúmeras praças e arruamentos, designadamente melhorando o mobiliário e equipamento urbano, a iluminação pública e a sinalética. Exemplo disso são os casos das obras de reabilitação das ruas João Mendes, Soar de Cima, Cónego Martins e Almeida Moreira.

Assim, desde 2013 até à atualidade, o investimento no espaço público (Município de Viseu e Viseu Novo, SRU) atingiu um valor total de 1,6 milhões de euros, referentes a projetos, fiscalização e obras, que se espera tenham um efeito multiplicador no que respeita ao investimento privado.

4. CONCLUSÕES

De forma gradual mas contínua, foi-se enraizando na sociedade portuguesa uma cultura que reconhece e valoriza o papel da reabilitação urbana para potenciar a atividade económica e melhorar a qualidade de vida das populações. Sinais claros deste facto são visíveis no aumento das intervenções de reabilitação urbana que têm acontecido um pouco por toda a parte, impulsionando a revitalização do edificado e a criação de espaços com maior qualidade urbanística e ambiental.

Como se constata no texto, os múltiplos instrumentos e iniciativas de âmbito nacional e europeu lançados recentemente constituem um quadro de referência que em muito tem contribuído para incrementar a reabilitação urbana em Portugal. Aliás, e segundo as três dimensões aqui equacionadas – estratégica, legislativa e financeira – fica clara a preocupação crescente dos decisores políticos em eleger a reabilitação urbana como uma área prioritária da ação pública, dado que tem um impacto direto significativo na melhoria do edificado e do espaço público, na dinamização do tecido económico, na criação de empregos, na atração e fixação de populações, na revitalização do comércio tradicional, no incremento do turismo e no desenvolvimento de atividades ligadas à cultura e ao lazer.

Com efeito, os novos instrumentos e iniciativas de natureza estratégica, legislativa e financeira estão a proporcionar condições em termos de regulamentação e de acesso a apoios e incentivos financeiros e fiscais mais favoráveis e adequados à promoção da reabilitação urbana. Em particular, a legislação portuguesa tem vindo a tornar-se mais específica, flexível e adaptada aos condicionantes e requisitos da realidade nacional ao nível do espaço edificado.

Os novos instrumentos e iniciativas procuram desenhar estratégias de reabilitação urbana que estejam assentes numa maior articulação e colaboração entre a administração central e local, assegurando as melhores ligações entre todos os intervenientes e aumentando o envolvimento e a responsabilização das comunidades locais. Assume-se claramente que reabilitação pressupõe uma forte participação do setor privado. Assim sendo,

entende-se como vital o estabelecimento de um clima institucional que favoreça a implementação de parcerias público-privadas, onde se definam regras verdadeiramente operacionais que permitam desencadear o maior número possível de ações de reabilitação urbana.

No caso concreto da reabilitação urbana na cidade de Viseu, analisada ao longo deste artigo, pôde constatar-se que a reabilitação tem vindo a afirmar-se consistentemente, sendo já observáveis muitas transformações territoriais no tecido urbano. De facto, as políticas públicas para a área da reabilitação urbana na cidade de Viseu têm possibilitado uma grande dinâmica construtiva nos últimos anos, o que é evidenciado pelo elevado número e valor das transações de imóveis ocorridas na ARU de Viseu (desde 2009, 247 imóveis e mais de 26 milhões de euros). Também no que se refere a obras executadas no edificado (alçados e acústica) com o apoio de programas de incentivos criados pela autarquia, o investimento privado tem sido muito significativo.

Para além do contributo fundamental dos novos instrumentos e iniciativas de natureza estratégica, legislativa e financeira, a obtenção destes bons resultados resulta em grande medida da agilização dos processos administrativos, havendo presentemente uma grande proximidade entre a autarquia, a Viseu Novo, SRU e a população, o que permite responder com maior eficiência à complexidade das operações de reabilitação urbana. Neste sentido, deve sublinhar-se a ação da sociedade civil local, o brio e o orgulho dos Visienses na sua cidade, com um fator importante na hora de dinamizar o investimento.

No entanto, e apesar dos resultados já alcançados, colocam-se ainda muitos, empolgantes e difíceis, desafios na reabilitação urbana da cidade. Com efeito, muito ainda há a fazer, em particular importa apostar na habitação para fixar a população no núcleo histórico e alargar a reabilitação à envolvente do centro e às periferias da cidade onde ainda existem muitos edifícios e espaços públicos para recuperar.

Cabe principalmente ao Município responder a estes desafios que emanam continuamente do tecido urbano, desenvolvendo estratégias de reabilitação urbana inovadores que façam a diferença e induzam ao investimento, o que implica seguramente a emergência de novas iniciativas e de novos instrumentos de gestão territorial no domínio da reabilitação urbana. Um dos mais interessantes desafios reside na candidatura já em curso da cidade de Viseu a Património Mundial da UNESCO, o que trará certamente mais responsabilidades ao poder local e a todos os Visienses e uma redobrada atenção com o património construído.

REFERÊNCIAS

BREDA-VÁZQUEZ, I.; CONCEIÇÃO, P.; BRANCO-TEIXEIRA, M., 2002 – **The operational capacities of evaluation in urban regeneration policies: some issues from Portugal**. In: *The Sustainable City II: Urban Regeneration and Sustainability*. Southampton, C. A. Brebbia: WIT PRESS, pp. 325-334.

CARLEY, M.; CAMPBELL, M.; KEARNS, A. *et al.*,2000 – **Regeneration in The 21st Century: policies into Practice**. Área Regeneration Series. Policy Press.

COUCH, C.; SYKES, O.; BO¨RSTINGHAUS, W., 2011 – **Thirty years of urban regeneration in Britain, Germany and France: the importance of context and path dependency**. *Progress in Planning*. n.º 75, pp. 1-52.

CÂMARA MUNICIPAL DE VISEU, 2006 – **Estudo de enquadramento estratégico da ACRRU de Viseu**. Viseu: Câmara Municipal de Viseu.

CÂMARA MUNICIPAL DE VISEU, 2014a – **Plano estratégico para a revitalização do centro histórico de Viseu**. Viseu: Câmara Municipal de Viseu.

CÂMARA MUNICIPAL DE VISEU, 2014b – **VISEU VIVA – Plano de ação para a revitalização do centro histórico de Viseu**. Viseu: Câmara Municipal de Viseu.

CÂMARA MUNICIPAL DE VISEU, 2015a – **Plano de ação de regeneração urbana: Viseu**. Viseu: Câmara Municipal de Viseu.

CÂMARA MUNICIPAL DE VISEU, 2015b – **Plano estratégico de desenvolvimento urbano de Viseu 2020**. Viseu: Câmara Municipal de Viseu.

CÂMARA MUNICIPAL DE VISEU, 2015c – **Plano de ação de regeneração urbana (PARU)**. Viseu: Câmara Municipal de Viseu.

CÂMARA MUNICIPAL DE VISEU, 2015d – **Proposta de delimitação da área de reabilitação urbana de Viseu – centro histórico, Ribeira, Cava de Viriato e bairro municipal**. Viseu: Câmara Municipal de Viseu.

CÂMARA MUNICIPAL DE VISEU, 2016 – **Plano de ação VISEU PATRIMÓNIO 2016 – 2024**. Viseu: Câmara Municipal de Viseu.

CÂMARA MUNICIPAL DE VISEU, 2018 – **Operação de reabilitação urbana (ORU) simples para a área de reabilitação urbana de Viseu "núcleo histórico central, Ribeira, núcleo histórico da Cava de Viriato e núcleo histórico do bairro municipal**. Viseu: Câmara Municipal de Viseu.

DECRETO-LEI n.º 28/2003, de 11 de junho – **Área crítica de recuperação e reconversão urbanística (ACRRU)**.

DECRETO-LEI n.º 104/2004, de 7 de maio – **Regime jurídico excecional de reabilitação urbana**.

DECRETO-LEI n.º 307/2009, de 23 de outubro – **Regime jurídico de reabilitação urbana**. **Novos instrumentos de reabilitação urbana: repercussões na cidade de Viseu.**

DECRETO-LEI n.º 53/2014, de 8 de abril – **Regime excecional aplicável à reabilitação de edifícios ou de frações**.

DIAMOND, J.; LIDDLE,J.; SOUTHERN, A. *et al*., 2010 – **Urban regeneration management: international perspectives.** Edição Londres: Routledge.

LEI n.º 31/2014, de 30 de maio – **Lei de bases gerais da política pública de solos, de ordenamento do território e do urbanismo.**

MAOTE, 2014 – **Compromisso para o crescimento verde.** [Em linha] Disponível:<http://www.crescimentoverde.gov.pt/compromisso/> [31/08/2018].

MCCARTHY, J., 2007 – **Partnership, collaborative planning and urban regeneration**. Aldershot: Ashgate.

PORDATA, 2019 – **Base de dados dos municípios**. [Em linha] Disponível: <www.pordata.pt/Municipios/ População+residente++estimativas+a+31+de+Dezembro -120. > [2/12/2019].

PORTER, L. E; SHAW, K., 2009 – **Whose urban renaissance? An International comparison of urban regeneration strategies**. Londres: Routledge.

PORTUGAL 2020, 2014 – **Acordo de parceria 2014-2020**. [Em linha] Disponível: <www.portugal2020.pt/Portal2020/Media/Default/Docs/1.%20AP_Portugal%202020_28julho.pdf . > [17/09/2019].

PTPC, 2015 – **Reflexão sobre a estratégia para a reabilitação em Portugal**. Lisboa: Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção.

RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS n.º 48/2015, 15 de julho – **Estratégia nacional para a habitação.**

RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS n.º 52-A/2015, de 23 de julho – **Instrumento Financeiro para a Reabilitação e Revitalização Urbanas (IFRRU 2020).**

RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS n.º 57/2015, de 30 de julho – **Instrumento Financeiro para a Energia (IFE 2020).**

RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS n.º 61/2015, de 11 de agosto – **Cidades sustentáveis 2020**.

RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS nº 48/2016, de 1 de setembro – **Fundo Nacional de Reabilitação do Edificado (FNRE).**

RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS n.º 50-A/2018, de 2 de maio – **Nova geração de políticas de Habitação (NGPH).**

SANTOS, A., 2018 – **Reabilitação urbana e a sustentabilidade das cidades**. Porto: Vida Económica. ISBN 978-989-768-496-8.

SANTOS, A.; BRANCO-TEIXEIRA, M.,2016 – **Reabilitação urbana: novo paradigma das políticas urbanas na cidade do Porto**. *A Obra Nasce*. N.º 11, pp. 87-106. ISSN: 2183-427X.

TALLON, A., 2010 – **Urban regeneration in the UK**. Londres: Routledge.

ÁREA MÍNIMA DA HABITAÇÃO NA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS. ANÁLISE DAS EXIGÊNCIAS DEFINIDAS NA PORTARIA Nº 304/2019

MINIMUM DWELLING AREA FOR BUILDINGS REHABILITATION. ANALYSIS OF REQUIREMENTS SET IN ORDINANCE NO. 304/2019



João Branco Pedro

LNEC, Portugal, jpedro@lnec.pt

RESUMO

A Portaria nº 304/2019 estabelece os requisitos funcionais da habitação e da edificação em conjunto aplicáveis à reabilitação, que prevalecem sobre o estabelecido no *«Regulamento Geral das Edificações Urbanas»* (RGEU).

Para garantir adequadas condições de salubridade das habitações, a Portaria define requisitos mínimos de equipamento, de área e de dimensão para os compartimentos das habitações.

Nesta comunicação, é analisado se esses requisitos garantem adequadas condições para o exercício das funções de uso da habitação, e são comparadas as áreas úteis do fogo que resultam da Portaria com as definidas no RGEU.

Conclui-se que (i) a Portaria admite áreas e dimensões inferiores ao RGEU mas os compartimentos continuam a permitir incluir o mobiliário e equipamento essencial ao uso da habitação, e (ii) as áreas úteis dos fogos por morador da Portaria são idênticas ou superiores às do RGEU.

Considera-se que os resultados apresentados contribuem para a boa compreensão do diploma, sendo uma boa forma de promover a sua correta aplicação.

Palavras-chave: Reabilitação / Habitação / Área Mínima / RGEU / Portaria nº 304/2019

1. INTRODUÇÃO

O *Regime Aplicável à Reabilitação de Edifícios ou Frações Autónomas*, aprovado pelo Decreto-Lei nº 95/2019, de 18 de julho, adequou o enquadramento legal e regulamentar da construção às exigências e especificidades da reabilitação. Um dos diplomas que regulamenta este Decreto-Lei é a Portaria nº 304/2019, de 12 de setembro (doravante designada apenas de Portaria), que define os requisitos funcionais mínimos da habitação e da edificação em conjunto. Estes requisitos, nas intervenções de reabilitação abrangidas pelo âmbito de aplicação da Portaria, prevalecem sobre o estabelecido no *«Regulamento Geral das Edificações Urbanas»* (RGEU), aprovado pelo Decreto-Lei nº 38 382, de 7 de agosto de 1951, com as alterações posteriores.

Para o interior das habitações, a Portaria define requisitos mínimos de equipamento, de área e de dimensão. Nesta comunicação, é analisado se esses requisitos garantem adequadas condições para o exercício das funções de uso da habitação, e são comparadas as áreas úteis do fogo que resultam da Portaria com as definidas no RGEU. Como conclusão, são apurados e discutidos os resultados.

2. CONCEITOS

Os principais conceitos utilizados na comunicação são os seguintes:

1) *Habitação* – unidade funcional destinada ao uso como habitação familiar; compreende o fogo e as dependências do fogo.
2) *Fogo* – conjunto de compartimentos nucleares de uma habitação interligados entre si.
3) *Compartimento* – cada um dos espaços encerrados e com acesso próprio em que se divide o fogo.
4) *Função* – conjunto de atividades que constituem uma unidade no uso da habitação.
5) *Área útil* – superfície de pavimento disponível para o uso.
6) *Dimensão útil* – diâmetro do maior círculo inscrito.
7) *Dimensões físicas* – dimensões do espaço ocupado pelo mobiliário ou equipamento.
8) *Dimensões de uso* – dimensões do espaço livre necessário para usar o mobiliário ou equipamento.
9) *Lotação máxima* – número máximo de moradores da habitação.
10) *Lotação provável* – número previsível de moradores da habitação, atendendo ao número e tipo de quartos, possibilidade de partilha de quartos por sexo e idade, e prevalência de funções complementares ao uso habitacional (*e.g.*, quarto utilizado como escritório).
11) *Nível básico de qualidade* – condições de segurança e de salubridade que colocam a vida humana, nos seus aspetos físicos e mentais, ao abrigo de ser prejudicada.
12) *Nível mínimo de qualidade* – assegura a satisfação das necessidades elementares de vida quotidiana no horizonte temporal da vida útil dos edifícios.

3. COMPARTIMENTOS

Nesta secção apresenta-se uma análise da capacidade dos compartimentos definidos nos artigos 5º e 6º da Portaria integrarem o mobiliário e equipamento da habitação necessários ao desempenho das funções essenciais da habitação. Para esta análise, foram consideradas as dimensões mínimas do mobiliário e do equipamento apuradas em Pedro *et al.* (2011) e os requisitos de acessibilidade das pessoas com mobilidade condicionada, previstos na Portaria n.º 301/2019, de 12 de setembro, para intervenções médias (*i.e.*, portas com 0,80 m de

largura e espaços livres de manobra com 1,20 m de diâmetro[1]).

3.1. Sala

«A sala, quando objeto de intervenção, deve ter área útil não inferior a 10 m² ou, quando integrar o equipamento de cozinha, 14 m², permitindo em qualquer dos casos a inscrição de um círculo com diâmetro não inferior a 2,10 m».

Uma sala com 10 m² de área útil permite integrar uma mesa de refeições, um sofá ou um divã, uma estante, uma mesa para televisão e um espaço livre de manobra. As dimensões destes equipamentos são indicadas no quadro 1. A mesa para televisão e a estante podem ser conjugadas num único conjunto (*e.g.*, uma estante com espaço para televisão). Embora seja viável dispor o mobiliário numa sala com 2,10 m de dimensão útil, 2,40 m permitem uma configuração do compartimento e uma disposição do mobiliário mais adequadas (figura 1). Observa-se que o mobiliário que é possível integrar numa sala com 10 m² de área útil adequa-se a habitações com lotação não superior a 4 pessoas (*i.e.*, mesa de refeições com 4 lugares e sofá com 2 lugares).

Quadro 1 – Dimensões do mobiliário da sala

	Dimensões físicas (m)	Dimensões de uso (m)
Sofá de 2 lugares com braços	1,70 x 0,70	0,50 à frente
Divã	2,00 x 1,00	0,50 à frente
Mesa de refeições com 4 lugares	1,20 x 0,80	0,80 de ambos os lados
Mesa para televisão	1,20 x 0,40	0,60 à frente
Estante	0,40 x 0,35	0,60 à frente

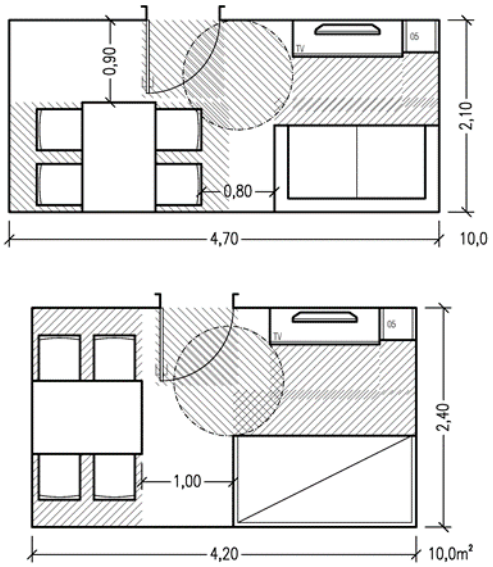


Figura 1 – Modelos de salas

3.2. Cozinha

«A cozinha ou o equipamento de cozinha instalado na sala deve incluir pelo menos um lava-louça e condições para a instalação de um fogão e de um frigorífico, utilizáveis com segurança, conforto, salubridade e funcionalidade».

Uma cozinha com 4,5 m² de área útil permite integrar um frigorífico, um fogão, ou lava-louça e uma bancada de trabalho (sob a qual pode ser instalado um espaço de arrumação ou uma máquina de lavar louça ou roupa) (quadro 2).

[1] Observa-se que este espaço livre de manobra é inferior ao definido no n.º 4.4.1 do anexo do Decreto-Lei n.º 163/2008, de 8 de agosto, que prevê 1,20 x 1,50 m para uma rotação de 180° e 1,50 m de diâmetro para uma rotação de 360°.

Quadro 2 – Dimensões do equipamento de cozinha

	Dimensões físicas (m)	Dimensões de uso (m)
Frigorífico	0,60 x 0,60	0,60 x 0,70
Fogão	0,60 x 0,60	0,60 x 0,80
Lava-louça e bancada	0,60 x 0,60	0,60 x 0,50
Máquina de lavar louça	0,60 x 0,60	1,10 x 0,60*
Máquina de lavar roupa	0,60 x 0,60	1,10 x 0,60*

* Acesso de lado ao equipamento

Optou-se por considerar os equipamentos com dimensões normalizadas, embora existam equipamentos mais reduzidos. Embora a bancada de trabalho não seja explicitamente referida na Portaria, considera-se que é indispensável para preparar alimentos, lavar e secar utensílios, e assegurar o afastamento entre o fogão e o lava-louça. A dimensão útil da cozinha não deve ser inferior a 1,80 m (0,60 m do equipamento mais 1,20 m de espaço de manobra), embora se admita ser viável uma largura inferior se o espaço não for utilizável por pessoas com mobilidade condicionada (figura 2). Observa-se que o equipamento de cozinha previsto se adequa a habitações com lotação não superior a 3 pessoas. Para habitações com uma lotação superior, deve ser previsto mais espaço de bancada.

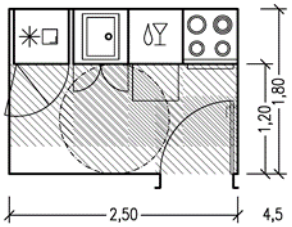


Figura 2 – Modelo da cozinha

Se o equipamento de cozinha previsto no quadro 2 for integrado na sala, o acréscimo de 4,0 m² à área útil da sala é suficiente. Contudo, uma dimensão útil da sala de apenas 2,10 m, embora seja viável, é claramente desadequada para a configuração do compartimento e para a disposição do mobiliário e equipamento (figura 3).

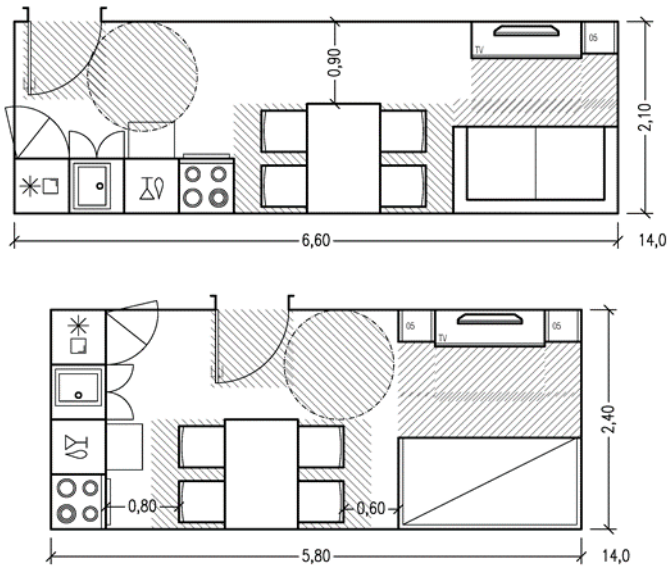


Figura 3 – Modelos de salas

3.3. Quartos

Pequena reorganização espacial[2]

«Os quartos, quando objeto de intervenção, devem ter uma área útil não inferior a 5 m² e permitir a inscrição de um círculo com diâmetro não inferior a 2,10 m».

Um quarto com 5 m² de área útil apenas pode ser individual, integrando para o efeito uma cama, uma mesa de cabeceira, um roupeiro e uma cadeira (quadro 3). A dimensão útil de 2,10 m é adequada (figura 4).

Grande reorganização espacial[3]

«Os quartos devem ter uma área útil não inferior a 6,5 m² e permitir a inscrição de um círculo com diâmetro não inferior a 2,10 m, exceto quando a tipologia resultante seja superior a um T4, sendo aplicável nestes casos o disposto para os quartos nos artigos 66º e 69º do RGEU, com exceção do quarto de casal cuja área mínima é de 9,0 m², permitindo a inscrição de um círculo com diâmetro não inferior a 2,10 m».

Um quarto com 6,5 m² de área útil deve ser individual, integrando uma cama, uma mesa de cabeceira, um roupeiro individual, uma estante e uma mesa de trabalho (quadro 3). Pode existir compensação entre a mesa de trabalho e a estante (*e.g.*, estante maior e mesa mais pequena). Uma dimensão útil de 2,10 m é adequada para o quarto individual (figura 4). Muito dificilmente um quarto com 6,5 m² de área útil permite incluir o mobiliário mínimo necessário para um quarto duplo.

Um quarto com 9,0 m² de área útil pode ser duplo, integrando neste caso duas camas, duas mesas de cabeceira, uma cadeira e um roupeiro duplo (quadro 3). Observa-se que não é viável integrar uma mesa de trabalho, a menos que se utilize um beliche em vez das duas camas individuais. Uma dimensão útil de 2,10 m para o quarto duplo é pouco viável, sendo recomendado 2,40 m (figura 5).

Em alternativa, um quarto com uma área útil de 9,0 m² pode também ser de casal, integrando neste caso uma cama de casal, duas mesas de cabeceira, uma cadeira e um roupeiro duplo (quadro 3). É inviável que o quarto de casal tenha uma dimensão útil de 2,10 m, sendo necessário, pelo menos, 2,50 m (figura 5).

Quadro 3 – Dimensões do mobiliário dos quartos

	Dimensões físicas (m)	Dimensões de uso (m)
Cama individual	2,00 x 0,90	0,60 à frente
Cama de casal	2,00 x 1,60	0,60 dos lados e à frente
Mesa de cabeceira	0,45 x 0,40	0,50 à frente
Roupeiro individual	0,80 x 0,60	0,60 à frente
Roupeiro duplo	1,20 x 0,60	0,60 à frente
Mesa de trabalho	0,60 x 1,00	0,70 à frente
Estante	0,60 x 0,35	0,60 à frente
Cadeira	0,50 x 0,40	–

[2] «"Obras de pequena reorganização espacial", as obras de alteração de que resulte a reorganização espacial de uma habitação que, cumulativamente: i) não altera a localização, forma ou dimensão de mais do que um terço do número total de compartimentos; ii) não aumenta o número de compartimentos em mais do que um; iii) não altera a localização, forma ou dimensão da escada, quando esta existir; iv) não altera a dimensão do corredor interior; v) não altera o número de habitações; vi) não altera o número de pisos» (artigo 2.º da Portaria n.º 304/2019, de 12 de setembro).

[3] «"Obras de grande reorganização espacial", as obras de alteração de que resulte a reorganização espacial de uma habitação não incluídas» [nas obras de pequena reorganização espacial] (artigo 2.º da Portaria n.º 304/2019, de 12 de setembro).

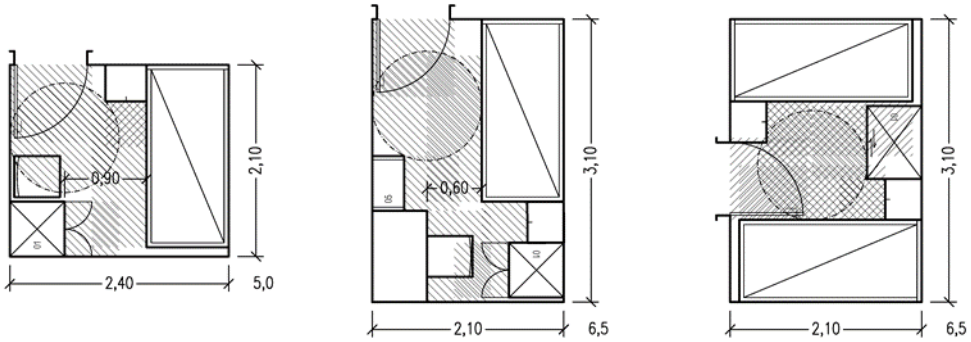


Figura 4 – Modelos de quartos

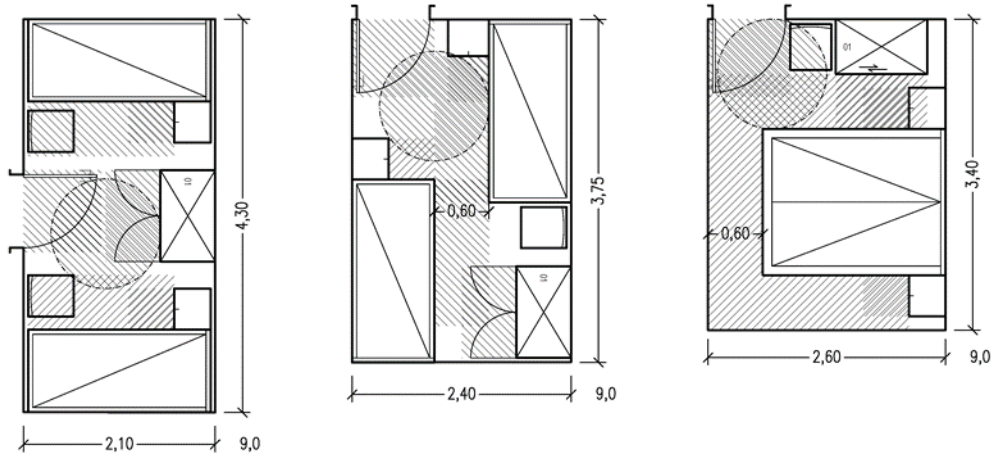


Figura 5 – Modelos de quartos

3.4. Salas e quartos com mais de 15 m²

«4 – Nos compartimentos referidos nas alíneas a) e b) do nº 2 e alíneas a) e b) do nº 3, sempre que a área útil do compartimento for superior a 15 m² deve ser permitida a inscrição de um círculo com diâmetro não inferior a 2,40 m».

Esta norma determina que as salas e os quartos com área útil superior a 15 m² tenham uma dimensão útil não inferior a 2,4 m. Isto significa que admite compartimentos com uma relação entre comprimento e largura superior a 3 para 1. Considera-se que, na generalidade dos casos, esta configuração é desadequada. Em compartimentos com área útil igual ou superior a 9 m² recomenda-se uma dimensão útil não inferior a 2,4 m.

3.5. Instalações sanitárias

«As instalações sanitárias devem ter uma dimensão que permita a utilização dos equipamentos sanitários em condições de segurança, conforto, salubridade e funcionalidade».
«"Instalação sanitária completa", a instalação sanitária que inclua, pelo menos, um lavatório, uma sanita e uma base de duche». «"Instalação sanitária complementar", a instalação sanitária que inclua, pelo menos, uma sanita e um lavatório».

A área das instalações sanitárias resulta da disposição do equipamento sanitário. Verifica-se que uma instalação sanitária completa necessita, pelo menos, de uma área útil de 3,0 m² e uma instalação sanitária complementar necessita, pelo menos, de uma área útil de 1,5 m² (figura 5). As dimensões dos equipamentos sanitários adotadas são indicadas no quadro 4. Considerou-se que a base de duche está de nível com o pavimento, permitindo a manobra de uma pessoa em cadeira de rotas, caso contrário a área útil da instalação sanitária teria de ser maior.

Quadro 4 – Dimensões do equipamento sanitário

	Dimensões físicas (m)	Dimensões de uso (m)
Lavatório	0,60 x 0,50	0,80 x 0,50
Lava mãos	0,45 x 0,35	0,80 x 0,50
Sanita	0,40 x 0,65	0,60 x 0,50
Base de duche	0,80 x 0,80	0,60 de um lado

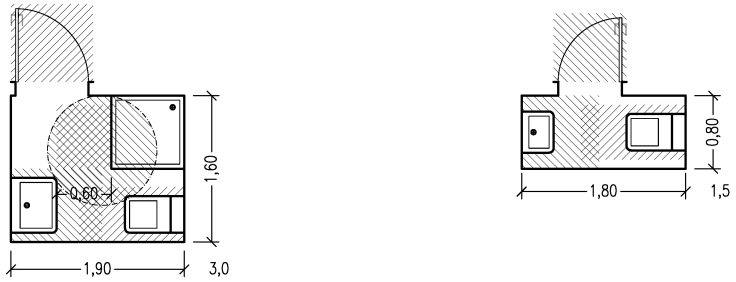


Figura 5 – Modelos de instalações sanitárias

3.6. Corredores

«Os corredores das habitações que não sejam objeto de alteração podem manter as suas dimensões, caso contrário, devem cumprir o estabelecido no artigo 70º do RGEU.»

Nas grandes reorganizações espaciais, os corredores devem ter uma largura não inferior a 1,10 m, exceto se tiverem um comprimento não superior a 1,50 m, caso em que a sua largura pode ser reduzida para 0,90 m. Num corredor com uma largura de 1,10 m, uma pessoa pode circular de frente junto a móvel ou estante baixa (0,60 m de largura de passagem + 0,50 m de largura do móvel ou estante). Se a largura for de 0,90 m, duas pessoas podem cruzar-se de lado.

3.7. Escadas das habitações

«As escadas das habitações que não sejam objeto de alteração podem manter as suas dimensões, caso contrário devem ter uma largura não inferior a 0,70 m e ser dimensionadas de modo a garantir uma utilização ergonómica.»

Uma escada com uma largura de 0,70 m permite a circulação de uma pessoa de frente. A pessoa necessita de uma largura livre de 0,60 m, à qual se soma uma tolerância de 0,10 m para corrimãos e o movimento oscilatório do corpo ao subir ou descer a escada.

4. FOGOS

Nesta secção, apresenta-se uma análise do programa de compartimentos e das áreas úteis dos fogos, resultantes do disposto nos artigos 5º e 6º da Portaria.

4.1. Programa de compartimentos

Qualquer habitação que seja objeto de uma intervenção deve conter, pelo menos, uma sala, uma instalação sanitária, e equipamento de cozinha numa cozinha ou integrado na sala. No caso de obras de pequena reorganização espacial e se a instalação sanitária for intervencionada, então deve existir uma completa. No caso de obras de grande reorganização espacial, o número e tipo das instalações sanitárias varia com o número de quartos da tipologia resultante: uma instalação sanitária completa nas habitações T0, T1 e T2; uma instalação sanitária completa e uma instalação sanitária complementar, nas habitações T3 ou T4; e duas instalações sanitárias completas, nas habitações T5 ou superiores. Não é obrigatória a existência de outros compartimentos (*e.g.*, vestíbulo, corredor, despensa).

4.2. Área útil do fogo definida na Portaria

No caso de obras de pequena reorganização espacial, como apenas os compartimentos objeto de intervenção têm de cumprir os requisitos de área e dimensão da Portaria, não é relevante calcular uma área útil dos fogos por tipologia.

No caso de obras de grande reorganização espacial, a área útil mínima dos fogos pode ser calculada conjugando o programa mínimo de compartimentos com a área mínima de cada compartimento (quadro 5). Verifica-se que existe um aumento gradual entre as tipologias T0 a T4 de aproximadamente +6,5 m² por quarto. Porém, verifica-se um aumento significativo da tipologia T4 para a T5 (+17,5 m²), em virtude de passarem a ser previstos quartos de casal/duplos e apenas um quarto individual. Observa-se que não foi considerada área adicional para a circulação, admitindo-se ser feita pelos compartimentos.

Quadro 5 – Áreas úteis dos fogos definidas na Portaria, por tipologia (m²)

Compartimentos	**T0**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Sala	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Equipamento de cozinha	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Quarto		6,5	6,5	6,5	6,5	9,0	9,0
Quarto			6,5	6,5	6,5	9,0	9,0
Quarto				6,5	6,5	9,0	9,0
Quarto					6,5	9,0	9,0
Quarto						6,5	6,5
Quarto							6,5
Instalação sanitária completa	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Instalação sanitária completa						3,0	3,0
Instalação sanitária complementar				1,5	1,5		
Total	**17,0**	**23,5**	**30,0**	**38,0**	**44,5**	**62,0**	**68,5**

4.3. Área útil do fogo definida no RGEU

No caso do RGEU, a área útil mínima dos fogos também pode ser calculada conjugando o programa mínimo de compartimentos com a área mínima de cada compartimento (quadro 6). Também não foi considerada área adicional para a circulação, admitindo-se ser feita pelos compartimentos.

Quadro 6 – Áreas úteis dos fogos definidas no RGEU, por tipologia (m²)

Compartimentos	**T0**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Sala	10,0	10,0	12,0	12,0	12,0	16,0	16,0
Cozinha	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Quarto		10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Quarto			9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Quarto				9,0	9,0	9,0	9,0
Quarto					6,5	6,5	6,5
Quarto						9,0	9,0
Quarto							6,5
Suplemento de área obrigatório	6,0	4,0	6,0	8,0	8,0	8,0	10,0
Instalação sanitária 1	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Instalação sanitária 2				1,0	1,0	3,0	3,0
Total	**25,5**	**34,0**	**47,0**	**59,0**	**65,5**	**80,5**	**89,0**

4.4. Área útil do fogo definida com bases nas funções de uso da habitação

O cálculo das áreas úteis do fogo estabelecidas na Portaria e no RGEU assentou na soma das áreas úteis dos compartimentos que constituem cada tipologia. Como termo de comparação, pode ser calculada a área útil do

fogo para o nível básico de qualidade, considerando as áreas úteis dos espaços funcionais da habitação (figura 6, adaptado de Pedro, 2009 considerando portas com 0,80 m de largura e espaços livres de manobra com 1,20 m de diâmetro). Da análise do quadro 7, verifica-se que se obtém um aumento de 7,5 m² de área útil por cada morador adicional acima do valor base de 20,0 m² para o primeiro morador. Verifica-se também que a cada morador é atribuído 4,0 m² de área útil para o espaço de dormir/descanso, quer esteja situado num quarto individual, duplo ou de casal. Isto significa que, para cada lotação, podem ser previstas diferentes tipologias (*e.g.*, o programa para 3 pessoas pode ser concretizado num T2 ou num T3, ambos com 35 m² de área útil mínima). Observa-se ainda que, no caso do espaço de dormir/descanso duplo, os 8,0 m² resultam da soma do espaço de dormir (7,0 m²) com o espaço de estudo/lazer de jovens (1,0 m²). O aumento da área útil do fogo poderia ser de 7,0 m² por morador adicional acima do valor base de 18,0 m² para o primeiro morador, caso se optasse por não prever espaço para a lavagem de roupa e a área afeta à circulação fosse mais reduzida.

Quadro 7 – Áreas úteis dos fogos para o nível básico de qualidade com base nos espaços funcionais, por lotação (m²)

Espaços funcionais	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Dormir/descanso casal		8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Dormir/descanso duplo				7,0	7,0	7,0	7,0
Dormir/descanso duplo						7,0	7,0
Dormir/descanso individual	4,0		4,0		4,0		4,0
Preparação de refeições	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5
Refeições	2,5	3,0	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5
Estar e reunir	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Trabalho/recreio de adultos	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Estudo/lazer de jovens				1,0	1,0	2,0	2,0
Lavagem de roupa	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Higiene pessoal	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
					1,0	1,5	1,5
Entrada/saída	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0
Comunicação/separação		1,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0
Arrumação geral	0,5	1,0	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
Arrumação de despensa	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0
Total	**20,0**	**27,5**	**35,0**	**42,5**	**50,0**	**57,5**	**65,0**

4.5. Comparação de áreas úteis do fogo

Ao comparar a Portaria (grande reorganização espacial) com o RGEU, verifica-se que, para as tipologias inferiores a T5, as áreas úteis dos fogos definidas na Portaria são aproximadamente 2/3 das áreas úteis dos fogos do RGEU, diminuindo essa diferença para aproximadamente 3/4 nas habitações maiores que T4 (quadro 8).

Quadro 8 – Comparação das áreas úteis dos fogos definidas na Portaria e no RGEU, por tipologia (m²)

	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Portaria (grande reorganização espacial)	17,0	23,5	30,0	38,0	44,5	62,0	68,5
RGEU	25,5	34,0	47,0	59,0	65,5	80,5	89,0
Variação	**67%**	**69%**	**64%**	**64%**	**68%**	**77%**	**77%**



Figura 6 – Modelos de compartimentos

Observa-se, contudo, que as tipologias da Portaria e do RGEU têm diferentes lotações, pelo que interessa calcular

a área útil por morador (quadro 9). Este índice é um indicador das condições globais de espaço do fogo.

Nas tipologias T1 a T4, verifica-se que a área útil por morador na Portaria é idêntica ou superior à do RGEU, o que resulta de serem utilizados quartos individuais. Apenas nas tipologias T5 e T6 da Portaria a área útil por morador é substancialmente inferior à do RGEU, chegando mesmo a 6,9 m². Este valor indica que, caso estes fogos sejam ocupados na sua lotação máxima, poderá verificar-se um aumento da incidência de situações patológicas. O valor mais reduzido nestas tipologias deve-se a um aumento da área e lotação dos quartos não ser acompanhada pelo correspondente aumento da sala e cozinha. A tipologia T0 é uma situação excecional, na qual os valores de área útil por morador são elevados em virtude de uma reduzida rentabilização dos espaços funcionais.

Quadro 9 – Áreas úteis dos fogos por morador definidas na Portaria e no RGEU, por tipologia

	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Portaria (grande reorganização espacial)							
Lotação máxima (pessoas)	1	1/2	2	3	4	9	10
Lotação provável (pessoas)	1	1/2	2	2/3	3	5/6	6
Área útil/lotação máxima (m²/pessoa)	17,0	15,7	15,0	12,7	11,1	6,9	6,9
Área útil/lotação provável (m²/pessoa)	17,0	15,7	15,0	15,2	14,8	11,3	11,4
RGEU							
Lotação máxima (pessoas)	1	2	4	6	7	9	10
Lotação provável (pessoas)	1	2	3	4	4/5	5/6	6
Área útil/lotação máxima (m²/pessoa)	25,5	17,0	11,8	9,8	9,4	8,9	8,9
Área útil/lotação provável (m²/pessoa)	25,5	17,0	15,7	14,8	14,6	14,6	14,8

Nota: indicam-se dois valores de lotação quando existam duas possibilidades prováveis de ocupação dos espaços.

A área útil por morador que se calcula com base nas funções de uso da habitação é semelhante à da Portaria e do RGEU (quadro 10).

Quadro 10 – Áreas úteis dos fogos por morador definidas com base nas funções, por lotação

Área útil do fogo definida com bases nas funções							
Lotação máxima (pessoas)	1	2	3	4	5	6	7
Lotação provável (pessoas)	1	2	2/3	3	3/4	4	4/5
Área útil/lotação máxima (m²/pessoa)	20,0	13,8	11,7	10,6	10,0	9,6	9,3
Área útil/lotação provável (m²/pessoa)	20,0	13,8	14,0	14,2	14,3	14,4	14,4

5. CONCLUSÕES

Com base nas análises apresentadas nesta comunicação, pode-se concluir que:

1) As áreas úteis dos compartimentos exigidas na Portaria são inferiores às do RGEU. Não obstante, os compartimentos continuam a permitir incluir o mobiliário e o equipamento essencial ao uso da habitação;
2) As dimensões úteis dos compartimentos exigidas na Portaria são também inferiores às do RGEU. Caso sejam seguidas, as configurações dos compartimentos serão pouco usuais e podem mesmo inviabilizar a colocação de algum tipo de mobiliário (*e.g.*, cama de casal);
3) Quando se comparam as áreas úteis dos fogos, para as mesmas tipologias, a Portaria admite uma redução entre 25 a 33% face ao RGEU;
4) As áreas úteis dos fogos por morador, definidas na Portaria, são idênticas ou superiores às do RGEU nas tipologias T1 a T4, sendo, porém, substancialmente inferiores nas tipologias T5 e T6.

Como complemento a estas conclusões, considera-se que na aplicação dos requisitos definidos na Portaria para o interior das habitações se deve ter presente as seguintes considerações:

1. As áreas e as dimensões úteis dos compartimentos, definidas na Portaria, constituem limiares abaixo dos quais as habitações podem concorrer para prejudicar a segurança e a saúde dos moradores. Não devem, portanto, ser adotadas como recomendações de boa prática na reabilitação corrente.

2. As áreas úteis dos compartimentos, definidas na Portaria, foram analisadas considerando compartimentos isolados e com proporções ideais para acomodar o mobiliário e equipamento. Na prática, será provavelmente necessário prever áreas maiores para assegurar a circulação e a compatibilização dimensional entre compartimentos.

3. Os fogos, definidos na Portaria, apenas permitem integrar as funções essências ao uso doméstico. É, portanto, recomendável prever espaços para funções complementares, nomeadamente o tratamento de roupa, a circulação e a arrumação.

4. A crescente diversidade na composição dos agregados e a aceleração na mudança de modos de vida justificam que as habitações sejam flexíveis. Assim, é recomendável prever áreas e dimensões úteis superiores às da Portaria para permitir alguma versatilidade de uso.

5. A Portaria enquadra-se num regime que visa promover a melhoria da qualidade de vida e da habitabilidade, a alcançar de forma gradual e proporcionada à natureza da intervenção a realizar (artigo 6º do Decreto Lei nº 95/2019 que enquadra a Portaria). Assim, entende-se que é recomendável que as intervenções não criem novos compartimentos ou reduzam os compartimentos existentes se a área ou dimensão úteis resultantes forem inferiores às do RGEU, a menos que disso resulte uma melhoria das condições de segurança, de salubridade ou de funcionalidade.

Por último, salienta-se que esta comunicação analisou os requisitos mínimos de dimensionamento definidos na Portaria para o interior das habitações, pois entende-se que a compreensão do diploma é uma boa forma de promover a sua correta aplicação.

REFERÊNCIAS

PEDRO, J. Branco, 1999 – **Programa habitacional: espaços e compartimentos**. Lisboa: LNEC. Col. Informação Técnica Arquitetura, ITA 4. https://www.researchgate.net/publication/259981927.

PEDRO, J. Branco, 2009 – **How small can a dwelling be? A revision of Portuguese building regulations. Structural Survey**. *Emerald Group Publishing Limited*. Vol. 27 No. 5, pp. 390-410 (21). https://www.researchgate.net/publication/233588416

PEDRO, J. Branco; VASCONCELOS, Leonor; MONTEIRO, Mara; JERÓNIMO, Catarina, 2011 – **Dimensões do mobiliário e do equipamento na habitação**. Lisboa: LNEC. Col. Informação Técnica Arquitetura, ITA 10. https://www.researchgate.net/publication/257652539.

EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DA HABITAÇÃO E DA EDIFICAÇÃO EM CONJUNTO APLICÁVEIS ÀS OBRAS EM EDIFÍCIOS EXISTENTES. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A PORTARIA Nº 304/2019 E O RGEU

DWELLING AND BUILDING FUNCTIONAL REQUIREMENTS APPLICABLE TO WORKS IN EXISTING BUILDINGS COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN ORDINANCE NO. 304/2019 AND RGEU



João Branco Pedro

LNEC, Portugal, jpedro@lnec.pt

RESUMO

O *Regulamento Geral das Edificações Urbanas* (RGEU) constitui, desde a sua publicação, o instrumento de cúpula da regulamentação técnica da construção.

Não obstante este regulamento ter sido objeto de diversas alterações, verificam-se dificuldades significativas nas obras em edifícios existentes para cumprir as disposições do RGEU, sobretudo as relativas ao dimensionamento dos espaços.

Para ultrapassar esta situação foi publicada a Portaria nº 304/2019, de 12 de setembro, que definiu os requisitos funcionais mínimos da habitação e da edificação em conjunto alternativos aos definidos no RGEU.

Esta comunicação analisa sistematicamente as principais alterações introduzidas pela referida Portaria face ao RGEU. Para o efeito, a organização da comunicação coincide com a da Portaria, sendo apresentado com complemento um quadro síntese.

Conclui-se que a Portaria adequa o RGEU à especificidade das obras em edifícios existentes através da combinação de quatro abordagens: (i) define requisitos inferiores aos do RGEU mas que garantem condições mínimas de segurança e salubridade; (ii) dispensa, com condições, alguns requisitos do RGEU; (iii) atualiza alguns requisitos do RGEU que são obsoletos face aos atuais a modos de vida; e, (iv) complementa, em situações muito pontuais, os requisitos do RGEU.

Palavras-chave: Reabilitação / Habitação / Exigências Funcionais / RGEU / Portaria nº 304/2019

1. INTRODUÇÃO

O *Regulamento Geral das Edificações Urbanas* (RGEU), aprovado pelo Decreto-Lei nº 38 382, de 7 de agosto de 1951, define exigências gerais relativas à construção, saúde, segurança e estética das edificações urbanas, constituindo o diploma de cúpula da regulamentação técnica da construção.

Não obstante este regulamento ter sido objeto de diversas alterações, cumprir os requisitos do RGEU, sobretudo os relativos ao dimensionamento dos espaços, coloca dificuldades nas obras em edifícios existentes. Para ultrapassar essas dificuldades, foi publicada a Portaria nº 304/2019, de 12 de setembro (doravante designada apenas de Portaria), que definiu os requisitos funcionais mínimos da habitação e da edificação em conjunto[1].

A Portaria enquadra-se no *Regime Aplicável à Reabilitação de Edifícios ou Frações Autónomas*, aprovado pelo Decreto-Lei nº 95/2019, de 18 de julho, e contém 18 artigos organizados em 4 secções: (i) disposições gerais, (ii) interiores das habitações, (iii) da edificação em conjunto, e (iv) espaços comuns dos edifícios.

Esta comunicação apresenta os resultados de uma comparação sistemática dos requisitos funcionais estabelecidos na Portaria e no RGEU, com vista a identificar as principais diferenças. A organização da comunicação coincide com a da Portaria, terminando com um quadro síntese e conclusões.

2. DISPOSIÇÕES GERAIS (Secção 1)

2.1. Objeto (artigo 1º)

A Portaria é aplicável nas intervenções em edifícios ou frações que cumpram as três condições cumulativas seguintes:

1) Tenham licença de construção emitida até 1 de janeiro de 1977, data aproximada da entrada em vigor do Decreto-Lei nº 650/75, que definiu os requisitos funcionais da habitação e da edificação atualmente em vigor no RGEU;
2) Destinem-se a ser total ou predominantemente afetos ao uso habitacional, isto é, pelo menos 50 % da sua área de construção destina-se a habitação ou a usos complementares (designadamente estacionamento, arrecadação e usos sociais);
3) Sejam objeto de obras de alteração, reconstrução ou ampliação.

Os requisitos definidos na Portaria prevalecem, dentro do seu âmbito de aplicação, em relação aos requisitos equivalentes do RGEU. Cada artigo da Portaria substitui ou dispensa condicionalmente um ou mais artigos do RGEU. Em todos os casos que não cumpram estas condições continuam a ser aplicáveis os requisitos do RGEU.

2.2. Definições (artigo 2º)

São definidos quatro novos conceitos relevantes para a aplicação da Portaria:

1) *«Obras de pequena reorganização espacial»* – obras de alteração de uma habitação das quais resulta uma reorganização espacial que cumpre as seguintes condições cumulativas:
   «i) Não altera a localização, forma ou dimensão de mais do que um terço do número total de compartimentos;
   ii) Não aumenta o número de compartimentos em mais do que um;

[1] A expressão «edificação em conjunto» corresponde à designação do capítulo II do título III do RGEU, no qual são estabelecidos os requisitos relativos à relação entre edifícios (*e.g.*, afastamento entre fachadas de edifícios fronteiros).

iii) Não altera a localização, forma ou dimensão da escada, quando esta existir;
iv) Não altera a dimensão do corredor interior;
v) Não altera o número de habitações;
vi) Não altera o número de pisos.»

2) «*Obras de grande reorganização espacial*» – obras de alteração de uma habitação das quais resulta uma reorganização espacial que não cumpre as condições definidas em 1).
3) *«Instalação sanitária completa»* – instalação sanitária que inclui, pelo menos, um lavatório, uma sanita e uma base de duche.
4) *«Instalação sanitária complementar»* – instalação sanitária que inclui, pelo menos, uma sanita e um lavatório.

As *«obras de reconstrução»* e as *«obras de ampliação»*, previstas na Portaria, correspondem às operações urbanísticas com a mesma designação definidas no artigo 2º do Decreto-Lei nº 555/99, de 16 de dezembro, que estabeleceu o *Regime Jurídico da Urbanização e Edificação*.

2.3. Aplicação (artigo 3º)

Nas *obras de alteração* que configurem uma pequena reorganização espacial, os requisitos da Portaria aplicam-se apenas aos espaços, instalações e elementos construtivos que sejam objeto de intervenção, enquanto que, nas que configurem uma grande reorganização espacial, os requisitos da Portaria aplicam-se a toda a habitação objeto de intervenção.

Nas *obras de reconstrução e de ampliação*, a redução do nível de exigência dos parâmetros dimensionais e funcionais estabelecidos no RGEU nos termos estabelecidos na Portaria apenas se aplica na medida em que haja condicionamentos decorrentes de circunstâncias preexistentes que impossibilitem o cumprimento da regulamentação técnica aplicável. Isto significa que, numa obra de ampliação ou reconstrução, (i) apenas são abrangidas pelo disposto na Portaria as partes preexistentes do edifício ou fração, e (ii) são excluídas as partes do edifício que são ampliadas ou reconstruídas, exceto se existirem fortes condicionantes determinadas pela necessidade de coerência com a parte preexistente e se o projetista fundamentar tal facto na memória descritiva ao abrigo dos princípios previstos no Decreto-Lei nº 95/2019.

3. INTERIORES DAS HABITAÇÕES (Secção 2)

3.1. Pé-direito (artigo 4º)

«1 – As habitações podem manter o pé-direito desde que este não seja inferior a 2,30 m nos compartimentos habitáveis e 2,10 m nos compartimentos não habitáveis.»

Permite que as habitações mantenham um pé-direito até 0,10 m inferior ao definido no artigo 65º do RGEU, que é de 2,40 m para os compartimentos habitáveis e 2,20 m para os compartimentos não habitáveis. A redução é conveniente porque nas habitações existentes é, na generalidade dos casos, impraticável aumentar o pé-direito.

«2 – Qualquer diminuição de pé-direito para valores inferiores ao estabelecido no artigo 65º do RGEU apenas é permitida caso respeite o disposto no número anterior e dela resulte a melhoria das condições de segurança, conforto, salubridade ou funcionalidade.»

Permite a redução do pé-direito para valores inferiores aos valores mínimos definidos no artigo 65º do RGEU, mas salvaguarda que tal só pode acontecer para melhorar as condições da habitação. Um exemplo desta situação é a instalação de um teto falso que reduz o pé-direito, mas que, em compensação, melhora as condições de conforto acústico e térmico e de segurança ao incêndio.

«3 – Em casos excecionais, devidamente justificados e desde que estejam garantidas as condições de salubridade,

admite-se a manutenção de um pé-direito existente inferior aos valores mínimos estabelecidos no nº 1 do presente artigo, mas nunca a sua diminuição.»

Permite que, em situações excecionais, se mantenha um pé-direito inferior ao definido na Portaria, caso contrário poderia ser inviável intervir nessas habitações. Cabe ao projetista justificar porque se trata de uma situação excecional e descrever como são garantidas as condições de salubridade.

«4 – A alteração de uso de parte de um edifício, nos casos previstos no nº 2 do artigo 7º do Decreto-Lei nº 95/2019, de 18 de julho, pode ser efetuada mantendo-se o pé-direito existente e desde que sejam garantidas as condições de segurança, conforto, salubridade e funcionalidade.»

Permite a alteração do uso de uma parte de um edifício (preservando a função predominantemente habitacional), mesmo que se mantenha um pé-direito que não cumpre o estabelecido no RGEU. Sem esta norma não seria, em muito casos, viável instalar novos estabelecimentos comerciais em edifícios existentes cujo pé-direito fosse inferior aos 3,00 m exigidos no artigo 65º do RGEU para este tipo de uso. Esta norma já estava prevista no artigo 3º/2 do Decreto-Lei nº 53/2014, que estabeleceu o *Regime Excecional e Temporário Aplicável à Reabilitação de Edifícios* (RERE). Embora a alteração de uso seja uma operação urbanística fora do âmbito de aplicação estrito da Portaria, esta possibilidade é explicitamente prevista no artigo 7.º do Decreto-Lei nº 95/2019.

3.2. Sala, quartos e cozinha (artigo 5º)

«1 – As habitações devem ser compostas por, pelo menos, uma sala, uma instalação sanitária e equipamento de cozinha, podendo este último estar integrado na sala.»

Estabelece que cada habitação deve incluir os espaços essenciais à vida quotidiana de um agregado familiar, e, consequentemente, dispensa o programa de compartimentos definido no artigo 66º do RGEU para cada tipologia de habitação (*e.g.*, T0, T1, T2).

Permite a instalação do equipamento de cozinha na sala, dispensando a existência de um compartimento específico para o efeito, como exige o RGEU. Esta flexibilização vem ao encontro de alguns modos de vida atuais. Caso não exista uma cozinha, as respetivas exigências passam para o espaço de preparação de refeições integrado na sala (*e.g.*, artigos 31º, 41º, 69º, 80º, 84º, 108º a 114º do RGEU).

«2 – No caso de obras de pequena reorganização espacial:

a) A sala, quando objeto de intervenção, deve ter área útil não inferior a 10 m² ou, quando integrar o equipamento de cozinha, 14 m², permitindo em qualquer dos casos a inscrição de um círculo com diâmetro não inferior a 2,10 m;
b) Os quartos, quando objeto de intervenção, devem ter uma área útil não inferior a 5 m² e permitir a inscrição de um círculo com diâmetro não inferior a 2,10 m;
c) A cozinha ou o equipamento de cozinha instalado na sala, quando objeto de intervenção, deve incluir pelo menos um lava-louça e condições para a instalação de um fogão e de um frigorífico, utilizáveis com segurança, conforto, salubridade e funcionalidade.»

Salvaguarda que os compartimentos têm áreas e dimensões que permitem o uso para as funções previstas (*e.g.*, colocação de uma cama com 2,00 m nos quartos), mas permite que essas áreas e dimensões sejam inferiores ao definido nos artigos 66º e 69º do RGEU.

Decorre dos nºs 1 e 2, que as áreas brutas das habitações podem ser inferiores às definidas no artigo 67º do RGEU, visto que podem não ser cumpridos os requisitos do RGEU relativos ao programa de compartimentos e às áreas mínimas dos compartimentos.

Não fixa a área e a dimensão mínimas da cozinha e do espaço de preparação de refeições. Cabe ao projetista evidenciar que é possível instalar os equipamentos de cozinha em condições de segurança (*e.g.*, evacuação de fumos e gases do fogão), conforto (*e.g.*, relação entre frigorífico, lava-louça e fogão), salubridade (*e.g.*, esgoto do lava-louça) e funcionalidade (*e.g.*, espaço livre de acesso e utilização).

Observa-se que, de acordo com o artigo 3º, nas obras de pequena reorganização espacial os compartimentos que não sejam objeto de intervenção podem não observar o disposto no RGEU e na Portaria.

> *«3 – No caso de obras de grande reorganização espacial:*
>
> *a) A sala deve ter área útil não inferior a 10 m² ou, quando integrar o equipamento de cozinha, 14 m², permitindo em qualquer dos casos a inscrição de um círculo com diâmetro não inferior a 2,10 m;*
> *b) Os quartos devem ter uma área útil não inferior a 6,5 m² e permitir a inscrição de um círculo com diâmetro não inferior a 2,10 m, exceto quando a tipologia resultante seja superior a um T4, sendo aplicável nestes casos o disposto para os quartos nos artigos 66º e 69º do RGEU, com exceção do quarto de casal cuja área mínima é de 9,0 m², permitindo a inscrição de um círculo com diâmetro não inferior a 2,10 m;*
> *c) A cozinha ou o equipamento de cozinha instalado na sala deve incluir pelo menos um lava-louça e condições para a instalação de um fogão e de um frigorífico, utilizáveis com segurança, conforto, salubridade e funcionalidade.»*

Tal como no nº 2 deste artigo, salvaguarda que os compartimentos têm áreas e dimensões que permitem o seu uso para as funções previstas, mas que podem ser inferiores ao definido nos artigos 66º e 69º do RGEU. Tal como no nº 1 anterior, as áreas brutas das habitações podem ser inferiores ao definido no artigo 67º do RGEU.

Observa-se que, de acordo com o artigo 3º, nas obras de grande reorganização espacial todos os compartimentos, objeto ou não de intervenção, devem observar o disposto na Portaria.

> *«4 – Nos compartimentos referidos nas alíneas a) e b) do nº 2 e alíneas a) e b) do nº 3, sempre que a área útil do compartimento for superior a 15 m² deve ser permitida a inscrição de um círculo com diâmetro não inferior a 2,40 m.»*

Determina que a sala, a cozinha e os quartos com área superior a 15 m² devem ter uma dimensão que permita diferentes configurações do mobiliário. Tal como acontece com os números anteriores deste artigo da Portaria, fica dispensado o artigo 69º do RGEU.

3.3. Instalações sanitárias (artigo 6º)

> *«1 – As instalações sanitárias devem ter uma dimensão que permita a utilização dos equipamentos sanitários em condições de segurança, conforto, salubridade e funcionalidade.»*

Determina que basta evidenciar que a disposição dos equipamentos sanitários permite o acesso e a utilização. As instalações sanitárias ficam, assim, dispensadas de observar as áreas mínimas definidas no artigo 68º do RGEU.

> *«2 – No caso de obras de pequena reorganização espacial:*
>
> *a) Quando intervencionadas, as instalações sanitárias devem cumprir os requisitos mínimos de equipamento de uma instalação completa ou, caso já exista outra nessas condições, os de uma instalação complementar;»*

Determina o equipamento sanitário mínimo das instalações sanitárias objeto de intervenção. As instalações sanitárias ficam, assim, dispensadas de cumprir o equipamento sanitário mínimo definido nos artigos 68º e 84º/1 do RGEU. Ao contrário do que acontece no RGEU, o equipamento sanitário previsto na Portaria dispensa o bidé e permite a substituição da banheira por uma base de duche, o que vem ao encontro de alguns modos de vida atuais.

> *«b) Admite-se a comunicação direta entre instalações sanitárias com sanita e compartimentos de habitação, exceto cozinhas, desde que sejam adotadas as disposições necessárias para que desse facto não resulte difusão de maus cheiros nem prejuízo para a salubridade dos compartimentos comunicantes;»*

Permite que as instalações sanitárias comuniquem diretamente com a sala e os quartos, sendo assim reforçada a possibilidade prevista no artigo 86º do RGEU apenas para situações anormais. Fica assim explicitamente viabilizada a configuração, atualmente corrente, de aceder à instalação sanitária através de um quarto em *suíte*. Se a instalação sanitária comunicar com a sala, o acesso deve estar afastado da zona de estar e de uma eventual zona de preparação de refeições.

> *«c) Admite-se a comunicação direta entre instalações sanitárias com sanita e compartimentos de cozinha, copa ou despensa apenas quando esta comunicação se trate de uma situação preexistente e desde que se adotem as disposições necessárias para que desse facto não resulte difusão de maus cheiros nem prejuízo para a salubridade dos compartimentos comunicantes.»*

Permite não cumprir o artigo 86º do RGEU, no caso de situações preexistentes. Recorda-se que em alguns edifícios antigos a cozinha e a instalação sanitária são compartimentos contíguos que partilham as prumadas de drenagem de águas residuais. A flexibilidade introduzida por esta norma evita a necessidade de alterar profundamente a organização espacial, numa obra de pequena reorganização espacial. Naturalmente que devem ser garantidas as condições da salubridade.

> *«3 – No caso de obras de grande reorganização espacial deve existir, pelo menos: uma instalação sanitária completa, quando a tipologia resultante for inferior a um T3; uma instalação sanitária completa e uma instalação sanitária complementar, quando a tipologia resultante for um T3 ou T4; e duas instalações sanitárias completas, quando a tipologia resultante for superior a um T4.»*

Tal como nas obras de pequena reorganização espacial, determina o equipamento sanitário mínimo das instalações sanitárias, ficando, assim, dispensadas de cumprir o definido nos artigos 68º e 84.1º do RGEU. Para as obras de grande reorganização espacial, não é prevista uma flexibilização do disposto no artigo 86º do RGEU.

3.4. Corredores (artigo 7º)

> *«Os corredores das habitações que não sejam objeto de alteração podem manter as suas dimensões, caso contrário, devem cumprir o estabelecido no artigo 70º do RGEU.»*

Permite que os corredores das habitações, cuja configuração em planta não seja alterada, mantenham uma largura inferior ao estabelecido no artigo 70º do RGEU. A conservação ou reparação dos pavimentos (*e.g.*, substituição de elementos deteriorados) e das paredes dos corredores (*e.g.*, pintura) não constituem alterações da configuração em planta. Caso a configuração de um corredor seja alterada, a sua a largura deve cumprir os valores mínimos do RGEU.

3.5. Escadas das habitações (artigo 8º)

> *«As escadas das habitações que não sejam objeto de alteração podem manter as suas dimensões, caso contrário devem ter uma largura não inferior a 0,70 m e ser dimensionadas de modo a garantir uma utilização ergonómica.»*

Permite que as escadas das habitações, cuja configuração em planta não seja alterada, mantenham uma largura inferior ao estabelecido no artigo 46º/1 do RGEU. Tal como para os corredores, a conservação ou reparação dos pavimentos e das paredes das escadas não constituem uma alteração da sua configuração em planta. Caso a configuração da escada de uma habitação seja alterada, admite uma redução até 0,10 m relativamente à largura de 0,80 m estabelecida no artigo 46º/1 do RGEU. Mas em contrapartida, impõe que os degraus das escadas tenham uma dimensão que permita uma utilização ergonómica, suprindo uma lacuna do RGEU que é omisso nesta matéria para as escadas das habitações.

3.6. Dimensão dos vãos (artigo 9º)

> *«1 – Sem prejuízo dos números seguintes, os vãos nas habitações podem manter as suas dimensões.»*

Permite que os vãos dos compartimentos das habitações mantenham dimensões inferiores ao estabelecido no artigo 71º do RGEU, mas remete para os nºs seguintes do mesmo artigo da Portaria, que estabelecem requisitos mínimos para as dimensões dos vãos.

> *«2 – Nas obras de pequena reorganização espacial, relativamente aos compartimentos novos ou alterados, e nas obras de grande reorganização espacial, relativamente a todos os compartimentos habitáveis, é aplicável o seguinte:*
>
> *a) Os compartimentos habitáveis devem ser iluminados e ventilados por um ou mais vãos em comunicação direta com o exterior, cuja área total não seja inferior a um duodécimo da área do compartimento;*

b) Quando os vãos estiverem localizados em plano inclinado devem ter uma área mínima não inferior a um décimo da área do compartimento;
c) Os vãos devem situar-se entre 0,80 m e 2 m de altura em relação ao pavimento do compartimento em pelo menos 50 % das áreas mínimas previstas nas alíneas anteriores.»

Permite que a soma das áreas dos vãos em comunicação direta com o exterior nos compartimentos habitáveis seja de 1/12 da área útil do compartimento, e não de 1/10 como definido no artigo 71º/1 do RGEU. Admite que esses vãos não estejam localizados nas paredes, como impõe o artigo 71º/1 do RGEU, mas neste caso a soma das áreas dos vãos deve ser 1/10 da área útil do compartimento. Determina que pelo menos metade da área total dos vãos dos compartimentos habitáveis esteja à altura do olhar (0,80 a 2,00 m), o que não é previsto no RGEU e se destina a promover a comunicação visual com o exterior.

«3 – Os compartimentos habitáveis podem ser, em situações excecionais, iluminados e ventilados através de outros compartimentos desde que, quer a área total dos vãos em comunicação direta com o exterior, quer a área total dos vãos de ligação dos compartimentos, não sejam inferiores a um décimo da área total dos compartimentos.»

Admite que os compartimentos habitáveis possam ser iluminados e ventilados através de outros compartimentos, contrariamente ao que estabelece o artigo 71º/1 do RGEU. Porém, neste caso, o vão de ligação e o vão exterior devem ter uma área não inferior a 1/10 da área útil do compartimento habitável. Cabe ao projetista justificar porque se trata de uma situação excecional.

«4 – Para efeito do disposto no número anterior, as marquises são consideradas espaços exteriores sempre que tenham uma área envidraçada não inferior a 60 % da superfície da fachada, ou, no caso de edifícios multifamiliares, da superfície da fachada do piso respetivo.»

Clarifica que as marquises, ou varandas envidraçadas, são consideradas para efeito deste artigo espaços exteriores, tal como estabelecido no artigo 71º/2 do RGEU. Porém, na Portaria, um compartimento é considerado uma marquise se a área envidraçada não for inferior a 60% da área total de fachada desse compartimento, o que difere do critério estabelecido no artigo 71º/2 do RGEU, que impõem condições mais exigentes.

3.7. Afastamento entre vãos de compartimentos e muro ou fachada fronteiros (artigo 10º)

«1 – A distância entre os vãos dos compartimentos das habitações e qualquer muro ou fachada fronteiros não está limitada pelo disposto nos artigos 73º e 75º do RGEU, quando sejam ambos preexistentes e desde que não haja alteração de localização, forma ou dimensão dos vãos.»

Permite manter os vãos exteriores dos compartimentos habitáveis, que não sejam alterados na sua localização, forma ou dimensão, e cujo afastamento a muros e fachadas fronteiros seja inferior ao estabelecido nos artigos 73º e 75º do RGEU.

«2 – Os vãos exteriores que forem objeto de intervenção devem cumprir o disposto nos artigos 73º e 75º do RGEU, exceto quando as condições de coerência formal com os restantes vãos não intervencionados da mesma fachada o impeçam.»

Admite que os vãos exteriores dos compartimentos habitáveis, mesmo que alterados, possam não cumprir o disposto nos artigos 73º e 75º se tal for necessário para assegurar a coerência formal da fachada. Por exemplo, pode ser aberto um novo vão cujo alinhamento vertical e horizontal é determinado pelos vãos preexistentes e que, portanto, não cumpre os afastamentos a muros e fachadas fronteiros.

3.8. Caves, sótãos, águas furtadas e mansardas (artigo 11º)

«1 – Nas habitações situadas em sótãos, os compartimentos devem ter um pé-direito não inferior ao definido no artigo 4º em pelo menos 50 % da sua respetiva área útil.»

Tal como no artigo 79º do RGEU, permite que os compartimentos das habitações em sótãos tenham em até metade da sua área útil um pé-direito inferior ao mínimo definido na Portaria, que é 0,10 m inferior ao definido

no artigo 65º do RGEU, com se verificou em 3.1.

> *«2 – Considera-se área útil de compartimentos em sótãos a soma da totalidade da área em planta com pé-direito não inferior a 2 m.»*

Esclarece que apenas se contabiliza para a área útil de um compartimento a área em planta com pé-direito não inferior a 2,00 m. Esta norma é relevante para os artigos 5º, 9º e 11º da Portaria.

> *«3 – Sem prejuízo do nº 1, não é exigível o cumprimento do disposto nos artigos 77º a 80º do RGEU desde que não se verifique a redução das características de habitabilidade.»*

Admite que nas caves, sótãos, águas furtadas e mansardas, pode não ser cumprido o disposto nos artigos 77º, 78º, 79º e 80º do RGEU, com exceção do pé-direito dos sótãos definido no nº 1 deste artigo, desde que não exista agravamento das condições de habitabilidade.

4. ESPAÇOS COMUNS DOS EDIFÍCIOS (Secção 3)

4.1. Comunicações verticais (artigo 12º)

> *«Nos edifícios de habitação coletiva não é exigível o cumprimento do disposto nos artigos 46º, 47º e 50º do RGEU, relativo a escadas e elevadores existentes, não sendo, nessa situação, permitida a redução das suas dimensões ou características funcionais.»*

Admite que não sejam cumpridas as exigências definidas nos artigos 46º, 47º e 50º do RGEU, relativas às larguras das escadas, dimensões dos degraus, condições de iluminação e ventilação, e instalação de ascensores, desde que não exista uma redução destas caraterísticas. Nota-se que esta dispensa se limita ao RGEU e não isenta o cumprimento de outras exigências aplicáveis a escadas e ascensores, definidas, por exemplo, em normas legais de segurança ao incêndio e de acessibilidade de pessoas como mobilidade condicionada.

4.2. Sistema de evacuação de lixos (artigo 13º)

> *«Nos edifícios de habitação coletiva não é exigível o cumprimento do disposto no artigo 97º do RGEU relativo ao sistema de evacuação de lixos.»*

Admite que não sejam cumpridas as exigências definidas no artigo 97º do RGEU, relativas ao sistema de evacuação de lixos, designadamente a existência de um compartimento facilmente acessível, destinado aos contentores dos lixos. Num edifício existente, que não disponha deste compartimento, pode ser impraticável criá-lo.

4.3. Logradouros (artigo 14º)

> *«Nas operações de reabilitação previstas no artigo 1º da presente portaria não é exigível o cumprimento do disposto no artigo 76º do RGEU relativo aos logradouros, não sendo, nessa situação, permitida a redução das suas dimensões ou características funcionais.»*

Admite que não sejam cumpridas as exigências definidas no artigo 76º do RGEU, nomeadamente a existência de uma faixa de material impermeável ao longo da construção e de um ralo para escoamento das águas pluviais ou de lavagem. Embora as regras do RGEU respeitem a boa arte da construção, pode, em algumas circunstâncias, não ser conveniente observar estas regras.

5. DA EDIFICAÇÃO EM CONJUNTO (Secção 4)

5.1. Altura máxima da edificação (artigo 15º)

> *«1 – Salvo o disposto nos números seguintes, nas operações de reabilitação previstas no artigo 1º da presente portaria não é exigível o cumprimento do disposto no artigo 59º do RGEU relativo à altura das edificações sempre que a*

desconformidade seja preexistente, não sendo, porém, permitido o seu agravamento.»

Permite não cumprir o disposto no artigo 59º do RGEU, nomeadamente a regra do 45° aplicável à distância entre fachadas, quando a desconformidade for preexistente e não exista agravamento.

«2 – Quando o edifício se localize numa área abrangida por regulamento específico, as suas regras prevalecem sobre o disposto no número anterior.»

Esclarece que os regulamentos específicos prevalecem sobre o nº 1 deste artigo da Portaria.

«3 – Nas obras de ampliação, quando dela resultar o aumento do número de pisos, deve ser observado o disposto no artigo 59º do RGEU quanto à altura máxima da edificação, exceto nos casos de desconformidade preexistente, não sendo, nestes casos, permitido o seu agravamento.»

Estabelece que quando se aumentar o número de pisos, deve ser observado o definido no artigo 59º do RGEU, a menos que a desconformidade seja preexistente e não exista agravamento.

5.2. Afastamento mínimo entre fachadas com vãos de compartimentos habitáveis (artigo 16º)

«1 – A distância entre vãos de compartimentos de habitação entre fachadas de edificações, quando estes sejam preexistentes e os vãos não sejam objeto de alteração de localização, forma ou dimensão, pode não cumprir o valor mínimo estabelecido no artigo 60º do RGEU.»

Permite não cumprir o afastamento mínimo de 10 m entre fachadas com vãos de compartimentos habitáveis, definido no artigo 60º do RGEU, desde que os vãos sejam preexistentes e não sejam alterados na sua localização, forma ou dimensão. Isto significa que numa intervenção não é necessário vedar vãos por estarem a uma distância da fachada fronteira inferior à regulamentar.

«2 – Nas fachadas que não respeitem o disposto no artigo 60º do RGEU só poderão ser criados ou alterados vãos por motivos de segurança, salubridade ou coerência formal com os restantes vãos não intervencionados da mesma fachada.»

Permite criar ou alterar vãos em fachadas com um afastamento inferior aos 10 m definido no artigo 60º do RGEU, desde que essa alteração promova a segurança e salubridade dos espaços ou a coerência formal da fachada.

5.3. Intervalo entre fachadas posteriores (artigo 17º)

«1 – Nas operações de reabilitação previstas no artigo 1º da presente portaria não é exigível o cumprimento do disposto no artigo 62º do RGEU, relativo ao intervalo entre fachadas posteriores, nos termos do artigo 63º do RGEU, com dispensa do estabelecido no parágrafo único.»

Permite não cumprir as condições definidas no artigo 62º do RGEU sobre o afastamento entre fachadas posteriores e a constituição e tratamento do logradouro. Para o efeito, as câmaras municipais devem consentir esta dispensa quando existam *«condições excecionais e irremediáveis, criadas antes da publicação deste regulamento, e somente se ficarem garantidas, em condições satisfatórias, a ventilação e iluminação natural e, tanto quanto possível, a insolação do edifício em todos os seus pisos habitáveis»* (artigo 63º do RGEU). Apenas é dispensado o parecer favorável da comissão municipal de higiene local, referido no parágrafo único que sucede ao corpo do artigo 63º do RGEU.

«2 – Nos casos em que se procede a uma total reorganização espacial do lote é exigível o cumprimento do disposto no artigo 62º do RGEU.»

Salvaguarda que a dispensa de cumprir o artigo 62º do RGEU apenas se admite quando se mantenha a implantação dos edifícios. Compreende-se que desaparecendo a limitação imposta pela edificação preexistente, deixa de se justificar a manutenção de situações que podem prejudicar as condições de salubridade (*i.e.*, ventilação, iluminação natural e insolação).

6. QUADRO SÍNTESE

Portaria (artigo 4º)	**PÉ-DIREITO (P_d)**	RGEU (artigo 65º)
Compartimentos habitáveis: $P_d \geq 2{,}30$ m Compartimentos não habitáveis: $P_d \geq 2{,}10$ m Alteração de uso: manutenção do existente Situações excecionais: admite manutenção de valores inferiores aos mínimos da Portaria		Compartimentos habitáveis: $P_d \geq 2{,}40$ m Compartimentos não habitáveis: $P_d \geq 2{,}20$ m Estabelecimentos comerciais: $P_d \geq 3{,}00$ m
Portaria (artigo 5º)	**SALA, QUARTOS E COZINHA**	RGEU (artigos 66º, 67º e 69º)
	Programa de compartimentos	
Pequena reorganização espacial: – Sala, equipamento de cozinha, uma ou duas instalações sanitárias Grande reorganização espacial: – Sala – Quartos: T0 (Sem), T1 (individual), T2 (2*individual), T3 (3*individual), T4 (4*individual), T5 (4*duplo+individual) – Equipamento de cozinha – Uma ou duas instalações sanitárias		Sala Quartos: T0 (Sem), T1 (casal), T2 (casal+duplo), T3 (casal+2*duplo), T4 (casal+2*duplo+individual), T5 (casal+3*duplo+individual) Cozinha Uma ou duas instalações sanitárias
	Área útil de compartimentos (A_u)	
Sala: $A_u \geq 10$ m² Sala e cozinha: $A_u \geq 14$ m² Pequena reorganização espacial: – Quartos intervencionados: $A_u \geq 5$ m² Grande reorganização espacial: – 1 ao 4 Quartos: $A_u \geq 6{,}5$ m² – 5 ou mais quartos: $A_u \geq 9$ m² (quarto casal) e RGEU		Sala: $A_u \geq 10, 12, 16$ m² Cozinha: $A_u \geq 6$ m² 1º Quarto (casal): $A_u \geq 10{,}5$ m² 2º, 3º e 5º Quartos (duplos): $A_u \geq 9$ m² 4º Quarto (individual): $A_u \geq 6{,}5$ m² Suplemento de área obrigatório $A_u \geq 4, 6, 8, 10$ m²
	Dimensão útil de compartimentos (D_u)	
(Sala e quartos) – – Área do compartimento ≤ 15 m²: $D_u \geq 2{,}1$ m Área do compartimento > 15 m²: $D_u \geq 2{,}4$ m		(Sala, quartos e cozinha) Área do compartimento < 9,5 m²: $D_u \geq 2{,}1$ m Área do compartimento < 12 m²: $D_u \geq 2{,}4$ m Área do compartimento < 15 m²: $D_u \geq 2{,}7$ m Área do compartimento ≥ 15 m²: $D_u \geq 2{,}7$ m, e comprimento não superior ao dobro da largura, exceto quando existem vãos nas duas paredes opostas mais afastadas
	Área bruta da habitação (A_b)	
Dispensa de cumprir a área bruta da habitação		T0: Ab ≥ 35 m²; T1: Ab ≥ 52 m²; T2: Ab ≥ 72 m²; T3: Ab ≥ 91 m²; T4: Ab ≥ 105 m²; T5: Ab ≥ 122 m²; T6: Ab ≥ 134 m²
Portaria (artigo 6º)	**INSTALAÇÕES SANITÁRIAS**	RGEU (artigos 68º e 84.1º)
	Área útil das IS (A_u)	
Não define a área útil mínima A área resulta da disposição do equipamento sanitário		T0, T1 e T2: $A_u \geq 3{,}5$ m² (área de uma IS) T3 e T4: $A_u \geq 4{,}5$ m² (área total de duas IS) T5 ou superior: $A_u \geq 6{,}5$ m² (área total de duas IS)
	Número de IS e equipamento sanitário	
Pequena reorganização espacial (apenas IS intervencionadas): – IS_1: Completa – IS_2: Complementar Grande reorganização espacial (todas as IS): – T0, T1 e T2: Uma IS completa – T3 e T4: Uma IS completa e uma IS complementar – T5 ou superior: Duas IS completas Equipamento da IS completa: Lavatório, sanita e duche Equipamento da IS complementar: Lavatório e sanita		T0, T1 e T2: – IS: Lavatório, banheira, sanita e bidé T3 e T4: – IS_1: Lavatório, sanita e bidé – IS_2: Lavatório e banheira T5 ou superior: – IS_1: Lavatório, sanita e bidé – IS_2: Lavatório, base de duche e sanita
Portaria (artigo 7º)	**CORREDORES DAS HABITAÇÕES**	RGEU (artigo 70º)
Não alterados: podem manter as dimensões Alterados: devem cumprir o RGEU		Comprimento > 1,50 m: largura ≥ 1,10 m Comprimento ≤ 1,50 m: largura ≥ 0,90 m
Portaria (artigo 8º)	**ESCADAS DAS HABITAÇÕES**	RGEU (artigo 46.1º)
Não alteradas: podem manter as dimensões Alteradas: largura ≥ 0,70 m		Largura ≥ 0,80 m
Os degraus devem ser dimensionados de modo a garantir uma utilização ergonómica		Omisso
Portaria (artigo 9º)	**DIMENSÃO DOS VÃOS**	RGEU (artigo 71º)
Nas paredes: $A_v \geq 1/12$ da A_u do compartimento Em planos inclinados: $A_v \geq 1/10$ da A_u do compartimento Iluminação e ventilação dos compartimentos habitáveis através de outros compartimentos: Admitida em condições excecionais		Nas paredes: $A_v \geq 1/10$ da A_u do compartimento Em planos inclinados: não são contabilizados Iluminação e ventilação dos compartimentos habitáveis através de outros compartimentos: Não é admitida

Marquises são espaços exteriores se área envidraçada ≥ 60% da área da fachada	Marquises são consideradas espaços exteriores se: – Largura das varandas ≤1,80 m – Área envidraçada ≥ 33% da área da fachada com um mínimo de 4,3 m² – Área de ventilação do envidraçado da varanda ≥ 50% área total do envidraçado – Área dos vãos ≥ 1/5 da A_u do compartimento com um mínimo de 3,0 m²
Portaria (artigo 10º) **AFASTAMENTO ENTRE VÃOS DE COMPARTIMENTOS E …**	RGEU (artigos 73º e 75º)
Vãos não alterados: podem manter um afastamento inferior ao definido no RGEU Vãos alterados: podem manter um afastamento inferior ao definido no RGEU se assegurarem a coerência formal da fachada	Afastamento ≥ metade da altura de obstáculos frontais, com um mínimo de 3,00 m Afastamento ≥ 2,00 m de obstáculos laterais, medido ao eixo vertical da janela Distâncias medidas a partir do limite externo dos obstáculos (*e.g.*, varandas, alpendres)
Portaria (artigo 11º) **CAVES, SÓTÃOS, ÁGUAS FURTADAS E MANSARDAS**	RGEU (artigo 77º a 80º)
Pé-direito (P_d): – Compartimentos habitáveis: $P_d \geq 2{,}30$ m – Compartimentos não habitáveis: $P_d \geq 2{,}10$ m – A_u do compartimento com pé-direito regulamentar ≥ 50% da A_u do compartimento	Pé-direito (P_d): – Compartimentos habitáveis: $P_d \geq 2{,}40$ m – Compartimentos não habitáveis: $P_d \geq 2{,}20$ m – A_u do compartimento com pé-direito regulamentar≥ 50% da A_u do compartimento – Pé-direito ≥ 2,00 m em qualquer ponto afastado mais de 30 cm do perímetro do compartimento
A_u do compartimento apenas inclui área em planta com pé-direito ≥ 2,00 m	Não é explicitamente definido
Dispensa os artigos 77º a 80º do RGEU desde que não exista agravamento das condições habitabilidade	Condições de habitabilidade (artigos 77º a 80º)
Portaria (artigo 12º) **COMUNICAÇÕES VERTICAIS**	RGEU (artigos 46º, 47º e 50º)
Dispensa os artigos 46º e 47º do RGEU, desde que não exista uma redução das dimensões ou características funcionais	Largura das escadas (L_E): – Até 2 pisos ou 4 habitações: $L_E \geq 0{,}90$ m (1,10 m entre paredes) – Mais de 2 pisos ou 4 habitações: $L_E \geq 1{,}10$ m (1,20 m entre paredes) – Altura superior a 30 m: $L_E \geq 1{,}40$ m
Dispensa os artigos 46º e 47º do RGEU, desde que não exista uma redução das dimensões ou características funcionais	Dimensão dos degraus: – Cobertor ≥ 0,25 m e espelho ≤ 0,193 m – 3, 4 ou 5 pisos sem ascensor: cobertor ≥ 0,28 m e espelho ≤ 0,175 m
Dispensa o artigo 50º do RGEU, desde que não exista uma redução das dimensões ou características funcionais	Ascensores: – Altura do último piso de habitação superior a 11,5 m: dois ascensores – Mais de 3 pisos e altura do último piso de habitação inferior a 11,5 m: espaço para futura instalação de pelo menos um ascensor
Portaria (artigo 13º) **SISTEMA DE EVACUAÇÃO DE LIXOS**	RGEU (artigo 97º)
Dispensa o artigo 97º do RGEU	Compartimento para contentores dos lixos em edifícios com mais de quatro pisos habitáveis
Portaria (artigo 14º) **LOGRADOUROS**	RGEU (artigo 76º)
Dispensa o artigo 76º do RGEU, desde que não exista agravamento das condições	Faixa de material impermeável, com pelo menos 1,00 m de largura, ao longo da construção Pavimentos dos pátios e as faixas impermeáveis construídos com inclinações que assegurem rápido e completo escoamento das águas pluviais ou de lavagem para uma abertura com ralo e vedação hidráulica
Portaria (artigo 15º) **ALTURA MÁXIMA DA EDIFICAÇÃO**	RGEU (artigo 59º)
Dispensa o artigo 59º do RGEU, desde que não exista agravamento das condições	Altura do edifício ≤ Afastamento de edifício fronteiro Situações de exceção: terrenos em declive, gavetos
Portaria (artigo 16º) **AFASTAMENTO MÍNIMO ENTRE FACHADAS COM VÃOS …**	RGEU (artigo 60º)
Vãos não alterados – podem manter um afastamento inferior ao definido no RGEU Vãos alterados – podem manter um afastamento inferior ao definido no RGEU se promoverem a segurança e salubridade dos espaços ou a coerência formal da fachada	Afastamento mínimo entre fachadas com vãos de compartimentos habitáveis ≥ 10 m
Portaria (artigo 17º) **INTERVALO ENTRE FACHADAS POSTERIORES**	RGEU (artigo 62º)
Dispensa o artigo 62º do RGEU mediante consentimento da câmara municipal	Altura de edifício ≤ Afastamento de edifício fronteiro Profundidade do logradouro ≥ 6,00 m Área livre e descoberta ≥ 40 m² Situações de exceção: gavetos

7. CONCLUSÕES

Com base na análise apresentada, pode concluir-se que a Portaria adequa o RGEU à especificidade das obras em edifícios existentes através da combinação de quatro abordagens:

1) Define requisitos inferiores aos do RGEU mas que garantem que os edifícios e as habitações que são objeto de reabilitação proporcionam condições mínimas de segurança e salubridade (*e.g.*, pé-direito, programa de compartimentos, área e dimensão úteis de compartimentos, equipamento sanitário, área bruta, dimensões de vãos);
2) Dispensa, com condições, alguns requisitos do RGEU, de modo a que as intervenções de reabilitação possam acomodar as especificidades inerentes aos edifícios existentes (*e.g.*, afastamento de vãos a fachadas e obstáculos fronteiros, largura de escadas comuns, dimensões de degraus, instalação de ascensores, altura de edifícios);
3) Atualiza alguns requisitos do RGEU que são obsoletos face aos atuais modos de vida (*e.g.*, compartimento de cozinha e equipamento sanitário);
4) Complementa, em situações muito pontuais, os requisitos do RGEU (*e.g.*, localização dos vãos de iluminação, dimensionamento dos degraus).

Deve observar-se que o RGEU e a Portaria têm diferentes objetivos. O RGEU, elaborado num período em que a construção nova era predominante, estabelece um *nível mínimo* que visa assegurar a satisfação das necessidades elementares da vida quotidiana no horizonte temporal da vida útil dos edifícios. A Portaria, sendo vocacionada para a reabilitação de edifícios, estabelece um *nível básico* que visa assegurar condições de segurança e de salubridade que coloquem a vida humana, nos seus aspetos físicos e mentais, ao abrigo de ser significativamente prejudicada.

Entende-se que a Portaria contribui para a promoção da preservação e valorização do património construído, para a melhoria das condições de vida e habitabilidade das pessoas, e para o desígnio da sustentabilidade ambiental na reabilitação de edifícios.

AGRADECIMENTO

A António Cabaço, Cláudio Cruz e José O. Pedro pelo apoio no aperfeiçoamento do conteúdo e da redação.

REFERÊNCIAS

Decreto-Lei n.º 38 382 – **Aprova o regulamento geral das edificações urbanas**. Diário da República, 1.ª Série. Número 166 (1951-08-07).

Decreto-Lei n.º 650/75 – **Dá nova redação a diversos artigos do regulamento geral das edificações urbanas**. Diário da República, 1.ª Série. Número 267 (1975-11-18).

Decreto-Lei n.º 555/99 – **Estabelece o regime jurídico da urbanização e edificação**. Diário da República, 1.ª Série-A. Número 291 (1999-12-16).

Decreto-Lei n.º 53/2014 – **Estabelece um regime excecional e temporário a aplicar à reabilitação de edifícios ou de frações**. Diário da República, 1.ª Série. Número 69 (2014-04-08).

Decreto-Lei n.º 95/2019 – **Estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas**. Diário da República, 1.ª Série. Número 136 (2019-07-18).

Portaria n.º 304/2019 – **Define os requisitos funcionais da habitação e da edificação em conjunto, aplicáveis às operações de reabilitação em edifícios ou frações**. Diário da República, 1.ª Série. Número 175 (2019-09-12).

SOCIEDADE MARTINS SARMENTO: UM CASO DE ESTUDO VOLTADO PARA REABILITAÇÃO DO PATRIMÓNIO EDIFICADO

MARTINS SARMENTO SOCIETY: A CASE STUDY CONCERNING REHABILITATION OF BUILT HERITAGE





Matheus Bento Correia [(1)], Marta Mayer Feitosa de Oliveira [(2)], Jorge M. Branco [(3)]

(1) Universidade do Minho, Portugal, pg37082@alunos.uminho.pt
(2) Universidade do Minho, Portugal, pg37081@alunos.uminho.pt
(3) ISISE, Universidade do Minho, Portugal, jbranco@civil.uminho.pt

RESUMO

A reabilitação de edifícios históricos no tocante a valores culturais distingue-se da reabilitação de um edifício corrente e, para tal, envolve um desafio à parte: preservar partes ou características que mantenham os seus valores históricos, arquitetónico e cultural íntegros. Um cenário mais desafiador pode ser percebido quando não se têm muitos vestígios de documentos e pareceres técnicos e arquitetónicos que caracterizem e desmistifiquem os desdobramentos do edifício. No panorama da indústria construtiva pode-se afirmar que, em grandes centros urbanos, existe uma perspetiva maior e uma ascensão na busca por soluções de reabilitação e uma maior atenção para a manutenção do património construído de edifícios existentes. Pode-se perceber ainda que, é cada vez mais frequente, a pauta relacionada à reabilitação e conservação de monumentos históricos e/ou com valor cultural no contexto mundial ou nacional. O facto é ainda mais relevante quando se percebe um cenário marcado por construções de diferentes estilos e épocas, no qual se enquadra o continente europeu e, por consequência, Portugal. Apesar de todo o enquadramento e importância da temática, alguns monumentos portugueses sofreram deterioração precoce por conta de algum incidente, o que prejudica a ação das intervenções que mantenham as características do edificado. Tendo em conta a temática relevante da reabilitação e conservação do patrimônio edificado, o presente artigo visa propor soluções de reabilitação tendo como pressuposto base o respeito ao ambiente construído, bem como a permanência de seus valores culturais. Visa, por conseguinte, fazer uma avaliação das dificuldades e limitações existentes para tal intervenção através de caso de estudo na edificação onde funciona a Sociedade Martins Sarmento, localizada no centro histórico de Guimarães. É proposto um mapa de intervenção, tomando como base a atual circunstância que se encontra a edificação e seu processo de deterioração acelerado devido a um incêndio, que inviabilizou boa parte da inspeção visual necessária além de uma perda considerável de informações relevantes para o mesmo.

Palavras-chave: Reabilitação / Monumentos / Sociedade Martins Sarmento / Intervenção / Património

1. REABILITAÇÃO DE PATRIMÓNIO EDIFICADO

As edificações históricas e que têm um valor atribuído tendem a ser preservadas, especialmente na Europa, onde o número de edificações antigas é significativo. E no cenário sustentável é preeminente que tais edificações possam ser reabilitadas, restauradas, conservadas, reformadas e mantidas ao invés de privilegiar construções do tipo raiz. Pensamento corroborado pelas palavras de Moreira (2009) que apontou: "a diferença entre o peso que a reabilitação de edifícios assume na construção em geral e o peso da construção nova é assim cada vez menor e, por isso, torna-se imperativo salientar que é impreterível melhorar as práticas de reabilitação". No entanto, segundo Gutierres (2015), Portugal ainda tem parcela pouco expressiva, de aproximadamente 28%, em reabilitações, quando comparado a outros países da União Europeia como Alemanha (~58%), Dinamarca (~52%) e Bélgica (~42%). Portugal ainda está abaixo da média europeia que era de 34,9% em 2015, embora, segundo o pesquisador, tenha havido uma retração do ritmo de novas edificações no país, o que neste aspeto é um ponto favorável.

Contudo, o Decreto-Lei n.º 53/2014 pontua a necessidade de direcionar no sentido sempre da reabilitação. A saber: "ao invés de uma aposta em novas construções, a política do ordenamento do território desenvolvida pelo Governo privilegia a reabilitação através de operações urbanísticas de conservação, alteração, reconstrução e ampliação, enquanto soluções mais adequadas à atual realidade do país".

Ao longo das últimas décadas, algumas Cartas e Convenções Internacionais foram sendo publicadas para definir premissas de conservação do Património edificado. Dentre elas destacam-se: Carta de Atenas (1931), Carta de Veneza (1964), Convenção para a Proteção do Património Mundial, Cultural e Natural – UNESCO (1972), Carta de Burra (1999), Carta de Cracóvia (2000), recomendações do ISCARSAH, dentre outras. Essas recomendações internacionais tem o intuito de valorizar o património visando que as intervenções tenham cunho reversível, compatível e, igualmente, de baixo impacto das soluções a adotar (Cerqueira, 2018) (Azevedo, 2010).

Desta maneira, toda e qualquer intervenção em edifícios antigos deve seguir padrões rigorosos e cuidados, visando planear a reabilitação com critérios na segurança das estruturas. É conveniente – em tais intervenções – adotar a metodologia de análise com quatro etapas citadas por vários investigadores: Azevedo (2010), Sousa (2016), Martins (2012): Análise histórica da edificação (anamnese); Identificação das anomalias (diagnóstico); criteriosa escolha das soluções de reabilitação e adequada aplicação (intervenção ou terapia) e monitorização da eficácia da intervenção (manutenção e controlo).

O presente artigo visa propor soluções de reabilitação tendo como pressuposto base o respeito ao ambiente construído, bem como a permanência de seus valores culturais. Visa, por conseguinte fazer uma avaliação das dificuldades e limitações existentes para tal intervenção através de caso de estudo na edificação onde funciona a Sociedade Martins Sarmento localizada no centro histórico de Guimarães, através da apresentação de uma proposta de intervenção, que foi fomentada, tomando como base a atual circunstância que se encontra a edificação e seu processo de deterioração acelerado devido a um incêndio, que inviabilizou boa parte da inspeção visual necessária além de uma perda considerável de informações relevantes para o mesmo.

2. LEVANTAMENTO E DIAGNÓSTICO

2.1. Sociedade Martins Sarmento: levantamento

O objeto de estudo situa-se no centro de Guimarães, nomeadamente no Largo Martins Sarmento e, denomina-se casa Martins Sarmento. Localiza-se a Sudoeste do Paço dos Duques e do castelo. O referido que leva o nome da casa, Martins Sarmento, teve uma grande importância no contexto histórico, sobretudo por ter sido um dos

pioneiros da arqueologia moderna em Portugal. A sua habitação tornou- se um emblemático sítio por toda a história imbuída em sua vida e por seu grau de contribuição para a sociedade, inclusive com a instituição de uma sociedade fundada, também em Guimarães, por seus admiradores, Sociedade Martins Sarmento.

A casa Martins Sarmento foi concebida em meados do séc. XVIII e define um modelo de habitação burguesa típica desta época em Portugal. Em se tratando de arquitetura e detalhes construtivos têm-se paredes exteriores e rés-do-chão construídas com pedras que pertenciam à antiga muralha medieval da cidade. As paredes interiores são compostas de tabique enquanto a estrutura das lajes foi concebida em madeira de castanho.

Por se tratar de uma casa nobre da época, detinha três pisos, dentre os quais pode-se pressupor que: no rés-do-chão localizava-se os quartos dos criados e as zonas de serviço, no primeiro piso, zonas sociais e de convívio, como sala de jantar, salão, oratório. No segundo piso estariam os quartos de dormir e demais zonas privadas.

A fachada da casa pode ser determinada como sendo de estilo neoclássico tardio, simétrica e sóbria, rematada por um óculo e um frontão. Já na zona do centro, o piso 1, remete-se a um estilo romântico por conta do distanciamento entre os vãos e proporcionalidade.

Entre algumas adaptações e mudanças realizadas durante todo o tempo de construção e modelação da casa e o período atual, passou-se por alguns períodos mais densos neste aspeto como, por exemplo em 1974, onde algumas alterações mais iminentes foram necessárias, pois houve um grande incêndio que causou enormes estragos em alguns pavimentos, sobretudo no primeiro e segundo, além de ter destruído completamente a estrutura original da cobertura do edifício, que posteriormente foi substituída por uma cobertura metálica, descaracterizando a arquitetura e o contexto original do mesmo.

Dentre algumas dificuldades para se obter informação acerca do próprio edifício e interpretá-lo da maneira correta, foi realizada uma busca em toda a sua história, bem como dos seus períodos.

Através de levantamentos e do próprio acervo, sabe-se que hoje, a casa Martins Sarmento é um edifício com área construída de 650 m² e área de jardim de 1000 m². O rés-do-chão possui paredes e piso em alvenaria de pedra e paredes divisórias em madeira. O primeiro pavimento possui revestimento no piso, paredes exteriores de alvenaria de pedra e paredes interiores em divisória de madeira e uma escada em betão. O segundo piso possui madeira no piso e nas paredes interiores. Quanto à cobertura, após o incêndio e até o presente momento esta possui elementos metálicos.

2.2. Diagnóstico

A gravidade e o grau de intervenção necessário para reabilitar a edificação deve ser guiada tomando como base a atual situação desta e, para tal, foi realizada visitas in loco para melhor entendimento e perceção das necessidades, bem como foi levado em consideração o documento “relatório da Casa Martins Sarmento” obtido na Universidade do Minho, Campus Azurém. As imagens que serão apresentadas nesta secção foram retiradas do documento em questão.

2.2.1. Pavimento rés-do-chão

O piso 0 da Casa Martins Sarmento é, hoje, o único piso em utilização deste edifício. Lá se encontram alguns funcionários a trabalhar, bem como o que restou do acervo histórico que se encontrava antes de a casa ser acometida pelo incêndio que a assolou. Esse piso e constituído por 12 espaços, sendo dois quartos de banho, um acesso para o andar superior e um acesso para a parte dos fundos da casa. Vale salientar que neste pavimento, pouco se nota o estrago causado pelo incêndio, porém pode-se perceber a deterioração causada pela falta de manutenção.

Na figura abaixo, nota-se a referida deterioração. Nas salas em questão: salas 1, 2, 10 e 11, observa-se que o

maior agente causador dos desgastes presentes no ambiente construído é a ação da umidade no interior da edificação. A umidade presente é, dentre outros aspetos, oriunda de infiltrações na parede, e umidade ascendente. Os materiais mais afetados e, nos quais, podem ser mais vistos tais manifestações são no reboco, pintura e cerâmica, causando desprendimento dos mesmos. Para além da umidade, encontra-se, ainda, a ação de agentes biológicos e a presença de sujidade.



Figura 1 – Planta baixa/foto (piso 0)

2.2.2. Pavimentos superiores

O piso 1, por sua vez, encontra-se em um estado mais grave de deterioração quando em comparação ao rés-do-chão. A figura 2 retrata a condição que se encontra, atualmente, este pavimento. Analisando as salas em questão, através de inspeção visual, constata-se que, a sala 13 apresenta fissuras, trincas e infiltração através da parede em muitas zonas deste pavimento, além de sujidade e ação aparente de agentes biológicos e insetos xilófagos.



Figura 2 – Planta baixa e foto (piso 1)

Deve-se ressaltar, ainda, grande quantidade de material desprendido: reboco, pintura e madeira. As esquadrias e assoalho também se encontram em péssimo estado de conservação.

Já nas salas 14, 15 e 16, ainda da figura 2, além das manifestações citadas acima que são recorrentes nestas, encontra-se uma lesão, notória, ocasionada pela ação do fogo, no âmbito do incêndio mencionado outrora. Este foi o principal responsável e atenuante para as manifestações patológicas que se encontram no objeto de estudo, que pode ser percebido através das madeiras que se encontram queimadas e a aparência de outros elementos, bem como a fragilidade dos mesmos, do ponto de vista estrutural. Não é difícil associar este agravamento ao incêndio que incorreu, porém, a pior situação se encontra no andar do piso superior, que mais sofreu e pode ser comprovado de acordo com as fotos abaixo.

A figura abaixo retrata como se encontra o piso 2 da edificação. As manifestações que assolam toda a edificação também se fazem presentes neste pavimento, porém com maior intensidade. Isso é explicado, sobretudo, por dois fatores: o primeiro deles está relacionado com o fato de o incêndio ter destruído completamente a cobertura original do edifício e este ter passado vários anos sem cobertura alguma, o que acentuou todo o processo de degradação presente.

O segundo está relacionado com a falha em ter sido feita uma incorreta intervenção quanto ao apoio da cobertura que substituiu a antiga. O aspeto estrutural do edifício já se encontrava enfraquecido e a má fixação de uma viga para apoiar o telhado metálico, causou uma fissura na parede que se estendeu do segundo para o primeiro pavimento, tornando a estrutura mais fragilizada do que já estava.



Figura 3 – Planta baixa e foto (piso 2)

2.2.3. Grau de reabilitação

O caso de estudo em questão deve ser tratado como sendo uma reabilitação profunda que engloba desde pequenas restaurações, beneficiações das instalações e equipamentos já existentes nos fogos, passando pela reparação de elementos de caixilharias, estruturas, melhorias nas instalações elétricas, até profundas alterações na distribuição e organização do espaço e introdução de instalações e equipamentos em falta.

Com o objetivo de propor soluções de reabilitação exequíveis para o objeto de estudo, este artigo visa ter como base para tal, a utilização dos regulamentos vigentes tais como: o Regulamento Municipal de Urbanização e Edificação de Guimarães (8), o Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) (9), Lei n.º 107/2001 (04) e demais normativas da União Europeia no que diz respeito ao património edificado onde funciona a Sociedade Martins Sarmento no centro histórico de Guimarães. Ademais, serão introduzidos equipamentos em falta (elevador, casas de banho) e profundas alterações em alguns sistemas construtivos degradados pela ação humana e do tempo. Algumas premissas básicas de projeto de reabilitação foram adotadas. São elas: adoção de soluções com o mínimo de intrusão, gerando menor quantidade de resíduos sólidos; garantia da reversibilidade/compatibilidade das soluções preconizadas; manter algumas das evidências históricas e privilegiar soluções de intervenção faseadas no tempo.

3. IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS

Sabe-se que a devida manutenção do património construído tem enorme importância acerca do grau de conservação do mesmo e, que quanto mais demorada a intervenção, maior o investimento necessário para sanar tais problemas patológicos oriundos de diversas fontes como ação de intempéries, desgaste natural dos materiais, ou ainda provocados por ações não previstas, como foi o caso do incêndio que assolou a sociedade Martins Sarmento.

Muitas patologias na edificação em questão são de fácil deteção por parte de inspeção visual e outras necessitam de demais ensaios a fim de confirmar a origem da mesma. As principais patologias que assolam o estudo de caso em questão são: degradação da madeira (ação do fogo e do tempo) / desprendimento de material/ reboco/ tinta; fissuras/ trincas; umidade ascendente; infiltração pela parede/ telhado; patologias oriundas de vegetação/ agentes biológicos e sujidade.

As patologias relacionadas podem ser encontradas nos diversos materiais constituintes e nos vários pisos da edificação, como por exemplo: materiais de alvenaria – em tijolo maciço/ furado; bloco de pedra; argamassa de revestimento/ cal; tinta acrílica/ à base de cal; madeiras – assoalho; esquadrias; vidros; cerâmica – revestimento cerâmico em piso e parede; betão – piso e parede de betão aparente.

Para sanar tais problemas, bem como reabilitar as demais áreas da edificação as propostas estão relacionadas e seccionadas de acordo com os seguintes elementos: cobertura, paredes externas, paredes internas, pisos, tetos, escada, elevador, portas, janelas e instalações MEP, de acordo com as soluções adotadas para cada caso/ situação.

4. PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

4.1. Cobertura

Como a edificação está localizada no centro histórico de Guimarães, o regulamento exige que o material de acabamento da cobertura seja cerâmico. Para a estrutura de suporte sugere-se madeira com ligadores metálicos (chapas, tirantes, escoras). O foco da geometria do telhado foi de atender à zona climática e torná-lo mais eficaz, do ponto de vista funcional e utilizar a estrutura das paredes existentes, depois de devidamente reparadas, como

ponto de apoio para o mesmo.

Assim, propõe-se telha Marselha alinhada (fabricante: Torreense Cerâmicas) com inclinação de 28%, haja vista que a zona climática do edifício implantado é Zona 2. Segue proposta abaixo da geometria do telhado, bem como da estrutura de suporte:

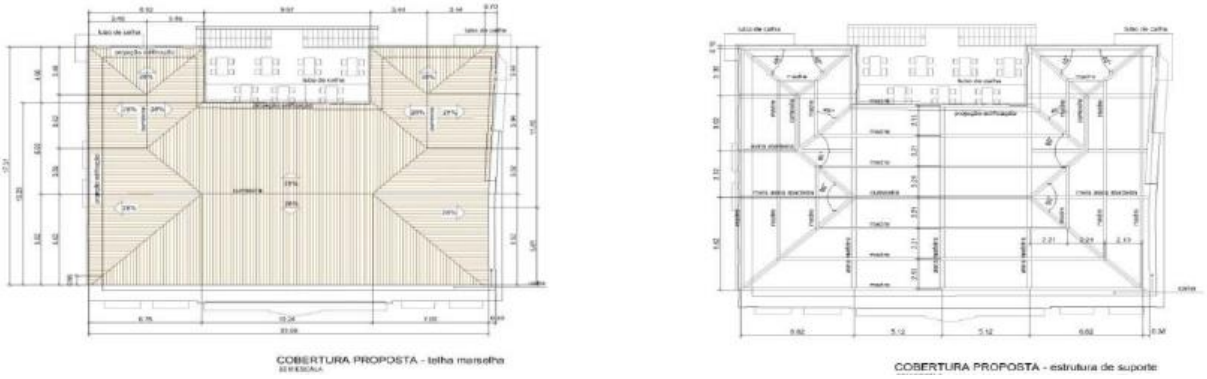


Figura 4 – Planta baixa (telhado) / estrutura de suporte (madeiramento)



Figura 5– Pormenor construtivo da asna composta/ Perspetiva para telhado

4.2. Paredes externas

Uma das patologias que devem ser tratadas no objeto de estudo em questão é relacionada às paredes externas, que é, inclusive, uma das fontes originadoras de outras patologias. Para tal, foi considerada a reparação da fissura existente com revestimento de gesso e malha. Em relação a solução de reabilitação a massiva fissura existente que se projeta nos 2.º e 1.º andares da edificação, sugere-se que seja executada uma junta de movimentação no encontro entre a parede externa de pedra e a parede interna de madeira (taliscas), pois são sistemas construtivos diferentes que se comportam de forma diferente. Ademais, sugere-se que os espaços vazios sejam preenchidos com argamassa e posteriormente revestidos com placas de gesso laminado 15 mm. A figura 6 representa o pormenor construtivo como proposta de reabilitação.

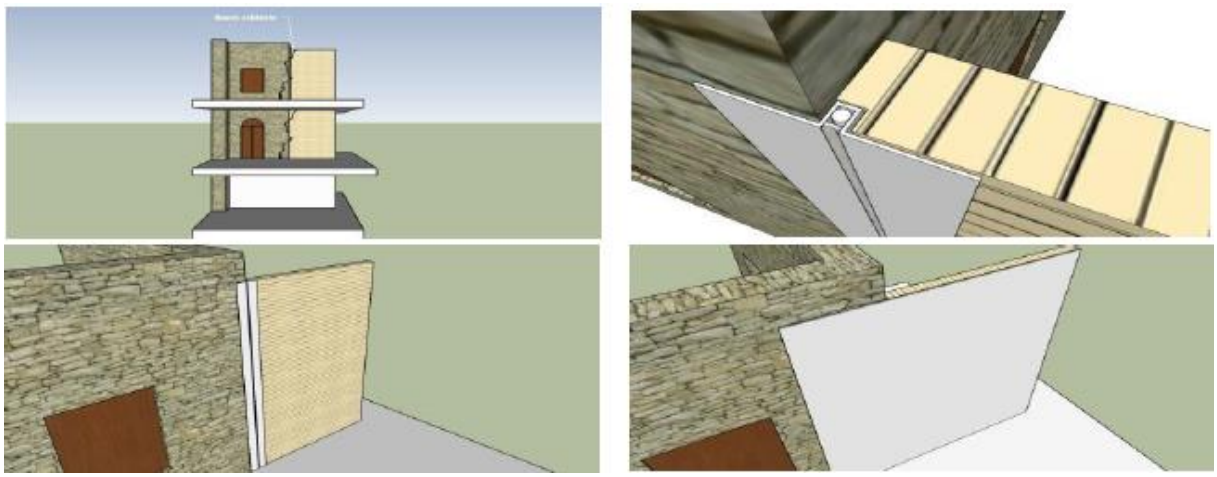


Figura 6 – Proposta de reabilitação – fissura entre parede externa em pedra e parede interna em madeira

4.3. Paredes internas

As paredes internas do 2.º andar serão mantidas após o tratamento das patologias. Os trechos mais danificados serão removidos e substituídos por parede de placas de gesso laminado. As demais paredes serão totalmente revestidas com placas autoportantes de gesso laminado 15 mm.

4.4. Pisos

No intuito de não descaracterizar demasiadamente a edificação, o piso danificado será substituído por soalho de madeira Faia Europeia: 690 kg/m^3 (semidura) em réguas de (200 x 3500 x 20) mm seguindo o mesmo *layout* do original. As réguas originais deverão ser reaproveitadas para revestimento de piso em outras salas danificadas (especialmente do 1.º andar). Por baixo do soalho, propõe-se instalação de lã de vidro 40 mm para isolamento acústico.

Nas circulações dos pisos rés-do-chão, 1.º e 2.º andares e no hall em torno da nova escada sugere-se piso em CLT dadas as vantagens desse material, conforme plantas abaixo.

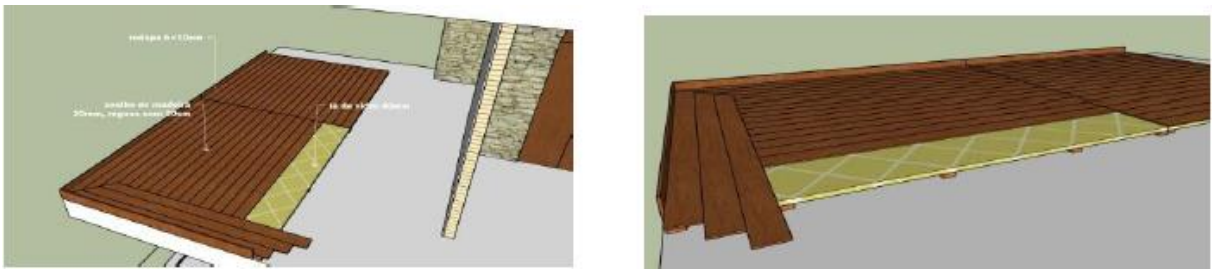


Figura 7 – Piso em soalho (substituição nas salas cujo piso está danificado)

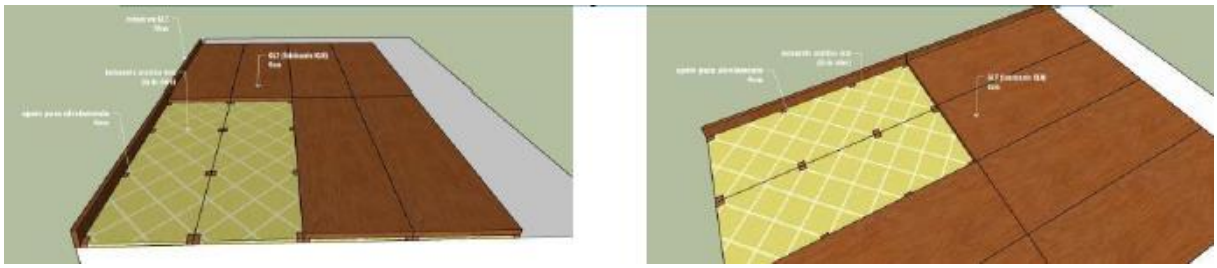


Figura 8 – Piso em CLT (circulação 1.º e 2.º andares e hall em torno da escada)

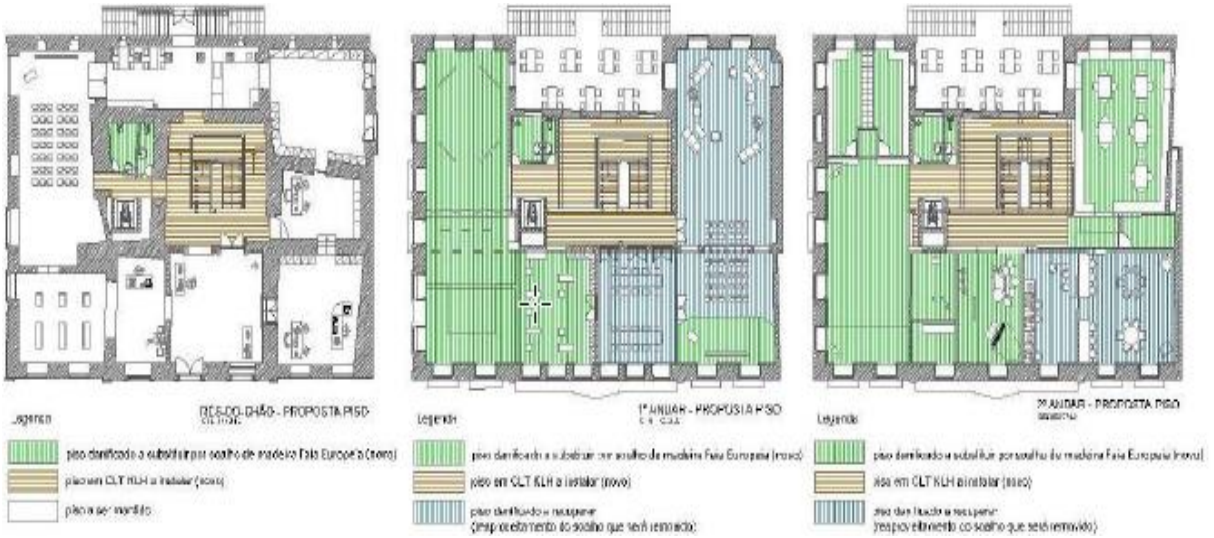


Figura 9 – Plantas baixa rés-do-chão, 1.º e 2.º andares – proposta pisos

4.5. Tetos

Conforme plantas hachuradas serão implantados novos tetos falsos em gesso cartonado duplo de 20 mm com isolamento acústico (lã de vidro de 40 mm) entre as placas. Os demais tetos deverão ser reabilitados e mantidos. No segundo andar foi feito um rebaixo no teto de 40 cm. A estrutura de suporte será feita através de tirantes que deverão apoiar nas asnas de madeira da cobertura conforme figuras 11 e 12.

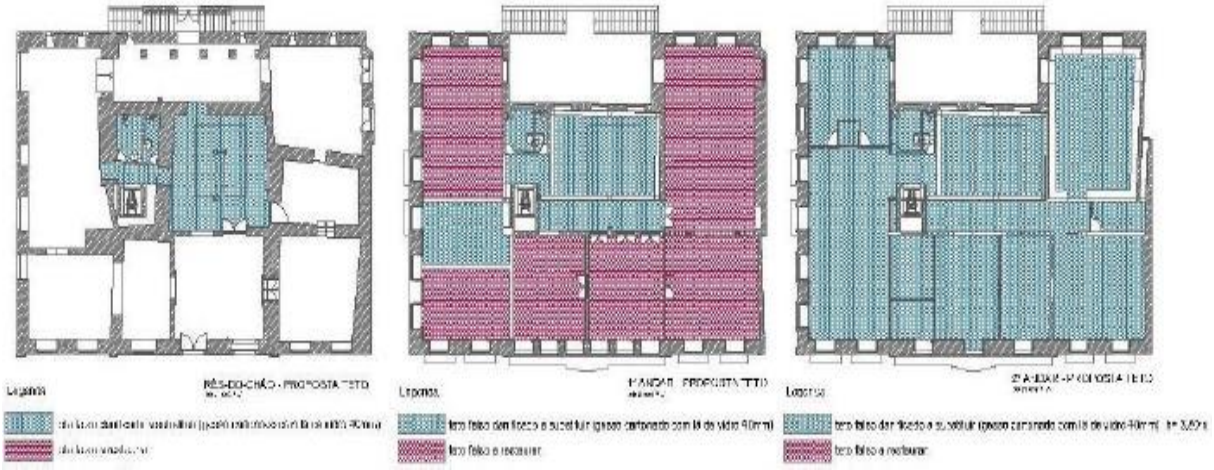


Figura 10 – Planta baixa: rés-do-chão, 1.º e 2.º pisos – proposta teto falso

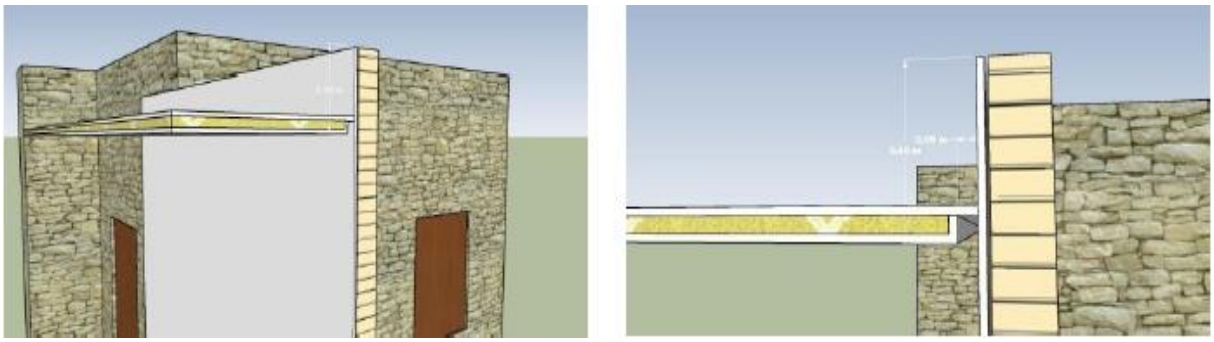


Figura 11 – Perspetivas da proposta para teto falso em gesso cartonado

4.6. Escada

Para a proposta de reabilitação da escada, a ideia inicial idealizada, fora preservada. Buscou-se, apenas, uma solução que pudesse retratar ao máximo a funcionalidade e adequação ao todo, com relação ao resto do prédio. Para tal, a escada foi idealizada em madeira do tipo C20, modelada pelo software CYPE® e a sobrecarga atuante para a área de influência foi de 200 Kg/m², além do peso próprio que o software considera.

Para os pilares, a seção de (200 x 200) mm e, para as vigas de (160 x 100) mm. Ambos demonstraram ser suficientes. Os degraus são de (30 x 290) mm com a largura de 1250 mm.



Figura 12 – Escada – Vista 1, 2

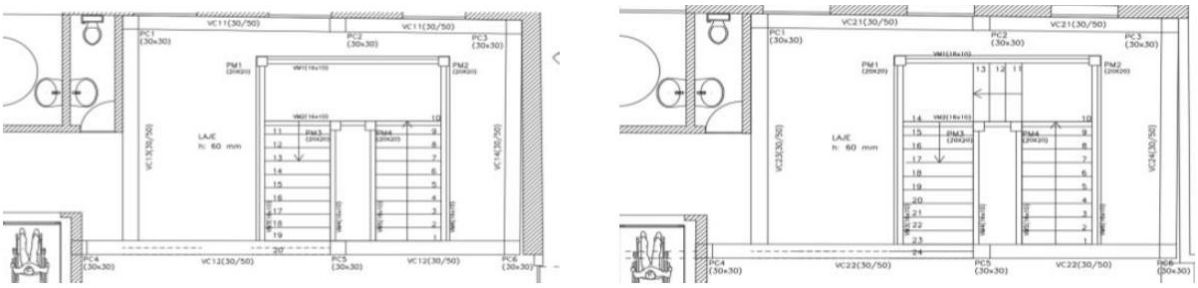


Figura 13 – Layout da escada/hall do rés-do-chão ao 2.º piso

4.7. Elevador

O elevador foi pormenorizado conforme especificações do elevador residencial homelift da empresa portuguesa Liftech. O motor do equipamento pode ficar localizado até 7,0 m de distância da cabine no primeiro andar e possui necessidade de um pé-direito de 2,6 m no último andar. A estrutura na cabine é composta apenas pelas alças, contrapeso e cabine. A estrutura é autoportante de CLT estrutural, conforme medidas especificadas pela empresa portuguesa Rothoblaas. Existe também um pilar (PC4 30 x 30) cm de betão armado na estrutura.

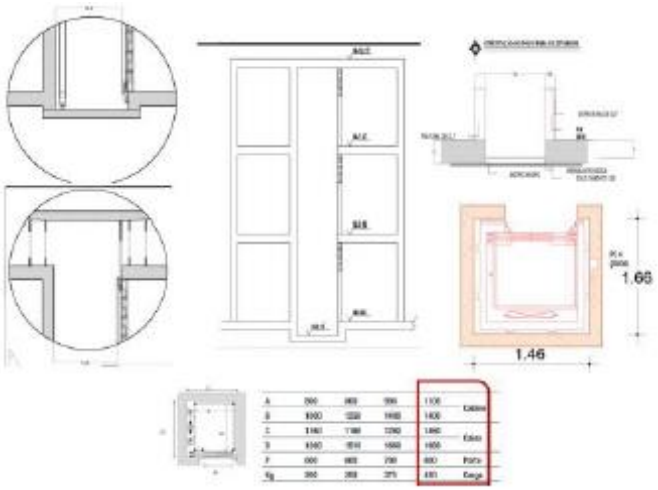


Figura 14 – Pormenores da Estrutura do Elevador e especificação das dimensões técnicas

4.8. Portas e janelas

Será necessária a revisão de todas as esquadrias da edificação. Atenção especial deve ser destinada para a estanqueidade das mesmas no encontro entre a caixilharia e a pedra de cantaria do guarnecimento dos vãos. Remover toda a pintura existente (através do lixamento) e repintá-las na cor original. Todas as forras das portas internas do 2.º pavimento serão substituídas por novas forras e portas com bandeira, seguindo o padrão das existentes. Manter a mesma altura.



Figura 15 – Estado atual das forras das portas 2.º andar

4.9. Instalações MEP

Propõe-se que as novas instalações elétricas sejam embutidas através do piso, assim haverá menos cortes nas paredes internas existentes (taliscas de madeira) e, consequentemente, nas placas de gesso laminado 15mm. Abaixo segue proposta de instalações elétricas e hidráulicas simuladas através do software CypeCAD MEP (*versão campus*) 2019e.



Figura 16 – Simulação das Instalações Elétricas

As instalações em sua grande maioria transitam pelos vazios das lajes, de forma a evitar ao máximo os cortes em paredes, por exemplo: as fiações das tomadas são pelo piso e a iluminação pelo teto.



Figura 17 – Simulação das Águas, residuais e pluviais

5. EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

Como proposta para a execução dos serviços de reabilitação, tem-se como o ponto de partida a completa remoção da cobertura. Em paralelo podem ser feitos o tratamento de todas as patologias listadas na identificação das patologias, inclusive da fissura existente no encontro da parede externa em pedra e da parede interna em madeira (taliscas). A sequência da execução será conforme o esquema abaixo. Após a execução da nova escada, deverá ser devidamente bem protegida com papelão para não haver danos nem ranhuras nos pisos, haja vista que será necessária para a circulação vertical de material e das equipas de trabalho.

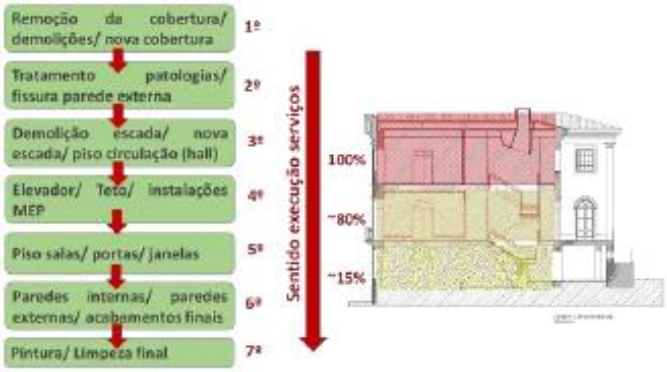


Figura 18 – Esquemático com a sequência da execução dos serviços de reabilitação

6. CONCLUSÕES

Com o presente trabalho, pode-se concluir que para a execução do mesmo foi preciso conhecer com o mínimo de propriedade a edificação (através da inspeção técnica *in situ*), visualizar as manifestações patológicas, discutir em equipa as soluções mais viáveis do ponto de vista da conservação de monumentos antigos e da sustentabilidade, tendo como pressuposto base a não descaracterização do ambiente construído e buscando respeitar e não intervir com descaso quanto à história da edificação.

Na medida em que as propostas de soluções de reabilitação surgiram, tornou-se possível de perceber a complexidade de lidar com todas as questões voltadas para uma reabilitação deste suporte quer com limitações impostas pelo património histórico – por exemplo, a exigência de material de revestimento cerâmico para a cobertura – quer com limitações físicas impostas pela volumetria da edificação e outras em relação a técnicas de reforço das estruturas de um modo geral (no caso da escada e elevador que seriam implantados). Porém tentar entender os conceitos fundamentais da conservação e reabilitação de edifícios antigos é uma tarefa complexa, contudo gratificante do ponto de vista de respeito quanto à preservação desse património histórico.

A nível de contributos deixados com esta proposta de reabilitação, teve-se como pressuposto base fomentar a reestruturação da edificação, elevando os níveis de habitabilidade, valores culturais, bem como a qualidade mínima necessária para que esta habitação volte a servir como ambiente de visitação para os que conhecem e não conhecem a história do Francisco Martins Sarmento e tenham o mínimo de higiene, segurança além de poderem perceber o valor da reabilitação responsável a fim de que seja elevado os valores patrimoniais do imóvel em questão.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, H. D. de S., 2010 – **Reforço de estruturas de alvenaria de pedra, taipa e adobe com elementos de madeira maciça**. 106.

CASA MARTINS SARMENTO, 2018 – **Conservação e restauro do património construído**. Acedido em 07/05/2019, no Website da Universidade do Minho: https://elearning.uminho.pt/webapps /blackboard/execute/modulepage/view?course _id=_38909_1&cmp_tab_id=_66039_1&mode=view#

CERQUEIRA, A. R. M., 2018 – **Reabilitação de edifícios históricos**.

DECRETO-LEI N.º 38382/51, de 7 de agosto – **Regulamento geral das edificações urbanas (RGEU)**.

DECRETO-LEI n.º 53/2014 – **Regime excecional e temporário a aplicar à reabilitação de edifícios ou de frações, cuja construção tenha sido concluída há pelo menos 30 anos ou localizados em áreas de reabilitação urbana**. Diário da República n.º 69, Série I de 2014-04-08. Lisboa: Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia.

GUTIERRES, V. N. dos S., 2015 – **Reabilitação térmica e acústica de edifícios antigos**. Retrieved from http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/6053/1/Dissertação.pdf

LEI n.º 107/2001 – **Estabelece as bases da política e do regime de protecção e valorização do património cultural**. Diário da República n.º 209/2001, Série I-A de 2001-09-08. Lisboa: Assembleia da República. Retrieved from http://www.dgpj.mj.pt/DGPJ/sections/leis-da-justica/livro-iv-leis-criminais/pdf3/l-107-2001/downloadFile/file/L_107_2001.pdf?nocache=1181840448.03

MARTINS, N. F. S., 2012 – **Reforço de paredes de edifícios antigos com base em soluções que incorporem confinamento transversal. Levantamento, técnicas de aplicação e características**.

MIRANDA, J. F. T., 2015 – **Arquitetura, património e autenticidade: autenticidade na reabilitação do património histórico.** Universidade de Lisboa. https://doi.org/https://www.repository.utl.pt /bitstream/10400.5/12446/1/Tese.pdf

MOREIRA, M. F. J., 2009 – **De madeira em edifícios. Estudo de Caso**.

SOUSA, I. F. N., 2016 – **Princípios da reabilitação de edifícios. Aplicação a casos de estudo**. 100. Retrieved from https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/6514/1/Dissertação.pdf

EVOLUCIÓN DE LAS POLÍTICAS DE REHABILITACIÓN Y REGENERACIÓN URBANA EN MADRID (1994-2018). DE LAS ÁREAS DE REHABILITACIÓN PREFERENTE (ARP) AL PLAN ESTRATÉGICO DE REGENERACIÓN URBANA MADRID RECUPERA

EVOLUTION OF URBAN REGENERATION POLICIES IN MADRID (1994-2018). FROM ARP TO THE STRATEGIC PLAN FOR URBAN REGENERATION MADRID RECUPERA



Francisco Javier González González

Universidad Europea Madrid, España fjavier.gonzalezgonzalez@gmail

RESUMEN

Las políticas de rehabilitación urbana en la ciudad de Madrid han tenido un relativo éxito tanto en el centro histórico como en los barrios periféricos. Sin embargo, tras la crisis de 2008, se abrió un debate, que continúa, sobre el agotamiento del modelo y su adaptación a las nuevas necesidades urbanas. Así, desde las Áreas de Rehabilitación Preferente (ARP), iniciadas en 1994, hasta el Plan Madrid Recupera (Plan MAD-RE) en 2018, se han aplicado tres diferentes modelos de intervención. Las diferencias entre ellos se pueden agrupar en cuatro apartados.

Palavras-chave: Políticas de Rehabilitación Urbana / Gobernanza / Financiación / Instrumentos

RESUMEN EXTENDIDO

Este es el resumen del artículo presentado al congreso ENCORE 2020, que ha sido publicado en el número vinculado al mismo de la revista CIDADES, COMUNIDADES y TERRITORIOS.

Las políticas de rehabilitación urbana en la ciudad de Madrid han tenido un relativo éxito tanto en el centro histórico como en los barrios periféricos. Sin embargo, tras la crisis de 2008, se abrió un debate, que continúa, sobre el agotamiento del modelo y su adaptación a las nuevas necesidades urbanas. Así, desde las Áreas de Rehabilitación Preferente (ARP), iniciadas en 1994, hasta el Plan Madrid Recupera (Plan MAD-RE) en 2018, se han aplicado tres diferentes modelos de intervención. Las diferencias entre ellos se pueden agrupar en cuatro apartados.

1) En lo relativo al carácter integral de las intervenciones, esto es, centradas en la rehabilitación de viviendas o incluyendo, por ejemplo, actuaciones simultáneas en espacio público, las infraestructuras verdes, etc. El carácter integral de las políticas, reconociendo su dimensión urbana tiene su momento de esplendor en los primeros ARP a partir del noventa y cuatro y va declinando por loe esfuerzos de gestión que supone este enfoque rico y complejo a las administraciones regionales y locales. Según se afianza una visión desregulatoria en lo relativo a la ciudad en los gobiernos madrileños va desapareciendo la presencia organizativa de la administración en la regeneración urbana. El modelo se mantiene bajo la responsabilidad municipal y se va diluyendo en la responsabilidad regional. La visión integral se recupera por elevación tras la irrupción de instrumentos como la Declaración de Toledo a partir de 2010 y vuelve a tener un momento de innovación con el plan MAD-RE.
2) En el énfasis en nuevos contenidos, por ejemplo, la importancia que ha adquirido la rehabilitación energética y otros aspectos relativos a la sostenibilidad urbana. La evolución de estos intereses revela que sólo a partir de la ley 8/2013 de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas y otras sectoriales anteriores la sostenibilidad es un asunto a contemplar en las actividades de rehabilitación y recuperación de ciudad. Se pasa de incorporar los motivos sociales en el centro de la regeneración urbana y de la rehabilitación de las viviendas a incorporar un discurso sobre la energía en la edificación y la necesidad de reducir la demanda de los hogares. A partir de 2015 se interrelaciona el enfoque ambiental y el social enriqueciendo el discurso centrado en el edificio de los años anteriores con la dimensión barrial y urbana de los procesos.
3) En la gobernanza de los procesos y la aplicación de nuevas metodologías de participación ciudadana en ellos. En los últimos años, se vuelve a incorporar de modo activo, (como en el periodo inicial de las ARP), la participación pública en los procesos. La interlocución de algunas asociaciones vecinales se ha revelado como fundamental en los últimos ejemplos de regeneración de barrios. En todo caso, estas experiencias positivas no suponen todavía la asunción de una metodología de participación no contestada por los agentes sociales y especialmente políticos. En este sentido conviene destacarla la importancia de la colaboración interadministrativa, ha ido variando durante estos años.
4) En lo referente a los fundamentales mecanismos de financiación, donde el papel de las inversiones públicas o privadas han variado considerablemente en función de los modelos aplicados; En conexión con los modos de gobernanza señalados en el punto anterior, se constata que uno de los logros de las primeras áreas de rehabilitación (ARP) fue lograr pactar, a través de convenios específicos, un reparto de los costes de urbanización a soportar por las tres administraciones participantes (ayuntamiento, gobierno regional y estado central). Este estado de colaboración proactiva no se ha llegado alcanzar de nuevo, incluso con gobernantes del mismo partido político en las tres administraciones. A pesar de la menor colaboración interadministrativa, la financiación pública siempre está presente, incluso en el momento más duro de la

crisis del 2008, cuando las subvenciones desaparecen en la práctica y se reducen en el discurso. Hoy el consenso es que la implicación económica en las áreas vulnerables ha de ser intensa y que se han de buscar nuevos mecanismos de colaboración público-privada para disminuir la presión sobre los recursos públicos.

5) las variaciones más significativas se dan en los instrumentos utilizados para la aplicación de este tipo de políticas urbanas. En ese sentido, el Plan MAD-RE, por su acercamiento integral y holístico a los problemas de la rehabilitación, se ha convertido en un instrumento de planificación estratégica de referencia en el contexto español. Las primeras áreas de rehabilitación se consolidaron en los noventa como programas de inversiones que se desarrollaban con diferentes instrumentos de planificación y proyecto. Con el paso de los años se convirtieron en meros espacios administrativos donde recaían las subvenciones a la rehabilitación privada. El plan MAD-RE muestra las posibilidades de combinar las Áreas de Rehabilitación con actuaciones que se recogen en la planificación estratégica, ya que esta es capaz de incorporar distintas capas de necesidades sectoriales y articularlas, Así, la regeneración de barrios recobra el carácter integral y enriquece la práctica rehabilitadora de las viviendas, pudiéndose articular con las determinaciones del planeamiento urbanístico.

En definitiva, el análisis de las distintas políticas de rehabilitación aplicadas en Madrid en este periodo permite tener una visión más clara de los pasos a dar en el futuro inmediato de la ciudad.

Nota

Artigo completo está previsto para ser publicado no dossier ENCORE 2020 da *Revista Cidades, Comunidades e Territórios* de meados de 2021 (site da revista: https://revistas.rcaap.pt/cct).

REABILITAR O ESPAÇO PÚBLICO COM ADOLESCENTES: IDEIAS COCRIATIVAS PARA UMA PRAÇA EM FRENTE DA ESCOLA

REHABILITATION THE PUBLIC SPACE WITH TEENAGERS: COCRIATIVE IDEAS FOR A SQUARE IN FRONT OF THE SCHOOL





Marluci Menezes [(1)], Joana Solipa Batista [(2)], Carlos Smaniotto Costa [(3)]

(1) LNEC, Portugal, marluci@lnec.pt
(2) CeiED, Universidade Lusófona, Portugal, joana.batista@ulusofona.pt
(3) CeiED, Universidade Lusófona, Portugal, smaniotto.costa@ulusofona.pt

RESUMO

Na sequência da realização de Oficinas de Urbanismo com Living Labs de cocriação de espaço público aberto em que os adolescentes foram os principais protagonistas, alinhavou-se um conjunto de ideias e propostas de desenho urbano que apontam para o desejo dos adolescentes terem um espaço de estadia em frente à escola que, em grande medida, pode ser associado à reivindicação de uma praça, indiciando uma proposta de reabilitação do espaço público urbano. Esta reflexão realiza-se no âmbito do Projeto Europeu C3Places (https://c3places.eu/) focando-se no estudo realizado em Lisboa que teve como público-alvo os adolescentes. O objetivo é: 1) discutir e apresentar os resultados destas oficinas com os adolescentes, procurando pormenorizar os aspetos que sustentam o seu desejo e necessidade de terem um espaço público de características específicas, com equiparação a uma ideia de praça, em frente da escola; 2) refletir o potencial de perspetivas colaborativas na reabilitação de espaço público urbano, à luz das políticas públicas existentes em Lisboa e considerando as necessidades e problemáticas pós-confinamento da pandemia Covid-19.

Palavras-chave: Cocriação / Adolescentes / Espaços Públicos Abertos / Reabilitação Urbana

1. INTRODUÇÃO

Esta contribuição apresenta e discute um conjunto de ideias e propostas de desenho urbano alinhavadas em Oficinas de Urbanismo com Living Labs de cocriação de espaço público aberto com adolescentes, organizadas no âmbito do Projeto Europeu C3Places (https://c3places.eu/). O Projeto C3Places tem como objetivo explorar o potencial das metodologias colaborativas e cocriativas, recorrendo as novas tecnologias de informação e comunicação na interação com as pessoas, para o seu melhor envolvimento na construção de espaço público urbano mais inclusivo, atrativo e responsivo. Pretende-se desenvolver um quadro metodológico para a criação de espaços públicos urbanos que contribuam para promover a coesão social e comunidades vibrantes, desenvolvendo recomendações para políticas de governança urbana coerentes e sustentáveis, assentes em quatro Living Labs desenvolvidos em diferentes cidades europeias (Ghent – Bélgica, Lisboa – Portugal, Milão – Itália e Vilnius – Lituânia). Esta reflexão foca o estudo realizado em Lisboa e que teve como público-alvo os adolescentes, e tem por objetivo explorar a relação entre a criação de espaço público aberto, adolescentes e tecnologias digitais.

A relação entre adolescentes e espaço público é complexa e dinâmica. Como objeto de investigação, ganhou um destaque maior ao longo dos aos 70 quando vários estudos exploraram dimensões diversas dessa relação. Hart (1979), chamou a atenção para um desejo e necessidade primitivos das crianças de contatarem e interagirem com o que os rodeia. Lynch (1977), coordenador do projeto patrocinado pela UNESCO “Growing Up in Cities”, através de mapas mentais das crianças e adolescentes explorou os diferentes lugares por eles valorizados, apontando para o papel fundamental do espaço urbano na passagem da adolescência à vida adulta.

Os adolescentes usam o espaço público, como contexto de encontro e interação, para estadia, mobilidade, atividades lúdicas e de lazer, portanto como lugares de sociabilidade e estadia, de grupo, com seus pares, e de evasão à vigilância dos adultos (Depeau, 2001; Lieberg, 1995; Pais, 1993). O espaço urbano é palco fundamental de interação entre o individual e o social ou comunitário e entre o mundo e o eu, sendo fundamental no desenvolvimento mental, físico, social, cultural e identitário das crianças e jovens (Pais, 1993; Holloway & Valentine, 2000; Strecht, 2011).

Ward (1978), ainda nos anos 70, destacou a necessidade de reconhecer o direito das crianças e jovens participarem no planeamento urbano, especulando sobre os benefícios que, tanto a cidade, como as crianças e os jovens, podem colher se a relação entre ambos for fortificada. No entanto, essa relação, com alguma frequência, nem sempre é fortalecida como o desejável. No caso dos adolescentes, as caraterísticas de uso do espaço público para estar em grupo, o ruído (ouvir música, falar alto), o testar limites, ou, em casos extremos o vandalismo, geram representações estereotipadas por outros grupos etários, materializando numa exclusão, direta ou indireta, do usufruto pleno do espaço público por parte dos adolescentes (Owen, 2002; Malone, 2002; Wyn & White, 1997). Também a participação no planeamento deste espaço não é incentivada, sendo eles deixados à margem nos processos de tomada de decisão que moldam o ambiente à sua volta, e afetam o seu quotidiano.

O Living Lab em Lisboa foi organizado para incluir a perspetiva dos adolescentes/estudantes de uma escola no bairro de Alvalade na criação de espaços públicos, implementando oficinas colaborativas sobre questões de urbanismo. As potencialidades identificadas e ideias geradas pelos adolescentes, sustentam o seu desejo e necessidade de terem um espaço público de características específicas, que corresponde uma tipologia de uma praça em frente da escola. Essa reivindicação vai de encontro a algumas linhas de ação e visão do poder local para a reabilitação urbana de Lisboa, nomeadamente o projeto “Uma Praça em cada Bairro” (CML, 2015). Enquadra-se também nas políticas de reabilitação urbana observadas em outras cidades, como Barcelona

(Blanchar, 2020). Para além disso, a praça, como espaço público de cidadania, sociabilidade e cultura (CML, 2015) é também central na argumentação de alguns dos autores incontornáveis que apelam a um desenvolvimento urbano centrado nas pessoas (Jacobs, 1961; Gehl, 1987; Whyte *et al*., 2005).

O Projeto C3Places encara à necessidade de, por um lado, investigar as dinâmicas de apropriação do espaço pelos utilizadores (neste caso, adolescentes) em determinado contexto, explorando suas práticas, usos e necessidades. Paralelamente, envolvendo-os no próprio processo de coleta e produção de conhecimento acerca das suas dinâmicas espaciais. O que, numa lógica de coinvestigação, mais transparente e democrática, agiliza a realização de uma análise colaborativa e mais abrangente (com mais e maior diversidade de opiniões). O que também contribui para incrementar o envolvimento dos adolescentes no processo de investigação-ação, já que vocacionado para a produção de conhecimento, a par de um intuito mais prático e voltado a construção de ideias de um espaço público mais inclusivo (Smaniotto Costa *et al*., 2020). Por outro lado, pretende-se, apelar às vantagens e oportunidades de implementar estratégias cocriativas, e colaborativas em todas as possíveis fases do processo de planeamento e reabilitação urbana. O objetivo aqui é melhor responder às necessidades e preferências daqueles que posteriormente irão usufruir do espaço reabilitado, assim potenciando uma maior ligação ao espaço e a criação de uma responsabilidade partilhada, desde à conceção da intervenção ao uso.

2. ALVALADE: CONTEXTO DE ESTUDO E DE REALIZAÇÃO DAS OFICINAS DE URBANISMO

As Oficinas de Urbanismo e Living Labs de cocriação de espaço público aberto foram organizados em duas fases, ambas direcionadas ao público adolescente e com estudantes de escola secundária no Bairro de Alvalade. As Oficinas foram integradas numa abordagem metodológica mais abrangente que integrou a revisão de literatura, de planos de desenvolvimento e reabilitação urbana, de políticas públicas nacionais e locais, e de trabalho de campo (observações de uso do espaço público e entrevistas a especialistas). O Bairro de Alvalade, foi selecionado como unidade territorial de estudo por dois principais motivos: (1) importância no contexto de expansão urbana da cidade de Lisboa; (2) disponibilidade, interesse e suporte de uma escola que, para além de facilitar o contato e o acesso aos adolescentes, proporcionou a integração do desenvolvimento das oficinas no programa curricular, decorrendo em horário e recinto escolar.

O Bairro de Alvalade é exemplar de uma ideia modernista de planeamento urbano, presente no Plano de Desenvolvimento Urbano de Alvalade (1930-45), desenhado por João Faria da Costa, por muitos considerado o primeiro urbanista português (Coelho, 2007). O Plano, como medida de controlo da expansão urbana e de criação de habitação de renda controlada, consistiu, essencialmente, numa estrutura de quarteirões, com vias de acesso largas, formando oito células residenciais. As áreas residenciais foram planeadas com um equipamento escolar ao centro, intercaladas por zonas de retalho, comércio e serviços, assim como espaços verdes (Coelho, 2007; Costa, 2002; Tostões, 2001). Com o objetivo de avaliar as caraterísticas e usabilidade do espaço público em Alvalade, assim como as práticas e usos dos adolescentes nesse espaço, foram realizadas observações estruturadas dos espaços públicos locais[1]. Foi possível observar a permanência, no Bairro de Alvalade, de uma rede extensa e diferenciada de espaços públicos, com uma distribuição de funções e de equipamentos em consonância com o Plano desenhado nos anos 40. Outra observação de interesse e considerada no

[1] Inicialmente do espaço público em geral focando nos limites do Bairro de Alvalade e nas práticas / espaços usados pelos adolescentes, e considerando as dimensões de observação do espaço do Project for Public Spaces (n. d.) acessibilidades e conexões, conforto e imagem; sociabilidade; usos e atividades. Uma segunda fase, direcionada a geração de ideias, teve por objetivo observar o espaço da frente da escola onde decorriam as oficinas. As observações realizaram-se em períodos diferentes do dia e em dias diferentes da semana, durante vinte dias, com o suporte de grelhas de observação, analisadas conjuntamente com as notas dos investigadores e com o arquivo fotográfico produzido.

desenvolvimento das Oficinas de Urbanismo, remete para um uso local do espaço público por parte dos adolescentes inferior ao esperado, o que seria ainda mais claro ao longo das Oficinas realizadas.

A escola onde decorreram as oficinas fez parte do projeto piloto de Autonomia e Flexibilidade Escolar do Ministério da Educação, recentemente expandido e promovendo uma melhor integração da escola na comunidade, promovendo respostas locais e atribuindo maior autonomia no currículo dos alunos (Decreto-Lei 54/2018, 2018). As Oficinas foram integradas em disciplinas criadas pela escola neste âmbito, tendo o projeto C3Places beneficiado dessa maior abertura à integração de outras entidades em contexto educacional.

3. SOBRE AS OFICINAS DE URBANISMO COM ADOLESCENTES

As Oficinas iniciaram com uma fase piloto, que decorreu de 19 de fevereiro a 8 de maio 2018 (12 sessões – 24 horas por turma) com duas turmas (N = 49). Esta fase decorreu de forma mais analógica, e teve por objetivo a reflexão sobre a cidade e a sua produção, e sobre os usos e necessidades dos adolescentes. Foram realizadas atividades em sala como debates e palestras, exercícios de *brainstorming* (Figura 1), e de geração ideias para transformação do espaço público (em abstrato) (Figura 3); e em espaços públicos em Alvalade, tendo-se realizado visitas de estudo e observação de espaço público (Figura 2). Da análise dos produtos destas Oficinas foi possível identificar alguns aspetos gerais acerca da relação dos adolescentes-estudantes – envolvidos no estudo – com o espaço urbano[2]:

- Dificuldade dos adolescentes em identificar e expressar as suas necessidades relativas ao espaço urbano.
- Dificuldade dos adolescentes em discutir e identificar espaços no Bairro de Alvalade, justificada pelo facto de apenas 15% dos adolescentes-estudantes abordados serem oriundos desta freguesia[3].
- Expressa carência de espaços de qualidade, diversos e bem equipados, mas também acessíveis e próximos de transportes públicos.
- Identificação de uma preferência por espaços privados ou semiprivados e fechados, com menção frequente aos contextos comerciais como os espaços de encontro com os pares.
- Interesse pelo tema, mas consciência do desfasamento temporal entre participação e impacto no planeamento, o que reduz a motivação.



Figura 1 – Exemplo de produto de *brainstorming* sobre as características de um espaço público ideal para os adolescentes
Fonte: Arquivo Projeto C3Places (2018)



Figura 2 – Adolescentes-estudantes em exercício de observação de espaços públicos em Alvalade Fonte: Arquivo Projeto C3Places (2018)

Estes aspetos foram considerados no desenvolvimento de uma segunda fase de oficinas colaborativas, que decorreu de 27 a 30 de maio 2019 (4 sessões – 6 horas) com duas turmas (N = 20). Esta Oficina foi mais focada

[2] Um relatório preliminar foi publicado, aprofundando a estrutura, objetivos e resultados da fase piloto (Almeida, Solipa Batista, Menezes & Smaniotto Costa, 2018).

[3] Dados demográficos coletados em questionário realizado na primeira sessão da fase piloto das Oficinas.

na prática e no teste do potencial da cocriação digital de espaço público. Para o efeito, foram providenciados *tablets*, tendo-se incentivado os adolescentes a usar ferramentas digitais no âmbito da discussão e partilha de ideias e de resultados de pesquisa e trabalho produzido (Figura 4). O objetivo principal foi a discussão, desenho e apresentação de propostas, pelos adolescentes-estudantes, para transformação do espaço em frente à escola, escolhido por ser conhecido pelos estudantes e pela sua proximidade. As oficinas consistiram em atividades em sala e visita ao espaço para o qual se idealizou uma reabilitação. Alguns exemplos de ideias propostas pelos adolescentes-estudantes e apresentadas à turma na última sessão desta fase de Oficinas (Figura 5) foram:

1) Sugestão de mudanças estruturais no formato da rua para aumentar a segurança para os peões e ciclistas (ex.: passadeira, estreitamento das faixas, rampa de acesso ao passeio, pavimento mais adequado – Figura 6);
2) Criação de espaços partilhados em vez de exclusivamente de estacionamento;
3) Colocação de mais árvores para sombreamento do passeio;
4) Criação de novas áreas de estar com mesas e cadeiras.

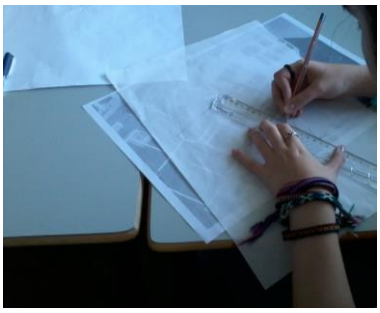


Figura 3 – Exercício de desenho de ideias de transformação de espaço público
Fonte: Arquivo Projeto C3Places (2018)



Figura 4 – O uso de mapas digitais para complementar o desenho do espaço a transformar
Fonte: Arquivo Projeto C3Places (2018)

Esta última proposta colmata uma necessidade mencionada e observada em vários momentos do estudo e em que, claramente reivindicaram mais espaços sociais onde possam estar em grupo, protegidos das condições atmosféricas, aspetos também apontados pelos adolescentes envolvidos na fase piloto das Oficinas. E, relativamente à primeira proposta, é saliente também observar que para além da sensibilidade global dos adolescentes-estudantes para com as questões da segurança viária, nas oficinas participou um adolescente, residente relativamente próximo da escola e dependente de cadeira de rodas para sua locomoção quotidiana, que atestou as dificuldades de circulação e acesso aos espaços públicos em Alvalade, com destaque para a própria locomoção até a escola. Sendo ainda de destacar a sensibilidade dos colegas para com a deficiente resposta das infraestruturas urbanas em assegurar o acesso ao espaço público a pessoas com mobilidade reduzida.



Figura 5 – Apresentação das propostas de um dos grupos para a reabilitação do espaço em frente à escola, Fonte: Arquivo Projeto C3Places (2018)

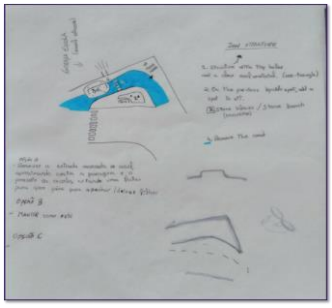


Figura 6 – Desenho de transformação estrutural do formato da rua em frente à escola
Fonte: Arquivo Projeto C3Places (2018)

4. DAS IDEIAS PROPOSTAS À PERSPETIVA COLABORATIVA DE REABILITAÇÃO DO ESPAÇO PÚBLICO

Os resultados das oficinas colaborativas revelaram o importante papel deste tipo de atividades para aumentar a consciencialização sobre a organização das cidades, bem como proporcionaram uma oportunidade para os adolescentes discutirem as suas diferentes necessidades socioespaciais. Frequentemente, os adolescentes (e crianças) não são considerados no planeamento urbano, por diferentes motivos. Seja por os adultos serem considerados como referência para tomar decisões por eles (Qvortrup, 1994; Valentine, 2004); por "geografias de poder", hierarquias de autoridade e interesses que excluem certos públicos, como sejam os adolescentes (Malone, 2002); ou por uma noção de que os adolescentes não conseguem expressar as suas ideias para o espaço de forma articulada (Jupp, 2007). Os especialistas do espaço público, como aferido também em entrevistas realizadas em Lisboa[4], reconhecem também uma escassez de conhecimento sobre como envolver os adolescentes, apontando uma falta de competências, responsabilidade, experiência, interesse e legitimidade para que estes participem no desenho do espaço urbano (Laughlin & Johnson, 2011; Passon, Levi & del Rio, 2008; Carmona, Heath, Tiesdell & Oc, 2003). Da parte dos adolescentes envolvidos nas Oficinas, apesar de estarem cientes do desfasamento temporal da participação, fator que afeta a sua motivação para contribuir para o planeamento, em geral, demonstraram interesse pelo tema e pelas atividades colaborativas e abordagem cocriativa. Tais questões repercutem ainda na decalagem existente entre o tempo de investigação e de análise da informação produzida, e o tempo de interpretação e tradução dos resultados de estudo no âmbito da identificação de linhas recomendativas para o delinear de políticas urbanas e dinâmicas de intervenção (Menezes e Smaniotto Costa, 2020).

Dos esboços de ideias e propostas apresentadas pelos adolescentes, considerando o espaço público em frente da escola, um contexto espacial incontornável nas suas interações diárias como estudantes, duas conclusões principais podem ser apontadas. Em primeiro lugar, que, envolver estes públicos (entre outros), mesmo considerando o acréscimo de tempo e recursos necessários, dá frutos, tendo sido possível refletir em conjunto sobre o espaço público em Alvalade e esboçar propostas coletivas transformação do espaço. O que também é fundamental para a criação e reabilitação de espaços urbanos inclusivos e mais atrativos para os cidadãos. Só desse modo os espaços públicos poderão cumprir a sua função como bens comuns, ao serviço da comunidade, de livre acesso a todos, e respondendo às necessidades, não só dos que os de facto o utilizam, mas de todos os outros que dele possam vir a usufruir, estar excluídos ou com o seu uso limitado – por exemplo, por conflitualidade na partilha e negociação do espaço, ou por barreiras físicas de mobilidade e acesso.

O Projeto C3Places, apela, portanto ao reconhecimento da importância de envolver as pessoas no processo de (co)criação e produção dos espaços públicos. A nível citadino, em Lisboa, vários documentos estratégicos na gestão do espaço urbano atestam também para esta necessidade, como a *Carta Estratégica para Lisboa 2010-2024* (CML, 2009), ou o *Lx-Europa 2020 – Lisboa no quadro do próximo período de programação comunitário* (CML, 2012) ou ainda o *Desenho da Rua – Manual do espaço público* (CML, 2015). Contudo, carece de uma exigência clara – em documentos de implementação obrigatória – de promoção da participação ativa das pessoas no planeamento urbano.

Em projetos de reabilitação urbana é igualmente importante que os vários interessados pelo espaço a reabilitar sejam convidados a participar, deste o mais cedo possível, no processo de planeamento e de intervenção. A

[4] Entrevistas semiestruturadas a quatro técnicos da divisão de espaço público da Junta de Freguesia de Alvalade, focadas nas seguintes dimensões de análise: 1) Representações gerais sobre a apropriação que os adolescentes fazem dos espaços do bairro; 2) Representações gerias sobre a intervenção no espaço público; e 3) Representações gerais sobre as políticas urbanas.

reabilitação urbana e a preservação do património urbano devem assentar num diálogo entre vários tempos – o passado histórico a preservar no património material, o presente a preservar na resposta aos usos e práticas atuais do espaço, o futuro a preservar numa perspetiva de reabilitação que promova um sentimento de ligação e responsabilidade partilhada relativamente ao espaço urbano. Como Lynch (1960) notou, a cidade é um objeto sem fim, produto de diferentes fases de construção, técnicas e linhas arquitetónicas, onde diferentes e sucessivos usos e utilizadores reconfiguram e moldam, permanentemente ou temporariamente, o espaço. Por esse motivo, a reabilitação urbana deveria também ser dinâmica e aberta à colaboração.

Em segundo lugar, o conteúdo emergente das Oficinas colaborativas com adolescentes permite ainda questionar sobre as semelhanças e diferenças nas práticas, usos e necessidades, não só de grupos diferentes, mas também dos mesmos grupos ao longo do tempo. Vários autores apontam uma alegada fragmentação da cidade contemporânea como consequência direta da transformação na função do espaço público, numa perda do seu significado como lugar de "espacialização" das interações sociais e da vida social da *urbe* e de uma alteração do espaço público para espaço de passagem onde as pessoas apenas circulam, podendo "cruzar-se" mas não se "encontrando" (Goitia, 1982; Innerarity, 2006; Low, 2017; Sennett, 1977).

No entanto, as propostas delineadas pelos adolescentes, assim como as práticas de uso do espaço por este grupo conforme observadas em Alvalade, continuam a estar em linha com a função social do espaço público, do espaço como lugar de encontro com os pares, em grupo, para conversar ou apenas "estar" em público. As necessidades apontadas – criação de espaços de estadia, apetrechados de mesas e cadeiras que permitam uso em grupo, protegidos das condições climatéricas para uso em qualquer período (do dia ou do ano), seguros para os peões e sem ser dada supremacia ao lugar de estacionamento – mas reconhecendo a sua necessidade – aproximam-se de necessidades de outros grupos etários e de caraterísticas já presentes nas referências clássicas do estudo urbano. Autores como Jacobs (1961), Gehl (1987) ou Whyte *et al.* (2005) integram também estas caraterísticas na observação e reflexão sobre a importância de determinados espaços urbanos como as praças, espaço público que, devido às suas caraterísticas – independentemente da dimensão, espaços amplos e desafogados, de uso exclusivo ou privilegiado pedonal, com possibilidade de criação de vários espaços de estadia com configurações diferentes – são espaços por excelência de encontro social. As propostas dos adolescentes podem ser enquadradas nos mesmos termos: a aspiração de uma praça em frente à escola. Este desejo parece ir também de encontro à visão estratégica para a cidade de Lisboa como inscrita, por exemplo, no projeto "Uma praça em cada bairro" e que promove a requalificação de praças urbanas como estratégia de revitalização dos bairros lisboetas – unidades urbanas pequenas, homogéneas, ainda que diversas entre si, onde se expressa a história e identidade da cidade (CML, 2015). Também em Barcelona estão previstos projetos de reabilitação urbana centrados na colocação de uma praça em frente a cada escola (cerca de 200), com o intuito de proteger as crianças e adolescentes do ruído e de acidentes, conquistando espaço público à circulação e estacionamento automóvel, reduzindo as velocidades de circulação nas proximidades, aumentando o parqueamento para bicicletas e criando espaços de estadia, com bancos e zonas de recreio (Blanchar, 2020).

Também a situação atual de desconfinamento, onde permanecem algumas medidas restritivas ou limitativas de usufruto do espaço público, tem de ser discutida e integrada em todos os projetos de reabilitação urbana, em geral e no que aos adolescentes refere. É premente, na reabilitação urbana, considerar como necessidade básica o acesso de todos ao espaço público, assegurando que ao longo da malha urbana sejam disponibilizados espaços abertos, amplos, verdes e de outras tipologias, que permitam – mesmo em contexto de pandemia – o contato com a natureza, o andar ou exercitar o corpo, e o cruzar com o outro, mesmo que o contato esteja condicionado por motivos de saúde pública. E, em prol de um espaço urbano inclusivo, é fundamental que nos bairros periféricos da metrópole, nos bairros "camarata", densamente povoados, onde os trabalhadores da *urbe* dormem mais do que vivem, o espaço público esteja também no centro da reabilitação urbana e esteja disponível

e acessível a todos. Sem ser possível ainda tirar conclusões acerca da propagação territorial da doença e respetivos impactes urbanísticos, tendo em conta os últimos surtos na zona da Grande Lisboa e Vale do Tejo parece ser possível também questionar a lógica economicista de construção urbana, de construção em altura e em densidade para melhor rentabilidade do m^2. Em contexto de pandemia, face ao perigo da proximidade ao outro, observou-se uma debandada das áreas urbanas. É necessário questionar e refletir sobre o significado desse fenómeno e as suas consequências para o futuro da reabilitação urbana.

No caso dos adolescentes, o confinamento também alterou completamente a sua realidade diária, ficando mais expostos ao isolamento social, ao sedentarismo e aos maus tratos. O uso do espaço público para encontro social face-a-face por parte dos adolescentes é significativo, bem como a necessidade de atividade física para o seu bom desenvolvimento (Orben, Tomova & Blakemore, 2020). O espaço e o ambiente influenciam o desenvolvimento cognitivo e emocional das crianças e adolescentes providenciando uma interação entre estímulos internos e externos (ambiente físico e interações sociais) (Strecht, 2011). A atividade que os adolescentes parecem mais valorizar no espaço público – estar em grupo, com os pares – e que é fundamental para o seu desenvolvimento - deixou de ser recomendável, em situação de surto epidemiológico. No desconfinamento permanecerão, por um período de tempo imprevisível, limitações e regras de agrupamento em espaço público, sendo possível que a qualquer momento possa haver um retrocesso que obrigue a novos condicionamentos. Para os adolescentes, os efeitos negativos da privação social e do confinamento podem ser minimizados com recurso às tecnologias digitais e redes sociais, mas não desaparecem apenas recorrendo a essas alternativas (Orben *et al*., 2020).

Confinados em casa, os adolescentes estão também mais expostos a outros riscos como decréscimo da saúde mental, violência doméstica ou exploração (Children's Commissioner, 2020). A maioria das crianças e adolescentes portuguesas, sem ir à escola desde março, e com alternativas de estudo e de ensino que tiveram de ser pensadas de forma expedita pelas autoridades e agrupamentos escolares, poderão também ter repercussões na aprendizagem (e mesmo na forma de ensino e na própria logística-educacional dos contextos escolares), muitas das quais ainda desconhecidas. Com a pandemia tornaram-se visíveis as fragilidades do sistema educativo em dar resposta a contextos de aprendizagem fora da escola. Muitas escolas já anunciaram as dificuldades para acomodarem, presencialmente, a totalidade dos seus alunos a partir de setembro, respeitando as recomendações da DGS – Direção Geral de Saúde de distanciamento, lotação e circulação em espaço fechado.

Considerando as Oficinas colaborativas aqui discutidas, estas eventualmente poderão apresentar-se como uma oportunidade para promover a educação não-formal, assente em metodologias mais interativas e colaborativas, permitindo uma aprendizagem mais orgânica, em grupos mais pequenos, e em linha com os interesses dos alunos e as particularidades da comunidade. A legislação recentemente aprovada no âmbito do Projeto Flexibilidade e Autonomia Curricular, vai também nesse sentido (Decreto-Lei 54/2018, 2018). Igualmente, em relação à aprendizagem sobre o espaço urbano, poderá ser também uma oportunidade para a promoção de atividades de aprendizagem ao ar livre.

Outro receio a assinalar relaciona-se com um possível uso da situação como justificação para não envolver diretamente as pessoas no planeamento urbano, mas essa participação é crucial, exatamente devido às caraterísticas do momento atual, pois o questionamento, de fundo, e a sensibilização das pessoas, sobre o tecido urbano que queremos é fundamental. Esse questionamento e sensibilização têm de incluir todos os *stakeholders* do fazer e viver a cidade, sejam eles funcionários do poder local, planeadores, especialistas independentes, residentes, trabalhadores, visitantes da cidade (frequentes ou sazonais) – e de entre estes grupos, convidando à participação e diálogo pessoas com caraterísticas diversas, sejam elas a idade, o género, condicionantes físicas de mobilidade, o contexto socioeconómico, cultural, ou étnico-racial – assegurando assim uma responsabilização

partilhada e um maior sentimento de pertença ao espaço urbano.

5. CONCLUSÕES

Adolescentes (e crianças) não são envolvidos nos processos "normais" de planeamento e reabilitação do espaço urbano, sendo deixados de fora das decisões que moldam o ambiente à sua volta. Todavia, este envolvimento é importante no desenvolvimento de espaços mais inclusivos e responsivos, bem como para o incremento de uma nova consciência urbana e ambiental, enfim, mais sustentável.

O estudo aqui relatado revela o importante papel das Oficinas de Urbanismo e do recurso às metodologias colaborativas e cocriativas para criar e aumentar a consciencialização sobre a organização das cidades e proporcionar oportunidades para os adolescentes discutirem as suas necessidades espaciais.

O que é sugerido pelos adolescentes-estudantes na escola secundária de Alvalade para o espaço público, não necessariamente identifica uma proposta específica para a sua faixa etária, indo em consonância com questões mais globais e concernentes a uma requalificação mais ampla do espaço público. Muito embora, o facto de Alvalade não se constituir como a área de residência da maioria deles, pode ter colaborado para que as ideias de espaço esboçadas na sequência do desafio proposto pelas Oficinas de Urbanismo, pareçam estar mais relacionadas com o requalificar a relação espaço-tempo de movimentação e estadia transitória. Mas, e não menos importante, é de realçar a sensibilidade dos adolescentes para questões mais globais acerca do promover uma melhor qualidade de vida urbana. O conhecimento menos robusto acerca das questões do urbanismo conforme revelado pelos adolescentes-estudantes envolvidos neste estudo, provavelmente pode ser simultaneamente revelador do quão é importante investir na capacitação territorial dos mesmos. Isto porque, o incrementar a consciência urbana e ambiental, é um elemento-chave para a melhoria, no médio prazo, das cidades futuras, uma necessidade cuja crise epidemiológica realça com particular importância. Afinal, uma praça em frente à escola e com mais área verde é uma boa ideia de reabilitação do espaço público urbano para todos!

AGRADECIMENTOS

A realização deste estudo somente foi possível com o apoio da Escola Secundária Padre António Vieira e da Junta de Freguesia de Alvalade, aos quais se agradecem. Em especial somos gratos aos adolescentes que colaboram com o estudo.

Esta estudo foi realizado no âmbito do Projeto C3Places – Using ICT for Co-creation of Inclusive Public Places (www.c3places.eu), Programa Horizonte 2020 (Grant Agreement n.º 693443) e FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I.; SOLIPA BATISTA, J.; MENEZES, M.; SMANIOTTO COSTA, C., 2018 – **Adolescentes e cocriação do espaço público. Oficinas temáticas de urbanismo 2017-2018**. Relatório Preliminar sobre o Estudo de Caso de Lisboa. Lisboa: Edições Universitárias Lusófonas.

BLANCHAR, C., 2020 – **Barcelona planea hacer una plaza delante de cada escuela**. El País, [online] Available at: <https://elpais.com/ccaa/2020/01/13/catalunya/1578913641_203381.html> [Accessed 31 July 2020].

CARMONA, M.; HEATH, T.; TIESDELL, S.; OC, T., 2003 – **Public places, urban spaces: the dimensions of urban design.** Michigan: Architectural Press. https://doi.org/10.1111/febs.12167

CML – Câmara Municipal de Lisboa, 2015 – **Uma praça em cada bairro**. Lisboa: CML/Direção Municipal de Planeamento Reabilitação e Gestão Urbanística.

COELHO, A. B., 2007 – **Alvalade de Faria da Costa. Uma cidade na cidade – o mistério de Alvalade**. Infohabitar 176 [online]. Available at: <https://infohabitar.blogspot.com/2007/12/alvalade-de-faria-da-costa-uma-cidade.html> [Accessed 31 July 2020].

COSTA, J. P., 2002 – **Bairro de Alvalade: um paradigma no urbanismo português**. Lisboa: Horizonte Arquitectura.

Decreto-Lei 54/2018 – **Estabelece o regime jurídico da educação inclusiva**. Diário da República n.º 129/2018, Série I de 2018-07-06. https://data.dre.pt/eli/dec-lei/54/2018/07/06/p/dre/pt/html

DEPEAU, S., 2001 – **Urban identities and social interaction: a cross-cultural analysis of young people's spatial mobility in Paris, France, and Frankston, Australia**. *Local Environment*. 6(1), 81-86. https://doi.org/10.1080/13549830120024260

GEHL, J., 1987 – **Life between buildings: using public space.** New York: Van Nostrand Reinhold.

GOITIA, F. C., 1982 – **Breve história do urbanismo**. Lisboa: Editorial Presença.

HART, R., 1979 – **Children's experience of place**. Michigan: Irvington Publishers.

HOLLOWAY, S. L.; VALENTINE, G. (Eds.), 2000 – **Children's geographies: playing, living, learning**. London: Routledge.

INNERARITY, D., 2006 – **O novo espaço público**. Lisboa: Teorema.

JACOBS, J., 1961 – **The death and life of great american cities**. New York and Toronto: Vintage Books - Random House

JUPP, E., 2007 – **Participation, local knowledge and empowerment: Researching public space with young people**. *Environment and Planning A*. 39(12), 2832-2844. https://doi.org/10.1068/a38204

LAUGHLIN, D. L.; JOHNSON, L. C., 2011 – **Defining and exploring public space: perspectives of young people from Regent Park, Toronto.** *Children's Geographies*. Volume 9 (November), 439-456.

LIEBERG, M., 1995 – **Teenagers and public space**. *Communication Research*. 22 (6), 720-744. https://doi.org/10.1177/009365095022006008

LOW, S. M., 2017 – **Spatializing culture. The ethnography of space and place**. London and New York: Routledge.

LYNCH, K., 1960 – **A Imagem da cidade**. Lisboa: Edições 70.

LYNCH, K., 1977 – **Growing up in cities**. Massachusetts: The MIT Press

MALONE, K., 2002 – **Street life: Youth, culture and competing uses of public space**. *Environment and Urbanization*. 14(2), 157-168. https://doi.org/10.1177/095624780201400213

MENEZES, M.; SMANIOTTO COSTA, C., 2020 – **Benefícios e desafios na cocriação de espaço público aberto com apoio das ferramentas digitais. As experiências dos projetos CyberParks e C3Places**. AGEI – Geotema, 62, 27-36.

ORBEN, A.; TOMOVA, L.; BLAKEMORE, S. J, 2020 – **The effects of social deprivation on adolescent development and mental health**. *The Lancet Child & Adolescent Health*. Published online June 12. https://doi.org/10.1016/S2352-4642(20)30186-3

OWENS, P. E., 2002 – **No teens allowed: the exclusion of adolescents from public spaces**. *Landscape Journal*. 21 (1), 156-163. Doi: 10.3368/lj.34.2.161

PAIS, J. M., 1993 – **Culturas juvenis**. Lisboa: Imprensa Nacional da Casa da Moeda.

PASSON, C.; LEVI, D.; DEL RIO, V., 2008 – **Implications of adolescents' perceptions and values for planning and design**. *Journal of Planning Education and Research*. 28(1), 73-85. https://doi.org/10.1177/0739456X08319236

QVORTRUP, J., 1994 – **Childhood matters: an introduction**. In J. Qvortrup (Ed.) – *Childhood matters: social theory, practice and politics*. (Vol. 14) (pp. 1-24). Aldershot: Avebury.

SENNETT, R., 1977 – **The fall of public man**. London: Penguin Books.

SMANIOTTO COSTA, C.; SOLIPA BATISTA, J.; ALMEIDA, I.; MENEZES, M., 2020 – **Exploring teenagers' spatial practices and needs in light of new communication technologies**. *Cities*. 98. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102574

STRECHT, P., 2011 – **Uma certa harmonia notas sobre arquitectura, urbanismo e saúde mental infanto-juvenil**. Lisboa: Assírio & Alvim.

TOSTÕES, A., 2001 – **O Bairro de Alvalade no quadro do desenvolvimento urbano de Lisboa**. Lisboa: Conhecer Pensar Fazer Cidade (AAVV). Centro de Informação Urbana de Lisboa.

VALENTINE, G., 2004 – **Public space and the culture of childhood**. Aldershot: Ashgate.

WARD, C., 1978 – **The child in the city**. New York: Pantheon Books

WHYTE, W. H.; MUNICIPAL ART SOCIETY OF NEW YORK, STREET LIFE PROJECT, DIRECT CINEMA LTD, & BAINBRIDGE BRASS QUINTET, 2005 – **The social life of small urban spaces**. Santa Monica, CA: Direct Cinema Ltd. [Documentary]

WYN, J.; WHITE, R., 1997 – **Rethinking youth**. Sidney: Unwin & Allen.

CRIANDO CONSCIÊNCIA AMBIENTAL E PATRIMONIAL: O AZULEJO COMO OPORTUNIDADE COCRIATIVA PARA REABILITAR O ESPAÇO PÚBLICO

CREATING ENVIRONMENTAL AND HERITAGE AWARENESS: THE TILE AS A CO-CRIATIVE OPPORTUNITY TO PUBLIC SPACE REHABILITATION



Marluci Menezes

LNEC, Portugal, marluci@lnec.pt

RESUMO

A matéria azulejar tem vindo a manifestar-se como recurso coletivo de transformação do espaço público urbano, de onde se destacam experiências colaborativas e cocriativas, conforme observadas em estudo exploratório para casos em Portugal e no Brasil. A reflexão destaca que, numa e noutra realidade, estas experiências contribuem para a criação de novas consciências, sendo que as mesmas têm uma componente mais ambiental e patrimonial que, entretanto, advém de ações de menor âmbito, localizadas e de cunho colaborativo e cocriativo. A cocriação transformativa do espaço público liga-se à esfera pública, incrementando novas e consciências locais mais responsáveis, porque mais conservativa dos recursos – patrimoniais e ambientais – e preocupadas com a qualidade e sustentabilidade dos contextos. O presente estudo foi realizado no âmbito do Projeto Europeu C3Places (https://c3places.eu/) que, em síntese, tem por objetivo investigar teórica e empiricamente, os processos de cocriação no âmbito do desenho e planeamento do espaço público urbano com vista a criar cidades mais inclusivas, resilientes e sustentáveis.

Palavras-chave: Cocriação / Espaço Público / Azulejo / Consciência Ambiental e Patrimonial

RESUMO ALARGADO

A cocriação como processo de (re)invenção do espaço urbano apresenta-se como uma oportunidade para conceber algo novo e assente numa lógica colaborativa e de partilha, em que a mediação é fulcral. Num processo cocriativo, o papel das grandes ações é substituído pelos pequenos e múltiplos atos, verificando-se ainda que a autoria – do artista, do especialista … – é, de algum modo, partilhada. Ao evocar a colaboração, a partilha e a flexibilidade na produção de uma nova ideia para o espaço urbano, a cocriação fomenta um "valor ético do comum" (Sennett, 2018) que, paralelamente, incentiva ideais de que a cidade seja mais responsiva e resiliente, sustentável e inclusiva, bem como de que seja mais amiga das pessoas, do ambiente e do seu património cultural. Enquanto processo que se realiza a partir de uma dinâmica coletiva, a cocriação incrementa a relação entre as experiências socio-espaciais das pessoas e o processo de produção do espaço urbano. É no âmbito de intervenções colaborativas e em pequena-média escala que o recurso a arte do azulejo se tem revelado como um interessante pretexto para discutir a cocriação como processo de (re)invenção do espaço público. O azulejo é uma peça cerâmica, habitualmente quadrada, com uma face vidrada e brilhante, mono ou policromática, geralmente utilizada como revestimento em arquitetura. Enquanto peça avulsa, pode ser criado individualmente (ou não) e personalizar um dado contexto, através da sua qualificação, estetização e/ou criação de uma narrativa. A matéria azulejar tem, todavia, vindo a manifestar-se como recurso coletivo de transformação do espaço público urbano, de onde se destacam experiências colaborativas e cocriativas, conforme observadas em estudo exploratório para casos em Portugal e no Brasil.

Observa-se, no caso português, a criação de uma consciência que indicia uma preocupação mais patrimonial, onde as experiências realizadas visam sensibilizar para a o património azulejar, entre outros aspetos relacionados com a memória, sendo que o processo cocriativo tem uma motivação inicial mais formal e institucionalizada (ver Figuras 1 a 4).



Figura 1 – Festa do Azulejo – Beja
Fonte: Carlos Dias (Público, 07.05.2015)



Figura 2 – Ação SOS Azulejo – Ovar
Fonte: Projeto SOS Azulejo – Ovar (17.05.2017)



Figura 3 – Painel do Planisfério da Interculturalidade, Parque Urbano do Fróis – Monte da Caparica, Almada



Figura 4 – Detalhe do Painel do Planisfério da Interculturalidade

Fonte: imagens da autoria de Alexandre Rainha Campos e Mário Rainha Campos (in Rato e Verheij, 2017)

Para os casos brasileiros observados, sucede que a partir de iniciativas transformativas informais, sem ou pouco envolvimento institucional, a criação de uma nova consciência infere preocupações de cunho mais ambiental, já que o intuito transformador focaliza espaços abandonados, sem qualidade ou socialmente pouco valorizados (ver Figuras 5 e 6).

A reflexão destaca que, numa e noutra realidade, essas novas consciências não necessariamente advêm de grandes ações, mas naquelas de menor âmbito, localizadas e de cunho colaborativo e cocriativo (Menezes, 2020; Menezes e Cunha, 2019). A cocriação transformativa do espaço público liga-se à esfera pública, incrementando novas e consciências locais mais responsáveis, porque mais conservativa dos recursos - patrimoniais e ambientais - e preocupadas com a qualidade e sustentabilidade dos contextos. O estudo, todavia, permite sugerir que a propensão para a criação de uma consciência mais patrimonial para o caso português e mais ambiental para o caso brasileiro, não necessariamente são excludentes entre si, até porque, a materialidade do azulejo inventa património, e o azulejo conservado protagoniza a possibilidade de cuidado com o ambiente.



Figura 5 – Projeto Ladrilhar na Escadaria Jardim Carvalho, Porto Alegre. Antes e Depois.

A mentora do Projeto refere: "Não fizemos só um trabalho estético. Quisemos dar condições para as pessoas transitarem na escada. Reformamos ela através de uma arrecadação de fundos feita com os moradores. Nossa preocupação é que se preserve por muitos anos". Considerando ainda que as "Escadarias revitalizadas pela comunidade em Porto Alegre se tornam atrações turísticas".

Fonte: Gabriela Clemente (2018)



Figura 6 – Atelier Azu - Escadaria Mocidade Alegre em São Paulo, SP

O mentor do Projeto comenta que o "azulejo não é fim. Azulejo é meio. (…) meio de discussão do lugar que vivo, meio de discussão de como eu me relaciono com meu vizinho e com minha cidade", pois o objetivo é "trazer pessoas de outras regiões para cá e fazer com que nossos painéis na favela virem um roteiro cultural e atraiam turistas".

Fonte: Fernanda Miranda (2015)

Observa-se que as metodologias colaborativas e cocriativas têm incrementado interessantes experiências de (re)invenção do espaço público urbano, contribuindo para a geração de valor sociocultural relativamente aos contextos intervencionados. Uma oportunidade de valor acrescido através da utilização do revestimento azulejar: mais duradouro, permitindo a composição artística e construir uma narrativa, assim, proporcionando uma experiência estética.

CRÉDITOS

Trabalho realizado ao abrigo do Projeto Europeu C3PLACES / Horizon 2020 (under Grant agreement n.º 693443) & FCT.

Nota

Artigo completo está previsto para ser publicado no dossier ENCORE 2020 da *Revista Cidades, Comunidades e Territórios* de meados de 2021 (site da revista: https://revistas.rcaap.pt/cct).

REFERÊNCIAS

CLEMENTE, Gabriela, 2018 – **Escadarias revitalizadas pela comunidade em Porto Alegre se tornam atrações turísticas.** In Globo.com (29.09.2018). Consultado em: https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2018/09/29/escadarias-revitalizadas-pela-comunidade-em-porto-alegre-se-tornam-atracoes-turisticas.ghtml (acedido a 30.01.2020).

DIAS, Carlos, 2015 – **Mais de 2000 crianças recriaram os 500 anos da história dos azulejos em Beja**. In Público (07.07.2015). Consultado em: https://www.publico.pt/2015/05/07/local/noticia/mais-de-2000-criancas-recriaram-os-500-anos-da-historia-dos-azulejos-em-beja-1694758 (acedido a 20.10.2019).

MENEZES, Marluci, 2020 – **Cocriação transformativa de espaço público: incursões reflexivas a partir da arte do azulejo**. In *Atas do XII Congresso da Geografia Portuguesa*. Guimarães, 13-15 de novembro de 2019. Guimarães: Universidade do Minho, pp. 651-656.

MENEZES, Marluci; CUNHA, Neiva Vieira, 2019 – **Da sensibilidade do artista à co-criação na invenção do património urbano na Escadaria Selarón no Rio de Janeiro: azulejo, cidadania e resistência**. In Guerra, P. & Campos, R. (Eds.) *COMbART: Arte, Ativismo e Cidadania* – Book of Abstracts. Porto: FLUP, pp. 128-130. Consultado em: https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/120619/2/336888.pdf (acedido a 5.09.2019).

MIRANDA, Fernanda, 2015 – **Projeto Atelier Azu utiliza azulejos para colorir bairros de SP**. In *Catraca Livre* (13.08.2015). Consultado em: https://catracalivre.com.br/carreira/projeto-atelie-azu-utiliza-azulejos-para-colorir-e-revitalizar-bairros-de-sao-paulo/ (acedido a 30.01.2020).

PROJETO SOS AZULEJO, Ovar (17.05.2017) – Consultado em http://www.sosazulejo.com/?p=3965 https://www.publico.pt/2015/05/07/local/noticia/mais-de-2000-criancas-recriaram-os-500-anos-da-historia-dos-azulejos-em-beja-1694758 (acedido a 20.10.2019).

RATO, Alexandra; VERHEIJ, Gerbert, 2017 – **Da autoria à criação participada na construção do espaço público: uma perspetiva desde o Planisfério da Interculturalidade (Almada).** In *Estudo Prévio*. 12. Lisboa: CEACT/UAL. Consultado em http://hdl.handle.net/11144/3473 (acedido a 15.01.2020).

SENNETT, Richard, 2018 – **Construir e habitar. Ética para uma cidade aberta**. Rio de Janeiro: Editora Record.



ENCORE 2020

4º encontro de conservação
e reabilitação de edifícios

Gestão e Manutenção do Ambiente Construído e do Património com Valor Cultural



Esta secção contempla os trabalhos que responderam ao desafio de apresentar e discutir os aspetos da gestão e manutenção técnica, gestão integrada (Facilities management), manutenção assistida por computador (MAC), enquadramento normativo, exemplos de boas práticas.

PROJETO PINTE SEU PATRIMÔNIO: UMA PRÁTICA DE PRESERVAÇÃO E CIDADANIA

PROJECT PAINT YOUR HERITAGE: A PRACTICE OF PRESERVATION AND CITIZENSHIP



Ana Cláudia Fonseca

Prefeitura de Olinda, Brasil, fonseca.acf@gmail.com

RESUMO

Apresenta-se o Projeto Pinte Seu Património – PSP, promovido pela Prefeitura Municipal de Olinda. O PSP tem como objetivo executar a pintura de fachadas da área demarcada como Polígono Tombado (ocupação mais antiga da cidade), através da reversão da utilização de tintas que produzem película impermeável e a substituição por pintura à base de cal virgem. O PSP fomenta a preservação do patrimônio material difundindo a técnica tradicional e conta com a ativa participação do morador, além de agregar incentivo à ressocialização do grupo de apenados.

Palavras-chave: Cal / Revestimento / Cidadania / Patrimônio / Restauro

RESUMO ALARGADO

O Projeto Pinte Seu Patrimônio – PSP, promovido pela Prefeitura Municipal de Olinda, tem como objetivo executar a pintura de fachadas da área demarcada como Polígono Tombado, através da reversão da utilização de tintas que produzem película impermeável e a substituição por pintura à base de cal virgem.

O município de Olinda, com seus 42 km², está localizado no estado de Pernambuco, no nordeste brasileiro e integra a Região Metropolitana do Recife, fazendo limite ao Norte com a capital (Recife) e ao leste com o Oceano Atlântico. Devido ao seu acervo arquitetônico e urbanístico, parte da cidade de Olinda é tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN desde 1962, cujo Polígono Tombado possui 1.2 km² de ruas com traçados peculiares e imóveis de diversos períodos históricos e diferencia-se por ser o núcleo inicial de colonização a partir do qual a cidade se expandiu.

É hábito contemporâneo da população local a realização de pintura dos imóveis do Sitio Histórico de Olinda com materiais industrializados, facilmente disponíveis no mercado local, que materiais dificilmente se adaptam às construções antigas, uma vez que os revestimentos devem permitir a evaporação da água que flui naturalmente pelas paredes. Assim, a retomada da prática de utilização da tradicional pintura à base de cal torna-se fortalecida.

Neste contexto surge o PSP, onde o acompanhamento e assistência técnica especializada são atribuições de servidores da Secretaria Executiva de Patrimônio de Olinda (como arquiteto, engenheiro, arqueólogo e químico) e o morador do imóvel habilitado participa fornecendo materiais necessários à execução do serviço Em meio à importância da salvaguarda do patrimônio construído, surge a oportunidade de cunho social e de resgate da cidadania: o quadro de mão de obra é formado por apenados do sistema penitenciário do Estado de Pernambuco, que são disponibilizados pelo governo estadual, através de convênio junto ao órgão municipal. Após participar do Projeto, o apenado adquire experiência em obras de restauro e conservação, além de participar de palestras de educação patrimonial, momentos de capacitação e orientação técnica.

As etapas do projeto são: (i) identificação de fachada da residência; apresentação das paletas ao morador; (ii) elaboração de mapa de danos da fachada do imóvel; (iii) cálculo da área da fachada para levantamento do material necessário e elaboração da lista de material a ser adquirido pelo morador; (iv) hidratação da cal (15 dias com agito diário); (v) serviço de decapagem e retirada dos revestimentos inadequados; (vi) serviço de retoque de argamassa à base de cal em locais que forem necessários; (vii) pintura da fachada com cal virgem pura ou pigmentada (Figura 1); (vii) limpeza do local; (viii) entrega da obra e (ix) pesquisa de opinião junto ao morador. O retorno direto que oferece a pesquisa de opinião junto aos moradores participantes, fornece dados extremamente favoráveis à iniciativa, onde são avaliados aspectos que antecedem os serviços, durante o serviço e o resultado final, incluindo a relação com os profissionais envolvidos e em especial o trabalho e interação dos apenados. Vale mencionar que o projeto recebeu predominantemente avaliação ótimo e bom para todos os itens pesquisados.

O PSP possui cerca de dois anos de execução, contemplou 11 imóveis. Os números de imóveis contemplados no Projeto Pinte Seu Patrimônio à primeira vista podem parecer irrisórios, entretanto, por se tratar de uma mão de obra a princípio inexperiente e de imóveis de características, dimensões, nível de degradação e danos diversos, é compreensível que algumas fachadas levem mais tempo que outras para serem concluídas.

Destaca-se que o Projeto vai além de restaurar fachadas do Sítio Histórico de Olinda, uma vez que fomenta a preservação do patrimônio material difundindo a técnica tradicional e conta com a ativa participação do morador, além de agregar incentivo à ressocialização do grupo de apenados. O contato diário entre os três atores tem se mostrado positivo. A participação do corpo técnico da Prefeitura na coordenação das intervenções aproxima a instituição do habitante do Sítio Histórico, desmitificando a imagem de um órgão burocrático e

apenas repressor, fortalecendo a parceria entre o público e o privado em prol da salvaguarda do patrimônio. O morador por sua vez, acompanha todo processo de intervenção em seu imóvel e compreende o fazer tradicional, tornando-se um proliferador e defensor da técnica e do material utilizado. Quanto aos apenados, importante ressaltar que não houve sequer um caso de insatisfação dos moradores ou incidentes em relação a postura destes trabalhadores, cuja avaliação da disciplina foi bastante satisfatória. É de conhecimento, inclusive, moradores que contrataram apenados em horário fora do expediente, para executarem serviços que não estavam contemplados no PSP, como por exemplo a pintura do interior da residência.

A prática da reversão da pintura industrializada e substituição pela pintura à base de cal é tecnicamente comprovada a melhor opção para alvenaria histórica do casario olindense. O Pinte Seu Patrimônio permanece incansavelmente no desafio de promover sua prática e após dois anos de práticas conta com imóveis que já servem de exemplo para àqueles que duvidavam de tal afirmação no início do Projeto.

Nota

Artigo completo está previsto para ser publicado no dossier ENCORE 2020 da *Revista Cidades, Comunidades e Territórios* de meados de 2021 (site da revista: https://revistas.rcaap.pt/cct).

REFERÊNCIAS

IPHAN, 2019 – http://portal.iphan.gov.br/noticias/detalhes/5339, acessado em 06/01/2020.

IPHAN, 2019 – http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/172, acessado em 06/01/2020.

KANAN, Maria Isabel, 2008 – **Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal**. Brasília: IPHAN – Programa Monumenta. ISBN 978-85-7334-077-8.

UNESCO, 2017 – http://www.unesco.org/new/pt/brasilia/culture/world-heritage/list-of-world-heritage-in-brazil/historic-centre-of-olinda/#c1464982, acessado em 03/01/2020.

O CENTRO HISTÓRICO DE POÇOS DE CALDAS/MG: O CASO DO QUADRILÁTERO DO COMPLEXO HIDROTERMAL E HOTELEIRO

THE HISTORIC CENTER OF POÇOS DE CALDAS/MG: THE MATTER OF THE "COMPLEXO HIDROTERMAL E HOTELEIRO"





Anamaria Canuto Sales de Oliveira [1], Ana Paula Farah [2]

(1) Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (POSURB-ARQ), Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Centro de Ciências, Exatas, Ambientais e de Tecnologia (CEATEC), Brasil, anamaria.cso@puccampinas.edu.br

(2) Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Centro de Ciências, Exatas, Ambientais e de Tecnologia (CEATEC), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) e Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (POSURB-ARQ), Campinas, Brasil, ana.farah@puc-campinas.edu.br

RESUMO

O presente artigo busca compreender os resultados dos diferentes momentos de atuação do poder público sobre o Complexo Hidrotermal e Hoteleiro, na área central de Poços de Caldas, estado de Minas Gerais, Brasil, o qual está registrado, desde 1989, pela Constituição do Estado de Minas Gerais, e foi o primeiro núcleo formador da cidade, pautado pelos princípios do termalismo como ambiente de cura. Busca-se apreender os efeitos dessa atuação para a preservação do patrimônio cultural, não só em sua materialidade, mas, principalmente, em sua significância cultural para a memória coletiva dos cidadãos e na apropriação deste território. O objetivo do artigo é fornecer, através dos instrumentos teórico-críticos do campo disciplinar do restauro, a análise da historiografia do complexo em questão, as diferentes intervenções, formas de apropriação ao longo dos anos e as resultantes para a significância dessa área, hoje, para a memória coletiva da cidade.

Palavras-chave: Patrimônio Cultural / Centro Histórico / Significância Cultural / Complexo Hidrotermal

RESUMO ALARGADO

O presente artigo busca compreender a construção e alterações, ao longo dos anos, da significância cultural do bem denominado "Complexo Hidrotermal e Hoteleiro", na área central de Poços de Caldas, estado de Minas Gerais, Brasil, o qual está registrado, desde 1989, pela Constituição do Estado de Minas Gerais, e foi o primeiro núcleo formador da cidade, pautado pelos princípios do termalismo como ambiente de cura. Busca-se demonstrar as dissonâncias entre a preservação pautada apenas no registro do bem, o qual carece de rigor teórico-crítico e os valores reconhecidos no bem, pela população que dele se apropria.

O objetivo do artigo é fornecer, através dos instrumentos teórico-críticos do campo disciplinar do restauro arquitetônio e urbano, a análise da historiografia do complexo em questão, as diferentes intervenções, formas de apropriação ao longo dos anos e as resultantes para a significância dessa área, hoje, para a memória coletiva da cidade.

Entretanto, três são os pontos centrais, destacados nessa pesquisa**: 1) a necessidade de rigor metodológico** nas ações sobre os bens patrimoniais; **2)** a preservação dos bens em sua dúplice polaridade estética e histórica, **compreendendo o bem em sua totalidade**, material e imaterial; **3) e sua não estagnação no tempo**.

Considerando os três supracitados, a pesquisa lança olhar sobre o "Complexo Hidrotermal e Hoteleiro de Poços de Caldas" – na cidade de Poços de Caldas, estado de Minas Gerais, Brasil. Primeiro núcleo urbano da localidade, a partir do qual se desdobrou o centro e demais bairros; que teve seu registro municipal decretado em 1985, como "Conjunto Arquitetônico e Paisagístico do Parque José Affonso Junqueira", e posteriormente, em 1989, recebeu o registro estadual, com a Constituição do Estado de Minas Gerais, sob a denominação "Complexo Hidrotermal e Hoteleiro de Poços de Caldas". Em ambos os registros, efetivados de maneira "vertical" (imposta) através de dois textos legais isolados, nota-se a fragilidade das diretrizes de preservação do bem, as quais carecem de embasamento teórico-crítico em suas justificativas e não deixam claros os critérios a serem levados em conta na gestão da área.

Sem diretrizes ou critérios de preservação, a gestão patrimonial do bem não pode alcançar o rigor metodológico, necessários às ações sobre bens patrimoniais; da mesma forma, a falta de entendimento teórico-crítico em relação ao que é, de fato, o patrimônio cultural – o que, porque, para quem e como preservar – , não permite a compreensão da totalidade do bem, em seus aspectos materiais, imateriais e nas relações com ele estabelecidas, levando à conflitos, como os que se observam hoje, entre a forma de apropriação desses espaços, por parte da população, e o entendimento dos gestores sobre os usos "ideais" para o bem. Contudo, a preservação pautada apenas em documentos, tão teoricamente frágeis e datados, não abarca os novos valores adquiridos pelo bem no transcorrer do tempo, valores estes que dizem respeito às gerações presentes, que dele se apropriam, e que são essenciais para criação de vínculos de pertencimento e memória, necessários à preservação. A pesquisa busca, portanto, apresentar o conceito de Significância Cultural, operacionalizado como instrumento capaz de fornecer uma compreensão mais completa do bem, em seus aspectos materiais, imateriais e nas relações que se estabelecem entre este e a população poscaldense.

Nota

Artigo completo está previsto para ser publicado no dossier ENCORE 2020 da *Revista Cidades, Comunidades e Territórios* de meados de 2021 (site da revista: https://revistas.rcaap.pt/cct).

REFERÊNCIAS

BRANDI, Cesare, 2004 – **Teoria da restauração**. Trad. Beatriz Mugayar Kühl. Cotia, São Paulo: Ateliê.

CHOAY, Françoise, 2001 – **A alegoria do patrimônio.** 1a reimpressão. São Paulo: Editora UNESP.

FRANCO, Amanda Cristina, 2014 – **Os primeiros registros do uso de águas termais e a formação das estâncias hidrominerais no Brasil.** *Cadernos de Naturologia e Terapias Complementares*. v. 3, n. 5, p. 29-40.

KÜHL, Beatriz Mugayar, 2018a – **Preservação como ato de cultura**. In *Preservação do Patrimônio Arquitetônico da Industrialização: Problemas Teóricos de Restauro***.** 2.ª edição, São Paulo: Ateliê Editorial. p. 59-80.

POZZER, Carlos Eduardo, 2001 – **Poços de Caldas: a construção da paisagem urbana.** Dissertação Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Campinas: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

RUFINONI, Manoela Rossinetti, 2018 – **Cesase Brandi e as preexistências urbanas.** Revista Prumo. v. 3, n. 4, p. 117-127. Rio de Janeiro: Departamento de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio.

SILVA, Paula Maciel, 2012 – **Conservar, uma questão de decisão: o julgamento na conservação da arquitetura moderna.** Tese de Doutorado em Desenvolvimento Urbano. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.

ZANCHETI, Silvio Mendes; HIDAKA, Lúcia Tone Ferreira, 2014 – **A declaração de significância de exemplares da arquitetura moderna**. *Textos para discussão*. v. 57, série 2. Olinda: CECI.

ENQUADRAMENTO PARA A DEFINIÇÃO DE CICS: COMPARAÇÃO ENTRE PORTUGAL E O BRASIL

FRAMEWORK FOR CICS DEFINITION: PORTUGAL AND BRAZIL IN COMPARISON





Paula Couto [(1)], Maria João Falcão Silva [(2)], Álvaro Vale e Azevedo [(3)]

(1) LNEC, Portugal, pcouto@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, ava@lnec.pt

RESUMO

O aumento das complexidades das novas edificações e a necessidade de controlar custos de construção e operação tem feito com que o setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) tenha visto surgir uma grande quantidade de requisitos de informação necessários para o cumprimento dos seus objetivos nos últimos anos. Com este aumento de informação, tornou -se necessário um maior controlo da mesma, tal como a seleção das fontes de recolha, a melhoria da forma de tratamento, a estruturação do armazenamento e a capacidade de recuperação. Dessa necessidade, surgem os sistemas de classificação da informação da construção (CICS – *Construction Information Classification Systems*) que são fundamentais na classificação da informação em formato digital, cada vez mais presente. Na realidade, as novas tecnologias presentes neste setor fizeram com que a informação contida nos projetos se torne fundamental para o desenvolvimento dos novos processos e metodologias, como é o caso do BIM (*Building Information Modelling*).

No presente trabalho foram identificadas as vantagens da classificação da informação, bem como a importância, as razões e as formas de fazer essa classificação. Dada a importância identificada foi desenvolvida uma análise da estrutura das normas internacionais sobre esta matéria e dos CICS mais maduros implementados, como é o caso do britânico (UniClass) e do norte-americano (OmniClass). Posteriormente apresenta-se o estado de desenvolvimento dos CICS português e brasileiro e a influência que eles têm vindo a sofrer por parte dos sistemas de classificação britânico e norte-americano, respetivamente. Para finalizar são apresentadas algumas considerações do estudo em desenvolvimento, bem como perspetivadas linhas de orientação de trabalhos futuros.

Palavras-chave: Sistemas de Classificação / CICS / Normalização / Gestão da Informação

1. INTRODUÇÃO

A implementação de sistemas de classificação de informação da construção, em conjunto com a aplicação de normativas técnicas, possibilita o desenvolvimento e a modernização do setor da construção. Os mais recentes progressos da metodologia de Building Information Modellin (BIM), bem como sua crescente divulgação e implementação, têm enfatizado a importância da uniformização de informação (Nunes, 2016). Os sistemas de classificação são provenientes de categorizações detalhadas da informação de acordo com critérios específicos. Tais categorizações constituem-se em tabelas de classificação. Os sistemas de classificação, quando padronizados, fornecem um mecanismo que permite estruturar as informações de projeto (Pereira, 2013). As diferentes organizações internacionais têm se mostrado empenhadas na aplicação de esforços a fim de desenvolver um sistema padrão que uniformize a forma de classificar a informação no setor da construção. A International Organization for Standardization (ISO) tem desenvolvido normativas visando padronizar a maneira de classificar a informação. A ISO 12006-2:2015 tem como objetivo orientar o desenvolvimento de Sistemas de Classificação da Informação na Construção (Poêjo, 2017). O Building Information Modelling (BIM) caracteriza-se pela livre partilha de informação, entre todos os intervenientes, durante todo o ciclo de vida, de determinado empreendimento. Como tal, o principal objetivo da sua aplicação é promover a sinergia entre os diferentes intervenientes no processo construtivo, permitindo diminuir erros e omissões, incompatibilidades entre especialidades, e ainda, orçamentar, planear e gerir os trabalhos de forma mais eficiente, produtiva e rentável (Conover *et al*., 2009).

2. ENQUADRAMENTO GERAL

Um sistema de classificação configura-se num conjunto de elementos interdependentes que formam um todo organizado, podendo ser desenvolvidos de acordo com a necessidade de cada país, região ou mesmo de uma empresa, de forma a atender seus anseios em organizar-se, bem como podem seguir padrões internacionais de classificação (Nunes, 2016). Classificar não é construir algo novo, mas modelar a informação de forma a resumir e ordenar o conhecimento disponível. Para classificar há que definir o nível de detalhe dos objetos que se pretende obter. Neste sentido, para uma boa classificação é necessário definir com rigor o propósito da classificação, para que se possam descartar propriedades e informações não relevantes para a classificação e enumerar as características que permitem a distinção entre objetos (Monteiro, 1998). A classificação e consequente harmonização da informação através de sistemas de classificação na construção, portanto, têm como principais objetivos tornar o trabalho colaborativo mais eficaz, mesmo quando realizado à distância ou em formatos distintos, assegurar a coerência e a comparabilidade e possibilitar que os diversos intervenientes no processo de construção sejam menos dependentes das debilidades de terceiros (Pereira, 2013).

Para classificar, agrupam-se os objetos em classes, relacionando-os de acordo com as particularidades de suas propriedades. Dessa forma, uma classe se caracteriza por um conjunto de objetos que estão associados por terem em comum um conjunto específico de propriedades, uma relação lógica ou de afinidade, que os distingue de outros objetos. Quando existe uma divisão que se faça entre as características específicas da classe, esta é dividida em subclasses. Assim, quanto mais graus de divisão houver em cada classe e subclasse, maior especificidade e grau de detalhamento estas possuem (Monteiro estar divididas em: i) Especializada, quando se pretende focar um tema em particular; ii) geral, quando se pretende abranger um universo da informação; iii) enumerativa, quando se procura listar todas as subclasses, incluindo as compostas, que se relacionam com a classe principal; iv) por Facetas ou Hierárquica, criam-se subclasses a partir de um princípio simples e particular de divisão da classe principal e definem-se classes compostas por associação das subclasses; v) documental, quando o principal objetivo é a classificação de documentos ou outro tipo de informação de modo a facilitar a

sua organização, localização e armazenamento; e vi) analítica (taxonomia ou científica), quando pretende-se sistematizar informação e fornecer uma base para a sua explicação e compreensão (Nunes, 2016).

O BIM engloba informações sobre os empreendimentos durante todo o seu ciclo de vida, a nível de projeto, planeamento, construção e manutenção. A classificação e estruturação dessas informações possibilita a integração entre as diferentes etapas e especialidades, diminuindo erros e otimizando o processo. A tecnologia em que se baseia o BIM permite que o modelo gerado contenha informação precisa e detalhada sobre a geometria, além de um conjunto de dados relativos aos procedimentos construtivos, às tecnologias utilizadas e ao processo de aquisição (Eastman, Sacks, Teicholz *et al*. 2008). A forma de introdução da informação nos modelos BIM é feita através de objetos parametrizados, designados "objetos inteligentes", que contêm dados relativos à geometria, função e a forma como interagem com outros objetos aos quais estão associados (Conover, 2009). Estes “objetos inteligentes” são responsáveis por integrar informação valiosa sobre os processos de produção, comunicação e análise dos modelos digitais. A correta inserção de informações no objeto é fundamental para a melhor utilização da metodologia BIM. Para tal, existe a necessidade de adotar métodos e estratégias que possibilitem a correta definição e implementação destes elementos. É o caso dos Sistemas de Classificação de Informação na Construção (CICS), que orientam e organizam a forma como é disponibilizada a informação aos “objetos inteligentes” BIM (Nunes, 2016).

3. SISTEMAS EXISTENTES PARA CLASSIFICAÇÃO DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Um sistema de classificação concebido de acordo com a ISO 12006 deve abranger todo o ciclo de vida do empreendimento, contemplando grande variedade de trabalhos de construção (Nunes, 2016). Os sistemas de classificação podem determinar diferentes níveis de especificação, hierarquicamente organizados numa estrutura de classes e subclasses. Numa estrutura hierárquica de classificação (Classificação "tipo de") as subclasses são tipos subordinados a uma classe subordinante; numa estrutura hierárquica de composição (Classificação "parte de"), as classes subordinadas se caracterizam por elementos que fazem parte da classe subordinante. A classe que resulte como a mais abrangente no processo de identificação é definida como a classe geral, a partir da qual são então determinadas subdivisões em classes (subclasses) mais especializadas, baseando-se nas distinções entre propriedades. Devido a existência de vários CICS, o intercâmbio de informações entre os mesmos tende a ser facilitado caso estes sejam desenvolvidos conforme as orientações propostas. Com base nessa função são recomendadas tabelas pela ISO 12006-2, que podem ser utilizadas em combinação ou separadamente de acordo com a necessidade do utilizador (Lima, Zarpellon, Falcão Silva *et al*., 2020).

O UniClass ("Unified Classification for the Construction Industry") constitui um sistema de classificação unificado, que abrange todo o setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) do Reino Unido (Lima, Zarpellon, Falcão Silva *et al*., 2020). A sua aplicabilidade estende-se a edificações e a trabalhos de engenharia civil em geral, conforme recomendado pela ISO 12006-2, tendo como base, portanto, os conceitos apresentados em suas normas (Pereira, 2013). O sistema está dividido em diversas tabelas hierarquicas, que podem ser utilizadas a fim de categorizar as informações sobre orçamento, instruções, criação de layers CAD e também para desenvolver especificações ou documentação sobre produtos. As tabelas abrangem as informações geradas a nível de projeto e também aquelas provenientes da manutenção e gestão dos projetos (Lima, Zarpellon, Falcão Silva *et al*., 2020). Todas as tabelas precisam ser flexíveis e abranger uma quantidade de códigos que seja suficiente para cobrir uma infinidade de itens e circunstâncias, incluindo novas tecnologias e desenvolvimentos nos processos construtivos que possam futuramente surgir. A codificação implementada consiste em quatro ou cinco pares de caracteres. O par inicial indica que tabela está a ser usada e compreende letras; os pares seguintes representam grupos, subgrupos, seções e objetos. Ao selecionar pares de números, podem ser incluídos até

99 itens em cada grupo, o que permite e disponibiliza espaço para a inclusão de uma infinidade de possibilidades (Delany, 2016).

O OmniClass foi desenvolvido na América do Norte e concebido para abranger os objetos em diferentes escalas, em todo o ambiente construído, desde estruturas completas, a projetos complexos e de grandes dimensões, e ainda, simplesmente a produtos e componentes (Lima, Zarpellon, Falcão Silva *et al*., 2020). O sistema foi desenvolvido para lidar com todas as formas de construção, vertical e horizontal, industrial, comercial e residencial. Distingue-se dos sistemas que incorpora uma vez que também está direcionado para as ações, pessoas, ferramentas e informações que são utilizadas ou fazem parte da conceção, construção, manutenção e ocupação das instalações (OCCS, 2016). Atualmente, o Omniclass é composto por 15 tabelas de classificação, em que cada uma representa uma diferente faceta de informação sobre a construção. Cada tabela pode ser usada individualmente ou combinada com outras de modo a classificar temas mais complexos (Nunes, 2016).

4. COMPARAÇÃO ENTRE A ESTRUTURA DA ISO 12006-2, A UNICLASS E A OMNICLASS

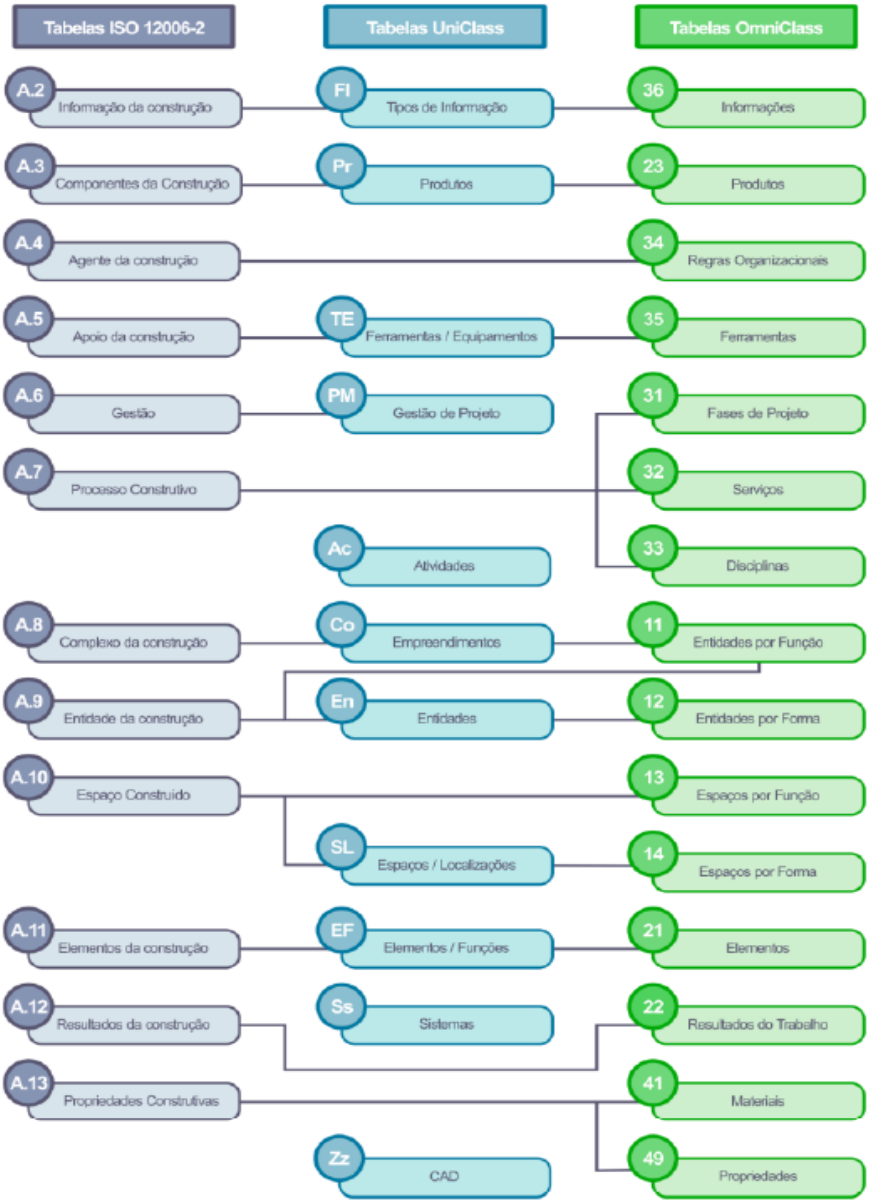


Figura 1 – Comparação entre ISO 12006-2, UniClass e OmniClass (Lima, Zarpellon, Falcão Silva *et al*., 2020)

Os conceitos presentes nos sistemas OmniClass e UniClass derivam de normas elaboradas pela ISO-12006, sendo compatíveis com normas de sistemas de classificação internacionais e cumprindo com objetivo de serem um padrão aberto e extensível, com troca aberta entre os diferentes participantes no seu desenvolvimento. Por se tratarem-se sistemas de informação baseado nos conceitos da ISO, o UniClass e o Omniclass apresentam uma estrutura capaz de ser comparada com o esquema proposto pela norma ISO 12006 – 2 na estruturação hierárquica das suas tabelas (Nunes, 2016). A extensão e profundidade dos sistemas de classificação são bastante variáveis, pois no caso do OmniClass existem tabelas em que o código pode ter até 8 níveis (ex: Tabela 23 de Produtos) e tabelas em que o código termina ao segundo nível (ex: Tabela 31 das Fases). No caso da UniClass2015, as tabelas apresentam um nível de detalhe mais homogéneo, dado que a maioria das tabelas apresenta apenas quatro níveis. Estes dois sistemas também diferem na sua extensão, uma vez, que o OmniClass apresenta 15 tabelas e o UniClass 2015 apenas 11 tabelas (Lima, Zarpellon, Falcão Silva *et al*., 2020). No entanto, a extensão e a profundidade dos sistemas de classificação apenas se consideram aceitáveis se servirem as necessidades dos utilizadores. A questão é, quanto mais preciso ou detalhado deverá ser um sistema de classificação, de modo a permitir uma ampla aplicação, para e entre os intervenientes. Na Figura 1 pode-se confirmar a relação entre os sistemas de classificação referidos.

5. COMPARAÇÃO ENTRE REALIDADES PORTUGUESA E BRASILEIRA

Com base nas próprias realidades e necessidades, Portugal e Brasil tem vindo a trabalhar no desenvolvimento dos seus próprios CICS que melhor apresentem respostas para as respetivas realidades nacionais. No que se refere a Portugal, o DNP Guia (DNP, 2017) tem como objetivo auxiliar a aplicação da ISO 12006-2:2015 para a criação de um CICS português. No desenvolvimento DNP Guia para aplicação da ISO 12006, teve-se como referências principais a ISO 12006-2:2015, o Uniclass 2015 e o CICS do Reino Unido, tendo-se adotado também a base de dados nacional, Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção (ProNIC). Ao todo são propostas 13 tabelas que podem ser utilizadas de forma separada ou em conjunto de forma a abranger as necessidades do setor AECO português. Na Figura 2, é feita uma comparação direta entre as tabelas das referências mais relevantes e as propostas pelo CICS português (Poêjo, 2017). No Brasil, a A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) tem vindo a desenvolver normas técnicas para a adoção de um sistema de classificação adaptado à realidade brasileira. Neste sentido, foi publicada a norma NBR 15965 que se encontra estruturada conforme o preconizado na ISO 12006-2, e que terá, quando completa, 13 tabelas (Figura 3). A sua estrutura hierarquizada vai apenas até onde foi julgado necessário para um grau adequado de interoperabilidade. Posteriormente, em resultado de uma parceria da ABNT com o MDIC (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio) foi publicada uma coletânea de seis guias sobre tecnologia BIM, no qual o segundo volume aborda o CICS brasileiro. Este documento justifica como o sistema de classificação da informação no BIM pode ser feito, de acordo com vários sistemas de classificação existentes, bem como a adequação à NBR 15965, e como as classificações organizadas e estruturadas podem contribuir para automação de diversas tarefas a partir do modelo BIM e sua relação com a documentação extraída (ABDI, 2017).

NORMA ISO 12006-2		SISTEMA UNICLASS		SISTEMA PORTUGUÊS	
Cód. da tabela	Nome da tabela	Cód. da tabela	Nome da tabela	Cód. da tabela	Nome da tabela
A.2	*Construction information*	FI	*Form of information*	IC	Informação da construção
A.3	*Construction products*	Pr	*Products*	Pr	Produtos
A.4	*Construction agentes*	-	-	Ag	Agentes
A.5	*Contruction aids*	TE	*Tools and equipment*	FE	Equipamentos e ferramentas
A.6	*Mangement*	PM	*Project management*	GD	Gestão e direção
A.7	*Construction process*	-	-	Po	Processo de construção
A.8	*Contructuin complexes*	Co	*Complexes*	Em	Empreendimentos
A.9	*Contruction entities*	En	*Entities*	En	Entidades
A.10	*Built spaces*	SL	*Spaces / Functions*	EL	Espaços / Locais
A.11	*Construction elements*	EF	*Elements / Functions*	E/F	Elementos / Funções
A.12	*Work results*	-	-		
A.13	*Construction properties*	-	-	Pp	Propriedades
-		Ac	*Activities*		
-		Ss	*Systems*	Ss	Sistemas
-		Zz	*CAD*	Zz	CAD (Desenho assistido por computador)

Figura 2 – Relação entre CICS Português, UniClass e ISO 12006-2 (Lima, Zarpellon, Falcão Silva *et al.*, 2020)

NORMA ISO 12006-2		SISTEMA OMNICLASS		SISTEMA ABNT NBR 15965	
Cód. da tabela	Nome da tabela	Cód. da tabela	Nome da tabela	Cód. da tabela	Nome da tabela
A.2	*Construction information*	36	Informação	5I	Informação
A.3	*Construction products*	23	Produtos	2C	Componentes
A.4	*Construction agentes*	34	Regras organizacionais	2N	Funções organizacionais
A.5	*Contruction aids*	35	Ferramentas	2Q	Equipamentos
A.6	*Mangement*	-	-	-	-
A.7	*Construction process*	31	Fases	1F	Fases
		32	Serviços	1S	Serviços
		33	Disciplinas	1D	Disciplinas
A.8	*Construction complexes*	11 / 12	Entidades por função / forma	4U	Unidades
A.9	*Construction entities*				
A.10	*Built spaces*	13 / 14	Espaços por função / forma	4A	Espaços
A.11	*Construction elements*	21	Elementos	3E	Elementos
A.12	*Work results*	22	Resultados do trabalho	3R	Resultados da construção
A.13	*Construction properties*	41	Materiais	0M	Materiais
		49	Propriedades	0P	Propriedades

Figura 3 – Relação entre CICS Português, UniClass e ISO 12006-2 (Lima, Zarpellon, Falcão Silva *et al.*, 2020)

6. CONCLUSÕES

Com a emergência de novas tecnologias, o aumento da quantidade de informação e as diversas limitações impostas atualmente ao setor AECO é possível confirmar-se a importância da organização da informação de forma estruturada. Os CICS têm vindo a ser desenvolvidos de forma sistemática para atender as necessidades identificadas. Para o efeito, refere-se a norma internacional ISO 12006-2, que tem por objetivo a padronização dos sistemas com vista a garantir uma melhor troca de informação em cada país, região ou mesmo entre sistemas proprietários de organizações privadas. Na vanguarda destes sistemas, encontram-se o Reino Unido com o UniClass, e os Estados Unidos e Canadá que adotam o OmniClass. Tratam-se de sistemas abrangentes, hierarquizados e bem consolidados e, embora existam diferenças entre os mesmos, ambos seguem os preceitos da normatização internacional e facilmente pode-se fazer uma correção entre eles. Portugal tem uma proposta de CICS nacional ainda em desenvolvimento, tendo o Governo Português, através de um Documento Normativo Português (DNP Guia, 2017), um guia com fundamentos básicos para uma proposta, ainda em desenvolvimento, de um sistema de classificação também com recurso a tabelas. O Brasil também ainda se encontra a desenvolver o seu modelo de CICS nacional numa tentativa de implementação do BIM em obras públicas, de forma obrigatória, até 2021.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a contribuição dos estagiários Rodrigo Lima e Pamela Zarpellon.

REFERÊNCIAS

ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2017 – **Guias BIM ABDI – Classificação da informação no BIM – Volume 2**. ISBN 978-85-61323-44-8.

CONOVER, Dave; CRAWLEY, Dru; HAGAN, Stephen, 2009 – **An introduction to building information modeling (BIM)**. A Guide for ASHRAE members, Atlanta, Georgia.

DELANY, Sarah, 2016 – **Classification – Technical support – NBS BIM toolkit.** Disponível em: https://toolkit.thenbs.com/articles/classification/.

DNP, 2017 - **Guia técnico de aplicação da norma ISO 12006**.

EASTMAN, Charles; SACKS, Rafael; TEICHOLZ, Paul; LISTON, Kathleen, 2008 – **BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.** nd. Nd, ed., EUA.

LIMA, Rodrigo; ZARPELLON, Pamela; FALCÃO SILVA, Maria João; COUTO, Paula; VALE AZEVEDO, Álvaro, 2020 – **Sistemas de classificação da informação da construção: comparação entre as realidades portuguesa e brasileira**. Rel. NEG/DED/LNEC (em publicação).

MONTEIRO, Paulo, 1998 – **Classificação da informação na indústria da construção – perspectivas e percursos**. Dissertação de Mestrado. Porto: FEUP.

NUNES, Henrique, 2016 – **Sistema de classificação de informação da construção – proposta de metodologia orientada para objetos BIM**. Dissertação de mestrado. Lsiboa: FCT-UNL.

OCCS, OCCS Development Committee Secretariat, 2016 – **OmniClass: a strategy for classifying the built environment. about omniclass**. Disponível em: http://www.omniclass.org/about.asp.

PEREIRA, Ricardo, 2013 – **Sistemas de classificação na construção. Síntese comparada de métodos**. Dissertação de mestrado. Porto: FEUP.

POÊJO, Teresa, 2017 – **Contributos para um sistema de classificação de informação da construção nacional, em conformidade com a norma ISO 12006. 2017**. Dissertação de mestrado. Lisboa: FCT-UNL.

AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO (APO) APLICADA A ÁREAS DE GUARDA DE ACERVOS NA CIDADE DE SÃO PAULO, BRASIL

POST-OCCUPANCY EVALUATION (POE) APPLIED TO COLLECTIONS STORAGE FACILITIES IN THE CITY OF SAO PAULO, BRAZIL





Juliana Bechara Saft [(1)], Sheila Walbe Ornstein [(2)]

(1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Brasil, jsaft@usp.br
(2) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), Brasil, sheilawo@usp.br

RESUMO

Este artigo apresenta o resultado de uma investigação conduzida ao longo dos últimos três anos junto a museus, bibliotecas e arquivos, principalmente na cidade de São Paulo, mas também em outras localidades, realizada com o intuito de melhor compreender as interrelações entre as características ambientais de edifícios destinados à guarda de coleções, o desempenho, a gestão e a manutenção dos sistemas construtivos em uso e as demandas da conservação preventiva e da gestão de riscos ao patrimônio. Para isso, fez-se uso de entrevistas com conservadores, curadores, bibliotecários, arquivistas, arquitetos, engenheiros, gestores de facilidades, físicos, químicos e biólogos, bem como visitas técnicas a áreas de guarda, públicos e privados. Esta investigação é parte de uma pesquisa de doutorado em curso cujo objetivo é adaptar os procedimentos conhecidos como Avaliação Pós-Ocupação (APO) a áreas de guarda de acervos com papel localizados na cidade de São Paulo com vistas a aproximar o setor da construção civil da conservação preventiva do patrimônio. A APO é um conjunto de métodos e técnicas qualitativos e quantitativos para diagnóstico do edifício, levando em consideração o ponto de vista de avaliadores, projetistas, clientes e usuários, que, se devidamente adaptado ao patrimônio cultural, pode ser um importante aliado na conservação preventiva, permitindo a identificação de riscos, a verificação do atendimento às normas e o planejamento de ações para a correção de inadequações e a prevenção ou mitigação de danos. Este artigo discute, a partir de procedimentos de APO, as possibilidades de sua utilização com vistas à mitigação ou à eliminação de vulnerabilidades nos edifícios, nos ambientes destinados à guarda de acervos e também na interface entre ambientes e acervos.

Palavras-chave: Patrimônio / Guarda / APO / Qualidade Ambiental / Conservação Preventiva

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior país do hemisfério sul. Sua orientação norte-sul, sua extensa costa, bem como sua forma e relevo resultam em grande diversidade climática. Do ponto de vista do patrimônio, o país abriga uma imensa variedade de bens naturais e culturais protegidos por diferentes esferas públicas. Segundo o último levantamento realizado pelo Ibram (Instituto Brasileiro de Museus), em 2019, o país possuía 3.791 museus, distribuídos de maneira desigual pelo território (Figura 1), concentrando-se principalmente nas capitais das regiões sul e sudeste do país (Museusbr, 2019). A maioria destas instituições combina edificações históricas com coleções. As condições ambientais nestes edifícios são bastante diversas, resultado do clima local e das técnicas construtivas utilizadas e, por isso, soluções para a preservação não podem ser facilmente replicadas. O cenário atual é de elevada demanda por recursos financeiros, humanos e energéticos, os quais não são satisfatoriamente atendidos, resultando em riscos permanentes, danos e perdas de patrimônio (Cora, 2014).



Figura 1 – Dispersão Geográfica dos Museus Brasileiros. Fonte: Ibram, 2011

O estado de São Paulo é o mais rico e industrializado do Brasil. Consequentemente, é também o que concentra o maior número de museus – 666 (Museusbr, 2019) –, bibliotecas públicas – 842 (SNBP, 2015) – e arquivos, bem como de coleções (Ibram, 2011). Por outro lado, até muito recentemente, não havia no estado uma cultura de conservação preventiva do patrimônio. As ações, bem como os cursos de formação e de treinamento, estavam, preponderantemente, voltadas à conservação curativa e ao restauro. Catástrofes recentes como os incêndios no Instituto Butantan (maio de 2010) e no Museu da Língua Portuguesa (dezembro de 2015) e a enchente em São Luís do Paraitinga (janeiro de 2010), além dos inúmeros casos de infestações recorrentes por fungos e insetos, vêm modificando esta realidade e têm resultado em uma crescente demanda por maior especialização e por uma gestão voltada à prevenção de riscos.

Por sua vez, a cidade de São Paulo, capital do estado, é a maior do Brasil. Ela se encontra a 800 m de altitude, possui clima subtropical, com verões quentes e úmidos e invernos frescos e menos úmidos (Tarifa; Azevedo, 2001). O rápido crescimento urbano e o adensamento populacional sem o devido planejamento vem alterando o clima local, provocando aumento das temperaturas médias e diminuição dos níveis de umidade, maior variação diária na temperatura e na umidade relativa e maior ocorrência de eventos extremos, como tempestades, granizos e ventos fortes (Ramires; Mello-Théry, 2018).

A cidade abriga importantes coleções e edificações históricas, que compõem parcela significativa o patrimônio

cultural e científico brasileiro (Figura 2). Estes edifícios, em sua maioria, não estão completamente adaptados para a correta guarda e exposição de acervos, não possuem características construtivas e sistemas que permitam enfrentar as mudanças climáticas e, ainda, não contam com um planejamento para a gestão das facilidades.

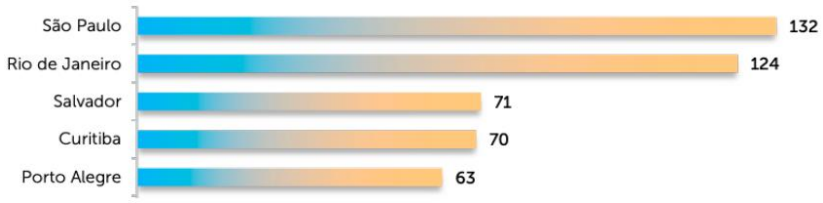


Figura 2 – Cidades com maior número de museus, em 2010. Fonte: Ibram, 2011

A Universidade de São Paulo (USP) é responsável pela gestão de parte significativa do acervo do estado, abrigando em seus sete campi, tanto na capital como no interior, 48 bibliotecas, 45 museus e outros espaços com coleções, e cerca de 36 milhões de itens (CPC-USP, 2018). Todas as "*intervenções físicas nos edifícios e territórios dos campi*", o que inclui construções novas, ampliações, reformas e manutenção das infraestruturas estão sob a responsabilidade de um departamento centralizado, cuja "*finalidade* [é] *organizar e sistematizar todas as atividades relacionadas ao espaço físico dos campi da USP*" (http://www.sef.usp.br/sef/quem-somos-2/. Acesso em 29 dez. 2019).

2. APO APLICADA A ÁREAS DE GUARDA DE ACERVOS

A Avaliação Pós-Ocupação (APO) é frequentemente entendida como o conjunto de "*atividades e processos que sistematicamente avaliam o desempenho de edifícios depois de construídos e ocupados por algum tempo*"[1] (Preiser *et al*., 1988). APO é um conjunto de métodos que se propõe a compreender o edifício em uso e, para isso, utiliza variados instrumentos qualitativos e quantitativos. As análises feitas pelos especialistas (avaliadores, projetistas) e as observações dos usuários (funcionários, visitantes, clientes) devem ser combinadas para uma melhor compreensão dos aspectos positivos e negativos sobre o ambiente construído (Ono *et al*., 2018).

Atualmente, entende-se que o desempenho do edifício pode ser avaliado a partir de três abordagens principais (https://www.usablebuildings.co.uk. Acesso em 10 dez. 2019):

a. avaliação da qualidade ambiental interna: verificação do nível de satisfação ou de conforto do usuário (e, no caso das coleções, da estabilidade dos itens) por meio de instrumentos qualitativos de pesquisa e quantitativos de medição. Esta é a abordagem tradicional de APO e é aquela proposta por esta pesquisa para avaliação da qualidade ambiental interna de áreas de guarda de museus, bibliotecas e arquivos;
b. verificação de desempenho: avaliação do edifício por meio de modelos preditivos. O atendimento a selos e normas de eficiência energética pode ser um aliado de museus, bibliotecas e arquivos, desde que exista uma compreensão aprofundada das características e do comportamento dos materiais e sistemas construtivos, bem como dos materiais das coleções;
c. avaliação holística: também conhecida como FPE (*Facility Performance Evaluation*), é uma abordagem que procura descrever as complexas heterogeneidades dos sistemas, correlacionando o seu funcionamento com a psicologia comportamental por meio de grandes bancos de dados. A definição de padrões confiáveis de comportamento dos usuários frente aos sistemas e às coleções permite o planejamento de decisões individualizadas e, consequentemente, a prevenção de riscos, porém, depende de recursos para a coleta e o tratamento de *big data*.

[1] Tradução livre das autoras.

Em uma abordagem quanto aos aspectos formais de edifícios para a guarda de acervos, deve-se ter em mente que as decisões tomadas nas etapas iniciais de projeto são as de maior impacto, pois definem características construtivas difíceis de serem alteradas posteriormente. Quanto mais a equipe de projeto conhecer as demandas específicas da tipologia construtiva, mais os espaços, os sistemas construtivos e os materiais estarão adequados aos usos.

Em uma abordagem quanto aos aspectos funcionais de edifícios para a guarda de acervos, é preciso considerar os múltiplos usos e suas interações ao longo da vida útil do edifício, o que significa que as decisões precisam ser planejadas, testadas, executadas, verificadas e replanejadas, em ciclos que se repetem enquanto o edifício tiver uso.

Ambas as abordagens podem se beneficiar da utilização da APO. A avaliação combinada dos riscos ao edifício, aos usuários e às coleções, proposta por esta pesquisa, resulta em diagnósticos que permitem uma melhor compreensão de:

a. quais soluções foram ou não efetivas e devem ou não ser replicadas, levando a uma sistematização de um conhecimento técnico que pode ser usado em futuros projetos similares, minimizando falhas e melhorando a adequação ao uso;
b. quais os riscos existentes, bem como sua relevância, permitindo que se estabeleça prioridades e se desenvolva um plano estratégico, com a proposição de ações que visem à continua melhoria da qualidade dos espaços avaliados.

A APO proposta por este trabalho almeja favorecer a compreensão das interrelações entre qualidade construtiva, qualidade ambiental interna, estado de conservação dos itens e satisfação dos usuários com as áreas de guarda. Assim, considera-se, pelo menos, a aplicação dos instrumentos de visita técnica, análise de dados ambientais disponíveis, análise dos agentes de deterioração de acervos e aplicação de entrevistas e/ou questionários (Cacciatori, 2019).

Como alguns dos instrumentos têm a função de incluir o ponto de vista dos usuários, é importante pontuar que a APO precisou ser submetida aos princípios e procedimentos da Ética em Pesquisa e ser registrada no Comitê de Ética em Pesquisa (EACH USP / CAAE n.º 02912118.2.0000.5390). Este protocolo, no caso de pesquisas envolvendo seres humanos, é mandatório para pesquisas científicas cujos objetos de estudo estejam sediados em território brasileiro. Todos os entrevistados participantes adultos devem assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que é o documento que explica qual o escopo da avaliação, quais os procedimentos que serão utilizados, quais os riscos envolvidos, quais as obrigações do avaliador e quais os direitos do participante (Elali, 2010). E, no caso de também existirem crianças participantes, há ainda a obrigatoriedade de assinatura do Termo de Assentimento (TA) pelo responsável (Ono *et al*., 2018).

Assim, a aplicação da APO se inicia com a etapa de coleta de dados, cujo objetivo é identificar os eventos (manifestações patológicas) que podem trazer riscos à edificação, às pessoas, ou ao patrimônio. Na etapa seguinte, de análise dos dados coletados, os especialistas devem determinar quais são os possíveis riscos associados a cada evento identificado, a sua gravidade e as recomendações para sua mitigação ou eliminação. Para cada solução proposta, é preciso estabelecer prioridades, conforme a urgência e os recursos disponíveis. Para melhor compreensão dos resultados da análise por não-especialistas, os dados devem ser apresentados em Quadros-Síntese, nos quais são listados os eventos identificados, por ambiente avaliado, bem como os riscos associados e as recomendações propostas. As informações dos Quadros-Síntese também devem ser apresentadas em Mapas de Diagnósticos e Recomendações (MDR), que são resumos visuais dos Quadros anotados sobre as plantas da edificação. O emprego de recursos visuais como legendas com cores e símbolos para representar os eventos, os riscos e as recomendações no MDR facilita uma rápida identificação das

prioridades. Cabe aos avaliadores-especialistas definirem quais informações devem ser anotadas nos Quadros e Mapas de modo a melhor auxiliar os tomadores de decisão na gestão dos riscos e no planejamento institucional estratégico (Lopes; Ornstein, 2018; Ono *et al.*, 2018).

A APO pode ser aplicada uma única vez, com o intuito de se avaliar a qualidade ambiental em um momento particular, o que pode ajudar no planejamento de projetos e manutenções corretivas, ou, o que é mais indicado, pode ser aplicada sistematicamente, ao longo da vida útil do edifício, de modo a acompanhar o desempenho de materiais, sistemas e facilidades em uso e, assim, auxiliar na gestão do ambiente construído e na manutenção preventiva da edificação (Figura 3).

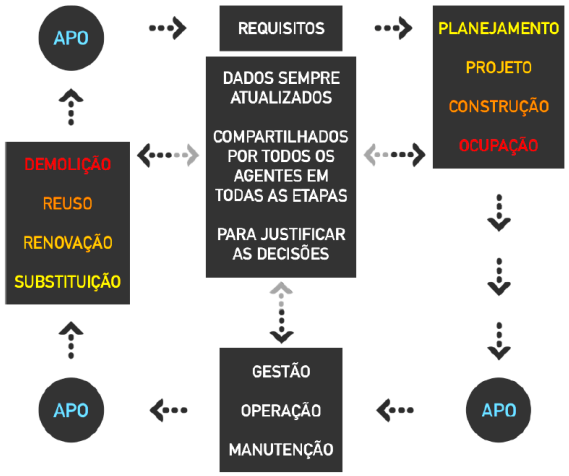


Figura 3 – Visão contemporânea da APO ao longo da vida útil de um edifício. Fonte: as autoras, 2019

A aplicação da APO é recomendada para todas as tipologias construtivas, edificações ou espaços abertos, mas ela é particularmente efetiva para:

a. edifícios complexos, como aeroportos, hospitais, e museus, bibliotecas e arquivos;
b. entidades que gerenciam edifícios similares, como universidades, fundações, etc.;
c. instituições que lidam com grandes quantidades de itens, onde o planejamento prévio das decisões é mandatório.

3. AS ÁREAS DE GUARDA DE ACERVOS

3.1. Considerações sobre áreas de guarda

Edificações que abrigam o patrimônio são estruturas cuja complexidade frequentemente não está muito bem compreendida por arquitetos e engenheiros. Não se trata apenas de construções para "depósito" de objetos, mas sim de edifícios muito especializados, que devem contemplar espaços como: áreas para carga, descarga e transporte em segurança de itens muito diversificados, em sua maioria delicados e valiosos; quarentena para material contaminado por agentes químicos ou biológicos perigosos; câmaras para tratamentos específicos, como desinfestação e descontaminação; laboratórios para análises físico-químicas e procedimentos de conservação e restauro; estúdios para fotografia e digitalização; espaços para guarda temporária e trabalhos de catalogação e documentação; ambientes com características, sistemas e leiautes adaptados para o armazenamento dos objetos, conforme tipo e estado de conservação dos itens; escritórios; oficinas; depósitos de insumos; dentre outros. É preciso especial atenção aos vários níveis de segurança que o edifício deve garantir: biológico (contra animais, insetos, fungos e bactérias); ambiental (contra a ação nociva da luz, do UV, do calor, da umidade e de poluentes); e físico (contra ameaças cuja origem pode estar na natureza, no edifício ou no homem). Assim, é imprescindível o respeito às normas de segurança, elas próprias em constante aprimoramento,

em uma busca contínua pelas melhores práticas para a salvaguarda de pessoas, edifícios e coleções (Ibram, 2017). Também é preciso considerar as interações de demandas e fluxos relacionados às atividades de prevenção (monitoramento, vistoria, limpeza), de gestão das facilidades (vistorias, reparos, substituições) e de consultas, pesquisas e preparação de exposições. Por fim, é preciso garantir que a construção tenha elevada qualidade construtiva (estanqueidade, isolamento, robustez, durabilidade) e seja sustentável, ou seja, garanta as melhores condições pelo maior tempo possível, com o uso equilibrado dos recursos disponíveis (Rose *et al*., 2019).

Os acervos abrigados nas instituições culturais são, na maioria das vezes, muito diversificados, com inúmeras combinações de materiais orgânicos e inorgânicos, provenientes de períodos históricos e regiões geográficas diversas, sendo mais ou menos suscetíveis a variações ambientais. Em comum, tem-se o elevado valor das coleções para a cultura e a ciência humana. Além disso, edifícios também fazem parte do patrimônio cultural, e precisam, eles próprios, ser preservados (Rose *et al*., 2019). Com muita frequência, associa-se edificações patrimoniadas a instituições para a guarda e a exposição de coleções. Esta combinação torna a preservação de ambos ainda mais desafiadora pois soluções que visam à proteção do bem imóvel por vezes não coincidem com as melhores práticas para a preservação dos bens móveis e vice-versa. Decisões equilibradas, orientadas à diminuição dos riscos, tanto para o edifício quanto para as coleções, são possíveis apenas quando se tem um profundo conhecimento das demandas específicas de cada tipo de bem (Lopes; Ornstein, 2018).

Do ponto de vista do patrimônio, há muitos anos profissionais dedicados vêm trabalhando no desenvolvimento de técnicas, procedimentos, protocolos, recomendações e normas que garantam condições adequadas à máxima proteção possível dos acervos. Tem-se hoje bastante difundida a consciência de que, independentemente dos recursos disponíveis na instituição, "*uma gota de prevenção vale mais do que um oceano de recuperação*"[2] (AIC Wiki, 2018). Assim, a conservação preventiva de acervos é definida como:

> "*um conjunto de ações que visam minimizar ou diminuir a taxa de deterioração e prevenir danos às coleções; inclui atividades como avaliação de riscos, desenvolvimento e implementação de diretrizes para uso contínuo e conservação, condições ambientais adequadas para guarda e exposição e procedimentos para manuseio, armazenamento, transporte e uso. Estas responsabilidades devem ser compartilhadas entre gestores de coleções, conservadores, especialistas, curadores e outros gestores institucionais*"[3] (SPNHC, 1994).

Mais recentemente, tem-se desenvolvido um conceito ainda mais holístico: a preservação sustentável do patrimônio, que é entendida como o ponto de equilíbrio entre as melhores práticas para a preservação dos acervos com o menor consumo possível de recursos. Esta condição pode ser alcançada quando a instituição dispõe de dados confiáveis, trabalho em equipe, pesquisa e experimentação (IPI, 2019).

Instituições culturais devem, necessariamente, estar orientadas à sustentabilidade visto que a missão delas é garantir que o patrimônio subsista, ao longo dos anos, nas melhores condições possíveis para que também possa ser experienciado pelas gerações futuras. Para que isso seja possível, os profissionais envolvidos devem estar adequadamente treinados e as áreas de guarda e exposição precisam ser as mais adaptadas possíveis, uma vez que é o ambiente construído que deve garantir a qualidade ambiental e a segurança necessárias para a preservação dos bens.

No entanto, se por um lado, têm-se conservadores, museólogos, bibliotecários e arquivistas altamente treinados, por outro, têm-se poucos arquitetos, engenheiros e gestores de facilidades especializados na construção, gestão e manutenção desta tipologia construtiva. As pesquisas voltadas ao desenvolvimento de técnicas e tecnologias

[2] Tradução livre das autoras.

[3] Tradução livre das autoras.

construtivas específicas e adaptadas a áreas de guarda também são escassas. Não são comuns os cursos voltados ao treinamento e à especialização de profissionais da construção civil para atuar neste setor. Muito do conhecimento adquirido ocorre na prática, sem suficiente suporte científico para embasar as decisões ou registrar os resultados de modo a permitir replicar ou abandonar soluções, segundo sua eficácia.

3.2. Qualidade ambiental nas áreas de guarda de coleções

Cada edifício é único, cada coleção é única. Os edifícios funcionam como barreiras protetoras, mais ou menos eficientes, contra a ação nociva de agentes externos (sol, chuva, poluentes, dentre outros), o que, combinado com os efeitos de equipamentos e usuários (temperatura, umidade, UV etc.), cria um microclima interno artificial complexo, onde múltiplas forças interagem entre si (Figura 4). "*A compreensão e o controle dessas forças é, ao mesmo tempo, a parte mais importante e a mais difícil da ciência da preservação."*[4] (Ward, 1982; Gomes *et al*., 2015). Muitos estudos ao redor do mundo vêm alertando que não é possível se apoiar apenas em normas que contenham padrões rígidos e imutáveis de qualidade ambiental para a preservação de coleções, pois estes índices podem atrapalhar mais do que ajudar (GCI, 2007). Assim, como alternativa, a aplicação da APO pode ser um importante aliado na compreensão das interrelações entre as envolventes, a qualidade ambiental interna e a preservação do patrimônio cultural.

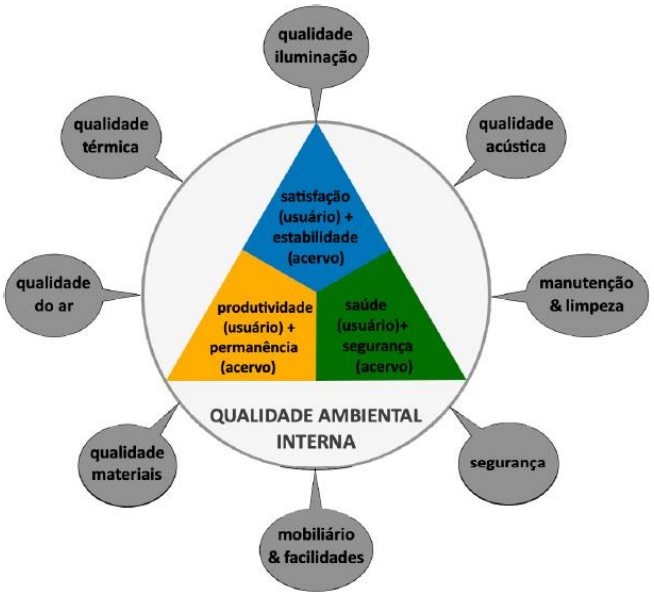


Figura 4 – Qualidade ambiental interna do ambiente construído. Fonte: as autoras, 2019

O conceito de conservação preventiva de coleções está diretamente relacionado à análise das substâncias que compõem cada item e das reações físico-químicas que resultam na deterioração de objetos. Estas análises possuem custos elevados pois dependem de especialistas e de equipamentos sofisticados, o que não é uma realidade para a maioria das instituições culturais (Padfield, 2005). Também por este aspecto a APO pode ajudar, em caráter preliminar, na identificação de estratégias de controle da qualidade ambiental adaptadas às condições locais, com boa relação custo-benefício e que se mostraram efetivas na preservação das coleções.

> "*Michalski: (…) 'Comprovado localmente' é um conceito que permite que cada museu faça uma avaliação racional dos riscos, e tem a grande vantagem de não precisar da ciência dos materiais, nem deste tipo de especialista, mas apenas do histórico de dados local*."[5](GCI, 2007).

[4] Tradução livre das autoras.

[5] Tradução livre das autoras.

A qualidade ambiental de áreas de guarda depende, em grande medida, de um trabalho ininterrupto de gestão das facilidades e de manutenção, preferencialmente preventiva, dos sistemas construtivos. No entanto, quando há escassez de recursos, frequentemente este é o primeiro setor onde se costuma fazer cortes, com consequências, muitas vezes, catastróficas, como foi possível observar nos recentes incêndios no Museu Nacional do Rio de Janeiro e na Notre Dame de Paris. Mas, *"o risco não é apenas de uma catástrofe. Nas vilas e cidades, há uma crise silenciosa. Telhados com vazamentos e sistemas de tratamento de ar antiquados ameaçam a estabilidade e a preservação das coleções."*[6] (Appleton *et al*., 2019). A APO pode ser um instrumental útil para se lidar com esta situação, pois pode auxiliar na compreensão dos riscos associados a cada decisão e na definição de prioridades a longo prazo (Saft *et al*., 2018).

3.3. Estudos realizados em *benchmarks*

Ao longo dos últimos três anos, de 2016 a 2019, foram realizadas diversas visitas técnicas a instituições culturais brasileiras e europeias, que são referências em suas regiões, com o objetivo de melhor compreender as interrelações entre as características ambientais de edifícios destinados à guarda de coleções; o desempenho, a gestão e a manutenção dos sistemas em uso; e as demandas da conservação preventiva e da gestão de riscos ao patrimônio. Foram feitas visitas a museus, bibliotecas e arquivos, bem como a depósitos de empresas privadas especializadas no armazenamento de acervos, localizados nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Viena e Berlim, com o intuito de se verificar *in loco* os procedimentos adotados para a prevenção de riscos associados aos dez agentes de deterioração de acervos, conforme metodologia desenvolvida pelo CCI – *Canadian Conservation Institute* (ICOM, 2004).

Durante este período, também foram feitas consultas (pessoalmente ou via *e-mail*) a conservadores, curadores, bibliotecários, arquivistas, arquitetos, engenheiros, gestores de facilidades, físicos, químicos e biólogos, que trabalhavam em museus, bibliotecas, arquivos, instituições de ensino ou de pesquisa localizados em São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Salvador, Curitiba, Viena, Berlim, Munique, Washington e Nova Iorque. Estas consultas buscavam uma maior compreensão de questões relacionadas a:

a. o estado da arte da conservação preventiva e da gestão de riscos aos acervos em sua instituição, estado ou país;
b. o estado da arte da conservação dos edifícios (manutenções, reformas, construções) e da gestão da qualidade ambiental interna em sua instituição, estado ou país;
c. as interações positivas e negativas entre os gestores da instituição, os profissionais responsáveis pela preservação do acervo e os responsáveis pela manutenção predial.

3.4. Estudos de caso selecionados

Simultaneamente às visitas técnicas a *benchmarks* e consultas a especialistas, esta pesquisa definiu quatro estudos de caso para aplicação da APO proposta, ou seja, adaptada à avaliação da qualidade ambiental interna e dos riscos, aos usuários e ao patrimônio, para áreas de guarda de acervos, preponderantemente em papel, em edifícios históricos[7], localizados na cidade de São Paulo. Foram escolhidas instituições que representam todo o espectro da análise: 01 museu, 02 bibliotecas e 01 arquivo, todos com acervos numerosos e valiosos, e de relevância para a cidade, o estado e o país. As instituições, por motivo de confidencialidade, serão aqui nomeadas de I1, I2, I3 e I4. Suas características estão descritas no Quadro 1, abaixo.

---

[6] Tradução livre das autoras.

[7] Foram escolhidos três edifícios (um para cada tipologia) em estilo eclético, que é o mais prevalente dentre os edifícios tombados (patrimoniados) no Brasil e, como contraponto, um edifício contemporâneo, construído recentemente, e especialmente projetado para acervos em papel, em conformidade com as melhores práticas.

Quadro 1 – Caracterização das Instituições estudos de caso. Fonte: as autoras, 2020

Instituição	Tipologia	Esfera pública	Estilo arquitetônico (ano da construção)	Características da construção	Características do acervo
I1	arquivo	municipa	Duas edificações: a. eclética (1920) b. moderna (1950)	a. edifício histórico reformado com boa qualidade construtiva e ambiental para o acervo b. edifício moderno reformado para reserva técnica, porém, com características construtivas inadequadas à guarda	4,5 milhões de documentos, fotos, mapas, plantas de arquitetura, dentre outros, do sec. XVI a XX, em suportes variados, mas, principalmente, nos diversos tipos de papeis
I2	biblioteca	municipal	Duas edificações: a. eclética (1942) b. moderna (1960)	a. edifício histórico reformado, projetado para ser uma biblioteca, mas com inadequações b. edifício moderno reformado, adaptado para reserva técnica, mas pouco adequado ao uso	mais de 7 milhões de itens muito variados: incunábulos, livros, jornais, revistas, mapas, fotografias, etc., do séc. XV ao XXI, em variados tipos de papéis, além de muitos outros materiais
I3	museu	estadual	Duas edificações: a. eclética (1895) b. moderna (déc. 1950)	a. edifício histórico com elevada qualidade, porém, apresenta manifestações patológicas resultantes do uso e da pouca manutenção b. edifício adaptado para ser uma reserva técnica temporária, com muitas fragilidades construtivas que elevam os riscos aos acervos	mais de 450 mil itens nos mais variados suportes, do séc. XVII ao XXI, de elevado valor cultural
I4	biblioteca	estadual	Uma edificação: contemporânea (2013)	edifício construído em concreto em vidro, pouco isolado, com algumas soluções construtivas que elevam os riscos ao acervo	mais de 60 mil obras, na maioria raras, do séc. XV ao XXI, principalmente em papeis variados

Para cada um dos estudos de caso foram realizadas:

a. visitas técnicas (com registro fotográfico) às áreas de guarda com foco no atendimento às normas e recomendações de boas práticas, nas manifestações patológicas em sistemas construtivos e equipamentos e nos processos de degradação de itens do acervo.
b. entrevistas estruturadas com especialistas pessoas-chave para registro da percepção do usuário quanto ao estado atual de conservação do patrimônio, à eficácia e efetividade dos procedimentos e protocolos utilizados, e às interrelações entre os profissionais das áreas de gestão, conservação e manutenção. Foram realizadas três entrevistas por instituição, com:
   - um especialista em conservação preventiva;
   - um especialista, gestor do acervo;
   - um arquiteto, engenheiro ou técnico, gestor da manutenção predial.
c. análise estatística dos dados disponíveis de temperatura (T) e umidade relativa (UR) internas às áreas de guarda para comparação do comportamento real do ambiente interno com os valores preconizados pelas normas e correlação entre o padrão climático, os sistemas construtivos e as condições de preservação dos itens do acervo.

4. RESULTADOS

A partir da análise global das informações coletadas por meio das revisões da literatura, visitas técnicas, consultas e entrevistas, pode-se apreender, até esta etapa da pesquisa, que:

a. da perspectiva de instituições culturais na cidade de São Paulo, sejam elas antigas e patrimoniadas ou

novas, as condições observadas não favorecem a preservação sustentável do patrimônio, o que pode estar relacionado à ausência ou deficiência de:

- percepção dos riscos associados à baixa qualidade construtiva dos ambientes de guarda;
- pesquisas sistemáticas e consistentes que correlacionem a deterioração de objetos a climas e microclimas específicos;
- treinamento adequado de funcionários para correta identificação dos riscos às coleções associados a manifestações patológicas nos sistemas construtivos;
- gestores e/ou técnicos treinados para manutenção preventiva (em detrimento de manutenção corretiva) de edifícios com acervos;
- cultura de gestão de longo prazo (planejamento estratégico), com previsão de destinação de recursos para manutenção, reforma, adaptação, ampliação ou construção de edifícios, facilidades e mobiliários voltados a uma eficiente, efetiva e eficaz guarda e exposição de acervos, visando à qualidade ambiental e diminuição de riscos.

b. em uma perspectiva mais ampla, considerando-se museus, bibliotecas e arquivos, tanto no Brasil como no exterior, tem-se que:
   - as instituições culturais que possuem, em sua estrutura organizacional, uma equipe composta por técnicos, gestores de facilidades, arquitetos e/ou engenheiros dedicados à manutenção predial costumam funcionar melhor. Por outro lado, edifícios que dependem de um departamento centralizado externo de gestão de facilidades ou de serviços completamente terceirizados relataram maiores dificuldades, relacionadas principalmente com a compreensão da relevância, para a preservação dos bens, de se garantir qualidade e prazos na realização dos serviços de manutenção, reforma ou construção.
   - as instituições culturais que mantêm o mesmo quadro de funcionários por muitos anos, seja para serviços de manutenção, limpeza, vigilância ou preservação, relataram melhor gestão dos riscos e uma resposta mais eficiente a situações de emergência;
   - as instituições culturais que possuem em seus quadros especialistas em todos os setores necessários ao seu correto funcionamento: gestão, manutenção, preservação, exposição, educação etc., relataram maior confiança e apoio às decisões tomadas. Por outro lado, naquelas instituições onde havia um desequilíbrio entre os diversos setores, foi relatado maior quantidade de conflitos e, consequentemente, uma menor percepção dos riscos;
   - as instituições culturais que fizeram uso de concursos de arquitetura para a escolha de projetos de construção de novos espaços ou de reforma de espaços existentes relataram decepção com a experiência, destacando a necessidade, a posteriori, de se consumir muito tempo e energia para se adaptar a ideia vencedora às necessidades específicas de preservação das coleções. Destacou-se também, com frequência, que os concursos eram um obstáculo ao aprimoramento das soluções construtivas e um incentivo à repetição de soluções equivocadas;
   - funcionários de instituições culturais frequentemente destacaram que a ausência de políticas, planos e projetos era causa de maiores preocupações do que a insuficiência de recursos isoladamente. Mesmo em instituições financeiramente mais favorecidas, funcionários reportaram que falhas no planejamento e incertezas quanto ao futuro de curto e médio prazos eram uma grande fonte de estresse. Por outro lado, nas instituições que possuíam planejamento estratégico, decidido em conjunto por todos os setores, com distribuição equilibrada de recursos para guarda, conservação e exposição, havia uma percepção bastante positiva da relevância do trabalho realizado em prol da preservação das coleções;
   - funcionários de instituições culturais frequentemente expressaram que a ausência ou a gestão incorreta da manutenção predial e da conservação dos acervos, cujo efeito é uma percepção incorreta de informações, prioridades e decisões, é, ela mesma, um agente de deterioração do patrimônio e uma das principais causas de danos ou perdas de itens.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa sugere que, se por um lado, a presença de recursos suficientes e de profissionais muito bem treinados cria condições propícias ao desenvolvimento da conservação preventiva, pautada na ciência dos materiais e em uma profunda compreensão dos processos físicos, químicos e biológicos que decorrem na interação dos materiais com o ambiente circundante, resultando em melhor preservação das coleções e em um maior distanciamento entre instituições ricas e pobres, por outro lado, percebe-se que todas as instituições, tenham elas muito ou pouco recurso, compartilham de dificuldades similares quando se trata de compreender o papel de arquitetos e engenheiros como parceiros na busca por uma preservação sustentável do patrimônio. Assim, propõe-se incluir, aos métodos de avaliação dos acervos pelos especialistas em patrimônio e das ameaças pelos especialistas em gestão de riscos, os procedimentos metodológicos de Avaliação Pós-Ocupação do ambiente construído pelos especialistas em construção, de modo a integrar coleções, pessoas e edificações em um sistema único, e que funcione harmoniosamente com o propósito de assegurar condições ambientais adequadas a acervos e usuários pelo maior tempo possível fazendo uso sustentável dos recursos disponíveis.

REFERÊNCIAS

AIC Wiki, 2018 – **Preventive care**. American Institute for Conservation. Disponível em: https://www.conservation-wiki.com/wiki/Preventive_Care#cite_note-1. Acesso em: 15 dez. 2019.

APPLETON, M.; BLATCHFORD, I.; DEUCHAR, S., 2019 – **Crumbling infrastructures is putting collections at risk**. Museums Association. Disponível em: https://www.museumsassociation.org/news/30092019-crumbling-infrastructure-puts-collections-at-risk. Acesso em: 20 nov. 2019.

CACCIATORI, M. M. F. *et al.*, 2019 – **Percepção, satisfação e decisões de projeto no museu do futebol**. Uberlândia: VI Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, p. 198-212. Disponível em: http://www.eventos.ufu.br/sites/eventos.ufu.br/files/documentos/020_f_percepcao_satisfacao_e_85_.pdf. Acesso em 03 jan. 2019.

Centro de Preservação Cultural – **Guia de museus e acervos da USP**. São Paulo: CPC-USP, 2018. Disponível em: http://biton.uspnet.usp.br/cpc/index.php/patrimonio-da-usp/acervos-e-colecoes/. Acesso em: 10 dez. 2019.

CORA, M. A. J., 2014 – **Políticas públicas culturais no Brasil: dos patrimônios materiais aos imateriais**. Rio de Janeiro: *Rev. Adm. Pública*. v. 48, n. 5, p. 1093-1112. Disponível em:http://www.scielo.br/scielo.php? script=sci_arttext&pid=S0034-76122014000500002&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 02 jan. 2020.

ELALI, G. V. M. A., 2010 – **Avaliação pós-ocupação e responsabilidade social: uma relação a ser sempre (re)discutida**. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. v. 5, n. 2, p. 235. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/ gestaodeprojetos/article/view/50984. Acesso em 15 dez. 2019.

GETTY CONSERVATION INSTITUTE, 2007 – **Experts' roundtable on sustainable climate management Strategies**. Tenerife: GCI. Disponível em: https://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/climate/ roundtable_transcript.pdf. Acesso em 12 nov. 2019.

GOMES, M. F.; VIEIRA, E.; CASANOVAS, L. E.; CALVO, A., 2015 – **Avaliação do desempenho higrotérmico das reservas da Câmara Municipal de Matosinhos (Portugal)**. *Estudos de Conservação e Restauro*. n. 6, p. 211-247. Disponível em: https://revistas.rcaap.pt/ecr/article/view/7518. Acesso em 18 out. 2019.

ICOM, 2004 – **Como gerir um museu: manual prático**. Paris: UNESCO. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000184713. Acesso em 27 out. 2019.

IMAGE PERMANENCE INSTITUTE, 2019 – **Sustainable preservation practices for managing storage environments**. IPI. Endereço: https://ipisustainability.org. Acesso em: 15 dez.2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MUSEUS, 2011 – **Museus em números. Brasília: Ibram**. v. 1. Disponível em: http:// www.museus.gov.br/wp-content/uploads/2011/11/Museus_em_Numeros_Volume_1.pdf. Acesso em 27 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MUSEUS, 2017 – **Cartilha 2017: Gestão de riscos ao patrimônio musealizado brasileiro**. Brasília: Ibermuseus, Ibram e Ministério da Cultura. Disponível em: http://www.ibermuseus.org/wp-content/uploads/2017/09/screen_CartilhaPortugues_singlepages_lowres72pdi.pdf. Acesso em 05 set. 2018.

LOPES, S.; ORNSTEIN, S. W., 2018 – **O Potencial da Avaliação Pós-Ocupação (APO) para a preservação de ambientes museológicos localizados em edifícios antigos: o caso do museu da imigração**. *SP. Revista Projetar*. v. 3, n. 2, p. 67-79. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/16547. Acesso em: 16 dez. 2019.

MUSEUSBR. Museus Brasileiros, 2019 – **Rede nacional de identificação de museus**. Disponível em: http://museus.cultura.gov.br/busca/. Acesso em: 21 dez. 2019.

ONO, R.; ORNSTEIN, S. W.; VILLA, S. B.; FRANÇA, A. J. G. L. (org.), 2018 – **Avaliação pós-ocupação: na arquitetura, no urbanismo e no design: da teoria à prática**. São Paulo: Editora Oficina de Textos.

PADFIELD, T. – **How to keep for a while what you want to keep forever**. Disponível em: https://www.conservationphysics.org/phdk/phdk_tp.pdf. Acesso em: 18 out. 2019.

PREISER, W. F. E., RABINOWITZ, H. Z.; WHITE, E. T., 1988 – **Post-occupancy evaluation**. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold.

RAMIRES, J. Z.; MELLO-THÉRY, N. A., 2018 – **Uso e ocupação do solo em São Paulo, alterações climáticas e os riscos ambientais contemporâneos**. *Confins - Revista Franco-brasileira de Geografia*. n. 34. Disponível em: https://journals.openedition.org/confins/12779. Acesso em: 21 dez. 2019.

ROSE, C. L.; HAWKS, C. A.; WALLER, R., 2019 – **A Preventive conservation approach to the storage of collections**. In: *Preventive Conservation: Collection Storage*. Nova Iorque: Society for the Preservation of Natural History, p. 43-55.

SAFT, J. *et al.,* 2018 – **Quadros sinópticos e mapas de diagnósticos e de recomendações como subsídios para a gestão de edifícios complexos: o caso de um museu de grande porte na cidade de São Paulo**. Foz do Iguaçu: XVII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ANTAC, v.1, p. 2318-2328. Disponível em: https://www.antac.org.br/anais-c1pyf. Acesso em 27 out. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE BIBLIOTECAS PÚBLICAS, 2015 – **Relação de bibliotecas públicas do estado de São Paulo**. SNBP. Disponível em: http://snbp.cultura.gov.br/bibliotecas-sp/. Acesso em: 21 dez. 2019.

SOCIETY FOR THE PRESERVATION OF NATURAL HISTORY COLLECTIONS, 1994 – **Guidelines for the care of natural history collections**. SPNHC, *Collection Forum*, v. 10. p. 32-40. Disponível em: http://cool.conservation-us.org/ byorg/spnhc/spnhc1.html. Acesso em: 21 dez. 2019.

TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (orgs.), 2001 – **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática**. São Paulo: GEOUSP – Coleção Novos Caminhos 4.

WARD, P. R., 1982 – **Conservation: keeping the past alive**. *Museum Conservation: A challenge to profession,* v. XXXIV, n.1, p. 6-9. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1468-0033.1982.tb00349.x. Acesso em: 20 nov. 2019.

LEVANTAMENTO DE REQUISITOS TEÓRICOS PARA DETERMINAÇÃO DO CUSTO DO CICLO DE VIDA NA GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS

THEORETICAL REQUIREMENTS SURVEY FOR DETERMINING LIFE CYCLE COST IN PHYSICAL ASSETS MANAGEMENT

Maria João Falcão Silva [(1)], Filipa Salvado [(2)], Paula Couto [(3)], Catarina Simões [(4)]

(1) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, asalvadonec.pt
(3) LNEC, Portugal, pcouto@lnec.pt
(4) LNEC, Portugal, csimoes@lnec.pt

RESUMO

Os edifícios apresentam componentes e elementos que têm durabilidades variáveis, como tal é necessário compreender e prever de que forma as tomadas de decisão, podem afetar o seu desempenho no que diz respeito às fases do seu ciclo de vida. Se no passado se verificava uma aposta na construção massiva de edifícios, as alterações de diversos paradigmas que hoje se observam, principalmente no económico, levaram a que a estratégia adotada passasse a ser vocacionada para a gestão do património existente.

Considerando a gestão de ativos como uma temática atual, o presente artigo tem como objetivo principal apresentar a descrição aprofundada de conceitos relacionados com a Gestão de Ativos Físicos (Asset Management). Neste sentido, é efetuado um levantamento de requisitos teóricos da implementação, numa organização, de um Sistema de Gestão de Ativos, bem como apresentados os conceitos de Custo do Ciclo de Vida (CCV), na designação anglo-saxónica Life Cycle Cost (LCC), e Análise de Custos do Ciclo de Vida (ACCV), na designação anglo-saxónica Life Cycle Cost Analysis (LCCA), com vista à determinação de metodologias que contribuam para uma gestão eficiente do edificado existente, capazes de caracterizar o ativo físico e apoiar a organização que extrai valor desse ativo, sustentando a ACCV do ativo e, consequentemente otimizando a gestão de ativos físicos.

Palavras-chave: Ativos Físicos / Sistemas de Gestão de Ativos / Custo do Ciclo de Vida

1. INTRODUÇÃO

Numa conjuntura económica que exige cada vez mais restrições, e tendo em conta o envelhecimento das infraestruturas, assiste-se a uma transição de uma parcela significativa do investimento em construção nova para a reabilitação de estruturas existentes (Laefer e Manke, 2008). Os fatores económicos são preponderantes para esta transição, uma vez que levam a que hoje em dia exista uma preocupação crescente com a necessidade de determinar a durabilidade de materiais, componentes, estruturas e edifícios (Hovde e Moser, 2004).

Há muitos anos que é discutida a importância de gerir os ativos físicos tendo em conta todo o seu ciclo de vida. Porém, apesar das potencialidades identificadas, razões como os custos na fase de construção e os custos na fase de operação e manutenção serem da responsabilidade de entidades distintas e a falta de informação fiável têm levado à não generalização da sua aplicação (Gonçalves, 2016).

A Gestão de ativos físicos (GAF) implica uma abordagem que considera o ciclo de vida, tendo sido comum o recurso a metodologias de custo do ciclo de vida (CCV), ISO 15686-5. A Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) é usada como um critério de decisão e otimização na procura entre o melhor compromisso entre tempo, custo e desempenho (Özkil, 2003). Ao longo do tempo as empresas têm vindo a identificar as potencialidades de um bom sistema de GAF assim como a importância de uma ferramenta como o cálculo do CCV, desta forma têm sido desenvolvidas tanto normas europeias como normas internacionais tanto para a GAF como para o CCV (Simões *et al*, 2019). Neste sentido, uma abordagem que contemple além dos custos imediatos, os custos futuros, ainda que possivelmente possa ser mais difícil e incerta torna-se extremamente importante.

2. SISTEMA DE GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS

Os ativos encontram-se usualmente associados a algo gerador de valor potencial ou efetivo, tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro, considerando o período de vida útil o momento desde a sua conceção ou aquisição até ao fim de vida. Neste sentido, o ciclo de vida de um ativo pode não coincidir com o período em que uma organização está responsável pelo ativo. O termo ativo é bastante utilizado na sociedade atual, apresentando diferentes significados dependendo da circunstância, área ou setor em causa, sendo possível identificarem vários tipos de ativos, designadamente ativos (Karlsson e Kack, 2014): i) financeiros; ii) humanos; iii) de Informação; iv) intangíveis; v) físicos. Na Figura 1 estabelece-se a inter-relação entre os diferentes tipos de ativos.

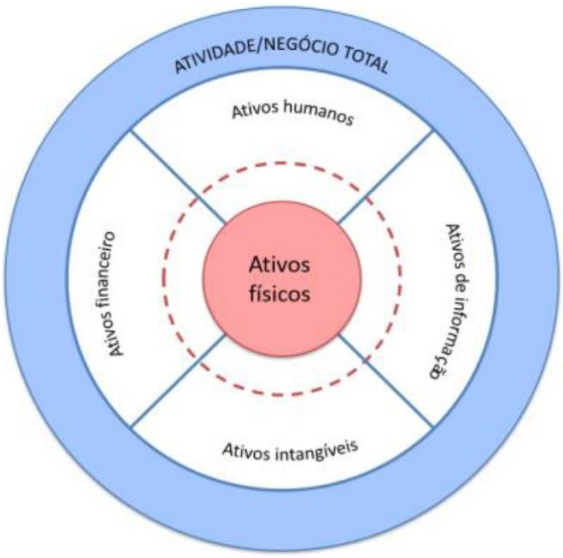


Figura 1 – Relação entre os diferentes tipos de ativos, adaptado de (CIRIA, 2009)

A gestão de ativos é o conjunto de atividades coordenadas que uma organização usa para que os seus ativos gerem valor, exigindo que seja examinada a necessidade e o desempenho dos ativos em diferentes níveis hierárquicos (ativos individuais ou conjuntos integrados que compõem o sistema de gestão de ativos) e a aplicação de diferentes abordagens analíticas em fases distintas do ciclo de vida do ativo. A atividade de gestão de ativos olha para os ativos físicos como um sistema passível de sofrer mudanças e que se vai deteriorando com o tempo e com o uso, até que por fim, se nada for feito para o evitar, acabará por deixar de servir o seu propósito inicial. No fundo é o reconhecimento de que os ativos possuem um ciclo de vida e que é de toda a importância saber delineá-lo e explorá-lo, por forma a obter o máximo de benefícios para os seus detentores, nomeadamente: i) Redução dos custos totais com a operação; ii) potencialização do desempenho do ativo; iii) redução de potenciais impactos de saúde causados pela degradação do ativo; iv) redução de riscos de segurança adjacentes à utilização do ativo; v) minimização do impacto ambiental (Simões *et al*., 2019a). De facto, uma boa gestão de ativos permitirá atingir o melhor balanço de benefícios para os detentores dos ativos (Davis, n.d.).

A implementação de um sistema de gestão de ativos físicos (SGAF), baseado na família das normas ISO 5500X, é uma decisão estratégica para uma organização, uma vez que equilibra os custos e riscos, aumentando a qualidade do serviço e o seu desempenho operacional. Nas infraestruturas de utilização pública, a gestão de ativos físicos tem por objetivo obter o melhor compromisso e adequabilidade do ativo ao fim a que se destina, tendo em conta o custo de oportunidade e o custo de substituição. Neste sentido, a aplicação dos princípios de gestão de ativos físicos implica uma análise do custo de prestar um determinado serviço (Simões *et al*., 2019a). Com vista à realização com sucesso do processo de gestão de ativos, torna-se necessário implementar sistemas de gestão de ativos físicos adequados e compatíveis. Geralmente dentro das organizações recorre-se a modelos específicos, que podem ser simples, ou mais complexos, envolvendo, por exemplo, simulações e análises quantitativas, usando técnicas sofisticadas e ferramentas que fornecem uma extensa informação (Petersdorff, 2013). Estes modelos mais sofisticados facilitam a avaliação do ciclo de vida do ativo e, de um modo geral, apoiam-se na gestão do ativo em matéria de minimização do custo do ciclo de vida (CCV). No entanto, são ainda necessários desenvolvimentos para que os sistemas de gestão de ativos das infraestruturas atinjam um nível de maturidade que permita modelar a sustentabilidade das decisões (Almeida e Cardoso, 2010).

3. ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA

O CCV é definido na norma internacional ISO 15686-5, como o custo de determinado ativo ou das suas partes durante todo o seu ciclo de vida, enquanto cumprir os requisitos de desempenho para os quais foi projetado. Neste documento, o intervalo determinado como ciclo de vida é definido como o conjunto das fases consecutivas e interligadas do ativo em consideração, devendo o valor do CCV ser obtido através de uma metodologia que permita a avaliação sistemática dos CCV durante um período de análise e conforme o âmbito da mesma. O CCV insere-se num conceito mais abrangente, o conceito de Custo Total do Ciclo de Vida (CTCV). O CTCV é definido, também pela norma ISO 15686-5, como o conjunto de todos os custos e benefícios significativos e relevantes, iniciais e futuros, de um ativo ao longo do seu ciclo de vida, enquanto preencher os requisitos de desempenho. Ou seja, o CCV deve ser utilizado para descrever análises limitadas a algumas componentes e engloba todas as operações que ocorrem desde a sua aquisição, passando pela operação e pela manutenção até ao seu fim de vida, enquanto o CTCV deve ser entendido como um termo mais alargado, cobrindo uma análise mais abrangente (Langdon, 2007). A relação estabelecida encontra-se explanada na Figura 2.

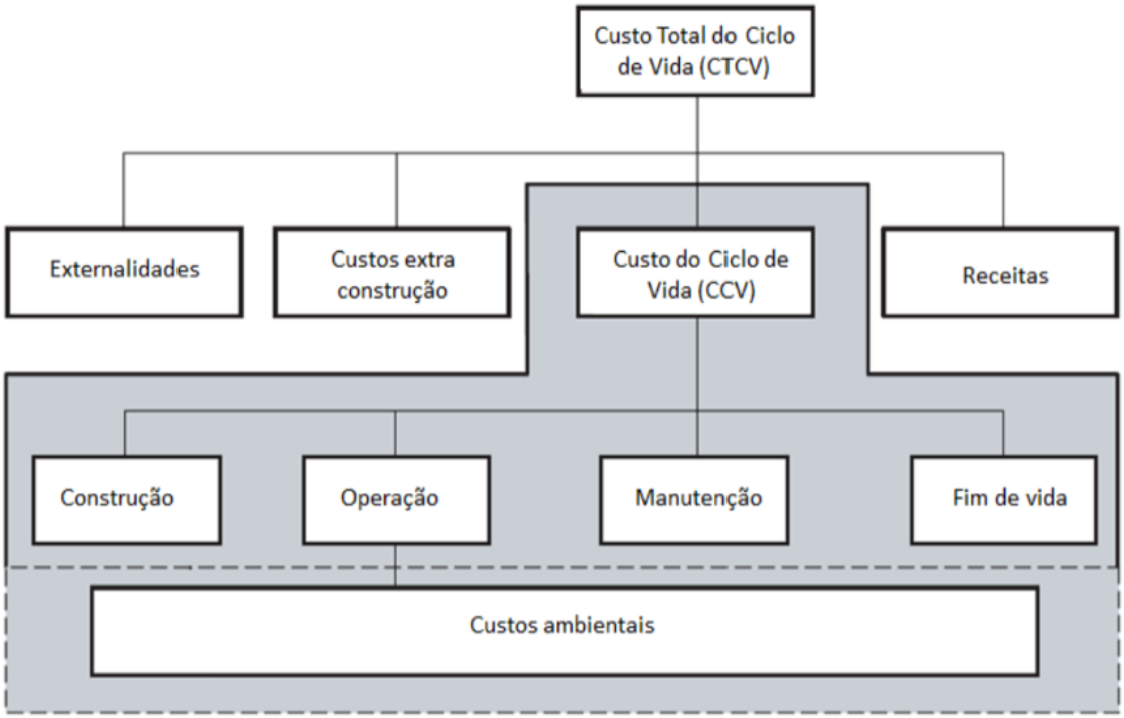


Figura 2 – Elementos referentes ao CTCV e ao CCV, adaptado de (ISO 15686-5, 2008)

O conceito de Análise do custo do ciclo de vida (ACCV) reside na providência de estimativas acerca dos impactos ambientais acumulados por um ativo ao longo do seu ciclo de vida (Matos, 2016). A ACCV tem como principal objetivo escolher a alternativa mais rentável de um conjunto de hipóteses, quantificando as implicações a longo prazo das decisões tomadas ao nível de projeto, nos custos futuros de manutenção e reabilitação, com vista a atingir o menor custo possível do produto a longo prazo.

Para obter uma ACCV eficaz é importante desenvolver, numa primeira fase, critérios específicos que quantifiquem a eficiência das alternativas propostas. Numa fase seguinte, devem ser identificados e calculados todos os custos e benefícios de cada solução baseados na informação disponível, seguindo-se a avaliação de todas as alternativas. Para finalizar, procede-se à comparação de alternativas e avaliam-se as incertezas e riscos das mesmas para ver qual a que responde melhor aos objetivos propostos, interpretando os seus resultados e apresentando um relatório final (Bragança, Pinheiro, Mateus *et al.,* 2010). A informação de relevância para o desenvolvimento de uma ACCV divide-se essencialmente em: i) informação relativa a descontos, que inclui taxas de desconto, taxas de inflação e período de estudo; e ii) informação relativa a custos, que inclui informação de custos e tempo do ciclo de vida associado às atividades a ser realizadas, isto é, as fases do ciclo de vida (Kishk, Al-Hajj, Pollock *et al*., 2003). Uma ACCV engloba diversos parâmetros que vão desde os mais gerais até aqueles mais específicos. No caso dos ativos físicos construídos, existem custos diretamente associados ao terreno de construção e custos financeiros que imergem nos diferentes impactos económicos que podem surgir, podendo ainda existir custos que resultem da recuperação de materiais ou de impostos sobre os rendimentos.

4. REQUISITOS PARA SISTEMA DE GESTAO DE ATIVOS BASEADA NO CUSTO DO CICLO DE VIDA

A proposta para a definição de um SGAF baseada nos conceitos CCV e, consequentemente da ACCV, resulta da agregação dos requisitos patentes no Guia Prático de Aplicação de Gestão de Ativos – Sistemas de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais (APDA, 2017) com documentos normativos internacionais, designadamente a ISO 15685-5, ISO 5500x, a abordagem proposta pelo consultor Davis Langdon (Langdon, 2007,

a EN 60300-3-3; e a EN 16627). Trata-se de uma metodologia dividida em cinco (5) fases que se pretendem que se desenvolvam de forma interligada e sequencial.

Na Fase 1 (Elaboração do Plano Estratégico para a GAF na organização) deve desenvolver-se um plano em que seja possível mostrar a relação entre os objetivos definidos e os objetivos organizacionais, expondo os processos e atividades realizadas com o intuito de alcançar os objetivos estipulados. Neste sentido, devem ser estabelecidos os objetivos considerando os requisitos das partes interessadas, identificando-se os Objetivos Estratégicos, Táticos e Operacionais associados às atividades desenvolvidas nas organizações. Para o efeito devem ser consultados os Planos de Atividades das organizações gestoras dos ativos físicos referentes aos anos em análise. Caso os casos em que se verifique que os Objetivos Estratégicos, Táticos e Operacionais, não se encontram definidos, deve-se proceder à sua definição de forma a atingir com sucesso os resultados pretendidos.

Na Fase 2 (Inventários dos ativos Físicos) procede-se a um inventário recolhendo toda a informação necessária para a sua gestão adequada. Neste sentido, recomenda-se que a inventariação, de uma forma geral, seja organizada por: i) Tipologia de ativos em análise; ii) localização dos ativos e da sua respetiva identificação; iii) classificação dos ativos face às fases de ciclo de vida em que se encontra (projeto, construção, operação, manutenção e fim de vida); iv) estado de exploração; v) data de construção/ aquisição (data, ano ou década), dado que nem sempre ser possível determinar o dia exato; vi) data de entrada em funcionamento (data, ano ou década) dado nem sempre ser possível determinar o dia com exatidão; vii) importância/ relevância do ativo; viii) avaliação patrimonial, isto é o valor global dos ativos (€); ix) lista de equipamentos, compreendendo elaboração de listas com os principais equipamentos e complementarmente com caracterização básica em função do elemento (tipo ou função; data de aquisição; data de entrada em funcionamento; marca e modelo; outros).

Relativamente à Fase 3 (Condição de desempenho dos ativos) considera-se como requisitos a contemplar: i) Registos das ocorrências de falhas e avarias (equipamentos), identificando claramente o ativo afetado, e incluir identificação do ativo e componente, data (e hora) de deteção da falha e avaria, data (e hora) da reparação ou duração da falha ou avaria, motivo / origem da falha (falha de equipamento / componente, falha de energia provocada por terceiros); ii) estado geral de conservação (equipamento/edifício), entre mau, aceitável e bom); iii) grau de obsolescência (equipamento/edifício), sinalizando / identificando os ativos com partes ou componentes que apresentem dificuldades acrescidas, ou mesmo impossibilidade, de reparação ou substituição, em caso de avaria; iv) registo de reclamações (informação complementar) com identificação do ativo (equipamento/edifício) e o local onde está, do tipo de ocorrência (data e hora da comunicação, data da resolução do problema) do motivo da ocorrência, do tempo de resposta final; v) eficiência dos processos (informação complementar). Ativos com processos que apresentem eficiências reduzidas devem ser identificados, no sentido de serem devidamente classificados.

Na Fase 4 (Definição de Custos – Análise do Custo do Ciclo de Vida), para a definição de CCV em organizações, foi usada a metodologia ACCV, seguindo as etapas propostas na mesma, na expectativa de obtenção de resultados na sua aplicação (Quadro 1).

Para finalizar, na Fase 5 (Sugestões de Melhoria), efetua-se uma análise detalhada da aplicação do sistema de gestão de ativos proposto para a organização gestora dos ativos, procedendo-se, caso necessário, à apresentação e desenvolvimento de propostas para a sua melhoria, com vista a aumentar a qualidade do serviço prestado através de uma alternativa economicamente mais vantajosa associada a um menor preço (rentabilização de custos).

Quadro 1 – Proposta de requisitos para determinação do CCV num sistema de gestão de ativos

Requisitos	**Resultados esperados**
Identificação do propósito da análise	Assegurar o bom funcionamento dos ativos com os menores custos possíveis para a organização/entidade gestora de ativos.
Identificação dos requisitos dos ativos	Assegurar um grau elevado de resistência e durabilidade dos ativos, tendo em conta o horário de funcionamento diário. Assegurar as funções a que se destina com o menor custo possível. Verificar caso a caso se os ativos em análise têm ou não retorno financeiro associado.
Identificação do âmbito da análise	Incluem-se custos das fases de operação e de manutenção. Custos de fim de vida são contabilizados dependendo do tipo de organização/entidade gestora dos ativos (por exemplo no setor público é prática comum que os edifícios sofram intervenções e continuem a servir a sua função inicial ou outra, sendo que raramente se dá por finalizada a vida de um edifício).
Identificação do período de análise e os métodos de avaliação económica	Período de análise estabelece-se em 50 anos. Método de avaliação económica – Valor Atualizado Líquido (VAL).
Definição dos parâmetros de avaliação e das categorias de custos	Classificação proposta pela ISO 15686-5.
Identificação de opções a incluir na análise	Identificação de soluções alternativas para a análise. Definição de como as soluções alternativas são consideradas (por exemplo substituição ou não de equipamentos, reabilitação ou não em determinados edifícios).
Reunir custos e respetivos perfis temporais para serem usados na análise	Consulta do Orçamento de Receita e o Orçamento de Despesa da organização/entidade gestora de ativos, contemplando cada um deles atividades, projetos e estudos efetuados.

5. CONCLUSÕES

Num período em que, nos países com economias mais desenvolvidas, a vida das cidades assenta num conjunto de ativos físicos construídos (infraestruturas de engenharia ou edifícios) torna-se importante desenvolver mecanismos de apoio à decisão e estabelecer sistemas organizativos que permitam o equilíbrio e a rentabilidade sustentável deste tipo de ativos.

A preocupação crescente com os ativos físicos de uma determinada organização/entidade gestora de ativos, e o interesse na sua otimização, faz com que seja cada vez mais exigida uma maior rentabilização dos investimentos através do controlo do seu CCV. A ACCV, se adequadamente aplicada em ativos construídos, poderá dar um excelente contributo para SGAF mais eficazes que promovam o planeamento da gestão ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos potenciando a realização e otimização de valor.

A proposta de requisitos apresentada, pode trazer um contributo da maior relevância para uma análise direcionada para a componente económica dos ativos físico podendo ainda ter um papel da maior relevância na promoção da sua sustentabilidade futura.

A aplicação desta proposta a um caso prático exemplificativo que contribuirá para a melhor compreensão do tema encontra-se em desenvolvimento e será objeto de futuras publicações.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.; CARDOSO, M., 2010 – **Gestão patrimonial de infraestruturas de águas residuais e pluviais: uma abordagem centrada na reabilitação**. Guia Técnico n.17 ERSAR. Lisboa: LNEC, IST.

APDA, 2017 – **Guia prático de aplicação de gestão de ativos a sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais**. Comissão especializada de Gestão de ativos; colab. Ana Vanessa Martins *et al*. Lisboa: Associação Portuguesa da Distribuição e Drenagem de Águas. 104pp.

BRAGANÇA, L.; PINHEIRO, M.; MATEUS, R. AMOÊDA, R. *et al*., 2010 – **Life cycle cost as base to define low cost sustainable building solutions**. In proceedings of Portugal SB10 Sustainable Building Affordable to All – Low Cost Sustainable Solutions.

CIRIA, 2009 – **Whole-life infrastructure asset management: good practice guide for civil infrastructure**.. London. CIRIA C677

DAVIS, Robert, n.d – **An Introduction to Asset Management. A simple but informative introduction to the management of physical assets**. Chesteur: Published by blah design ltd. 978-0-9571508-3-6.

GONÇALVES, E., 2016 – **Custo do ciclo de vida como ferramenta para a gestão de ativos físicos – Aplicação ao aquartelamento Sede da Academia Militar**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: IST-UL.

HOVDE, P., MOSER, K., 2004 – **Performance based methods for service life prediction**. Publication 294, CIB Report. 90-6363-040-9.

ISO 15686-5:2008 – **Buildings and constructed assets – Service-life planning – Part 5: life-cycle costing**. Genéve: ISO Central Secretariat.

KARLSSON, E.; KACK, C., 2014 – **Asset management – maintenance of buildings. Special erasmus project**. Lisboa: IST-UL.

KISHK, M.; AL-HAJJ, A.; POLLOCK, R.; AOUAD, G., 2003 – **Whole life costing in construction: a state-of-the-art review.** RICS Foundation.

LAEFER, D.; MANKE, J., 2008 – B**uilding Reuse Assessment for Sustainable Urban Reconstruction**. *Journal of Construction Engineering and Management*. 134 (3), 217-227. Dublin: University College Dublin Library.

LANGDON, D., 2007 – **Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology**.

MATOS, J., 2016 – **Custo do ciclo de vida como ferramenta para a gestão de ativos físicos – Aplicação ao aquartelamento da Amadora da Academia Militar**. Dissertação de Mestrado, IST-UL, Lisboa.

ÖZKIL, A., 2003 – **Cost structure and life cycle cost (LCC) for military systems**. France: North Atlantic Treaty Organization.

PETERSDORFF, Hagen, 2013 – **Identifying and quantifying maintenance improvement opportunities in physical asset management**. Master Thesis. África do Sul: University of Stellenbosch/Department of Industrial Engineering.

SIMÕES, C.; COUTO, P.; FALCÃO SILVA, M. J., 2019 – **O custo do ciclo de vida na Gestão de ativos: levantamento de requisitos teóricos**. Relatório LNEC (em impressão).

METODOLOGIAS DE APOIO À DECISÃO EM PROJETOS DE INVESTIMENTO DE REABILITAÇÃO DO PATRIMÓNIO EDIFICADO: ANÁLISE COMPARATIVA

DECISION-SUPPORTING METHODOLOGIES IN BUILD HERITAGE REHABILITATION INVESTMENT PROJECTS: COMPARATIVE ANALYSIS





Maria João Falcão Silva [(1)], Filipa Salvado [(2)], Álvaro Vale e Azevedo [(3)]

(1) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, asalvado@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, ava@lnec.pt

RESUMO

A Análise Custo-Benefício (ACB) surge atualmente como uma ferramenta útil para auxiliar os principais intervenientes (governo, entidades públicas, empresas privadas, seguradoras, investidores privados) e esclarecer todas as partes interessadas em processos de decisão em diversas intervenções no setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). No entanto, atualmente existem métodos alternativos à ACB, que permitem o apoio à decisão e a avaliação adequada de atividades, programas e projetos de investimento nas mais variadas áreas de intervenção. Apesar de conceptualmente diferentes partilham com a ACB algumas características comuns.

O presente artigo, de cariz mais conceptual, pretende enquadrar a temática nas áreas da Economias e Gestão da Construção, permitindo identificar e apresentando algumas limitações da ACB no que se refere à sua implementação e generalização, pelo facto de esta não ter em linha de conta os efeitos redistributivos e os efeitos do retorno económico de custos ou benefícios não convertíveis em unidades monetárias. De facto, alguns analistas creem que a utilização de ACB na viabilização de projetos de investimento pode ser pouco adequada na medida em que, por exemplo, os métodos disponíveis para contabilizar o valor da vida humana podem ser influenciados pelos níveis de remuneração individual. São apresentadas e descritas de forma sumárias algumas das variantes à ACB usadas no setor AECO, designadamente a Análise Custo-Eficácia (ACE), a Análise Custo-Utilidade (ACU), a Análise Financeira (AF), a Análise Multicritério (AM). Para finalizar referem -se algumas considerações finais do levantamento efetuado, perspetivando-se os desenvolvimentos futuros a considerar no âmbito do trabalho desenvolvido.

Palavras-chave: Apoio à Decisão / Projetos de Investimento / Setor AECO

1. INTRODUÇÃO

A construção é uma atividade económica geradora de grandes impactes sobre o ambiente e sobre o património construído. Neste contexto, a União Europeia (UE) tem vindo a estabelecer metas e políticas para a redução desses impactes. A procura de soluções que alcancem as metas preconizadas pela UE tem mostrado uma tendência para o aumento da vida útil do parque edificado, através da opção pela reabilitação e sua manutenção, em detrimento da construção nova (Falcão Silva e Salvado, 2015).

Atualmente, em Portugal, muitos edifícios carecem de reabilitação urgente, tendo sido registados já em 2017 cerca de um milhão de edifícios apresentando um estado de degradação muito considerável. No entanto, as intervenções de reabilitação sobre o património construído português são ainda muito reduzidas. Neste sentido, e para contribuir para o alinhamento do setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) português com os objetivos do desenvolvimento sustentável da UNESCO, preconizados para o milénio, mais concretamente no que se refere às cidades e comunidades sustentáveis (Objetivo 11), torna-se urgente a aposta na reabilitação do património construído nacional, fundamentada por estudos de viabilidade que compreendam diversas áreas, designadamente: técnica, financeira, económica, ambiental, social, cultural, etc. (INE, 2013).

Face ao exposto, parece claro que a utilização de metodologias de apoio à decisão baseadas em Análises Custo-Benefício (ACB), em Análises Custo-Eficácia (ACE), em Análises Custo-Utilidade (ACU), de forma mais simples e objetiva, em Análises Financeiras (AF) e/ou em Análises Multicritério (AM), parecem poder contribuir de forma muito positiva para apoiar e fundamentar decisões relativas a projetos de investimento de intervenções ao nível da reabilitação do património construído português.

2. ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO

2.1. Antecedentes

A Análise Custo-Benefício (ACB) foi proposta pela primeira vez, pelo engenheiro francês Jules Dupuit (1804-1866) (Shapiro, 2010), que usou o método para quantificar a utilidade das obras públicas. Posteriormente, e sob o impulso do economista britânico Alfred Marshall, a ACB tornou-se um sinónimo de projetos de obras públicas, tendo vindo desde então a ser aplicada na análise de projetos nas áreas dos transportes, saúde pública, justiça, defesa, educação e ambiente, entre outros. O desenvolvimento prático da ACB surgiu como resultado do impulso proporcionado pela Lei Federal da Navegação de 1936, que tornou obrigatório que os projetos desenvolvidos pelo U.S. Corps of Engineers contemplassem ACB (HBCA, 2006).

A Lei de Controlo de Inundações de 1939 foi fulcral no estabelecimento da ACB como política federal, exigindo que *"os benefícios acumulados ao longo do ciclo de vida de um projeto ultrapassem os custos estimados"* (Guess e Farnham, 2000). O alargamento da aplicação da ACB à política pública começou a partir da obra de Otto Eckstein, que já na década de 50 estabeleceu um fundamento baseado na economia do bem-estar para a ACB e sua aplicação no desenvolvimento dos recursos hídricos (Eckstein, 1958).

Ao longo da década de 60, a ACB foi amplamente difundida nos EUA para projetos relacionados com qualidade da água (Kneese, 1964), viagem de recreação e lazer (Manual, 2003) e conservação de terras (Brealey, Allen, Myers, 2007). Durante este período, nos EUA, o conceito de valor da opção foi desenvolvido para representar o valor intangível de preservação de recursos (Weisbrod, 1964). A ACB foi posteriormente expandida para abordar tanto benefícios intangíveis como benefícios tangíveis de políticas públicas em diversas áreas.

A generalização do uso da ACB no processo de regulamentação nos EUA é associada à administração do presidente Reagan. Embora o uso da ACB na elaboração de políticas dos EUA remonte a meados do século XX,

foi só com a ordem executiva que a ACB foi tornada obrigatória em todo o processo regulatório (Falcão Silva e Salvado, 2015).

Ainda na década de 1980, as críticas à implementação da ACB começaram a surgir, salientando-se: i) o facto de a ACB poder ser usada para objetivos políticos na medida em que o debate sobre o mérito de comparações de custo e benefício pode ser utilizado para contornar as metas políticas ou filosóficas, regras e regulamentos; ii) o facto de a ACB ser poder ser considerada antirregulamentar, pelo que não poderá ser considerada como ferramenta de análise neutra ou imparcial e iii) o facto do período de tempo necessário para completar uma ACB poder criar atrasos muito significativos, o que pode impedir/inibir a publicação de regulamentação e/ou de decisões de foro político (FEMA, s/d) (Guide, 2003) (Guide, 2014). As críticas continuaram até a década de 90, sob a administração Clinton e incluíram avaliações duvidosas, descontando-se os valores futuros e o cálculo do risco, e que foram utilizadas para argumentar que a ACB não deve estar associada no processo regulatório. O uso da ACB no processo regulatório continua difundido na administração Obama, embora o debate sobre o seu valor prático e objetivo continue (Heinzerling, 2000).

A ACB mantem-se ainda controversa aos olhos de muitos; assim, ainda nos dias de hoje alguns analistas se opõem à sua utilização na formulação de políticas públicas, enquanto outros defendem a sua utilização (Ward, Deren, D'Silva, 1991) (World Bank, 1994) (Weiss, 1998). No entanto, o uso sistemático da ACB tem vindo a ser amplamente desenvolvido por organizações internacionais, tendo vindo a desempenhar um papel importante na avaliação de projetos infraestruturais de grande envergadura, particularmente nos sectores dos transportes e do ambiente, onde é mais fácil quantificar e converter em unidades monetárias os efeitos não mercantis, nomeadamente os que são cofinanciados pelo FEDER, o Fundo de Coesão e o ISPA (Instrumento Estrutural de Pré-Adesão), e constitui um requisito fundamental para o cofinanciamento comunitário consagrado nos regulamentos da UE (EVALSED, 2013) (Guide, 2003) (Guide, 2014).

2.2. Fundamentação teórica

A teoria subjacente à ACB tem vindo a ser desenvolvida com maior intensidade ao longo dos últimos 50 anos. Trata-se de uma teoria baseada na noção de preferência humana, que se encontra ligada à "utilidade" ou "bem-estar" por regras e axiomas rigorosos. Os seus princípios e práticas encontram-se bem definidos e estabelecidos, o que é evidenciado pela diversidade de bibliografia disponível nos meios académicos, técnicos e governamentais (Falcão Silva e Salvado, 2015).

A ACB é uma ferramenta analítica quantitativa essencial para estimar os benefícios económicos dos projetos e a eficiente alocação de recursos. O nível de análise utilizado deve ser definido em referência à sociedade em que o projeto tem um impacto relevante. Em princípio, todos os impactos devem ser avaliados: financeiros, económicos, sociais, ambientais, entre outros. O objetivo de uma ACB é identificar e atribuir um valor monetário a todos os impactos possíveis a fim de determinar os custos e benefícios de uma atividade ou projeto; depois, agregam-se os resultados (benefícios líquidos) e tiram-se conclusões sobre se o projeto é desejável e vale a pena ser executado (Mishan, 1994).

Uma ACB traduz em método para avaliar o impacto económico líquido de um projeto de investimento, podendo ser utilizada numa diversidade de intervenções (Ward, Deren, D'Silva, 1991), e assentando na redução a valores monetários de todos os custos e benefícios, mesmo quando estes são de carácter intangível, passando por várias correções, nomeadamente: i) distorções de preços; ii) monetarizações de impactos não monetários; iii) inclusão de efeitos indiretos e iv) utilização de uma taxa de atualização social diferente da financeira.

A ACB justifica-se quando a atividade económica dá origem a custos ou benefícios sociais que excedem os privados (Guide, 2003) (Guide, 2014) (CEPS, 2013). A ACB permite determinar se os benefícios futuros serão suficientes para justificar os custos atuais de projetos de investimento (Guide, 2003) (DG-EC, 2003). Os custos e

os benefícios devem ser avaliados numa base incremental, levando em consideração a diferença entre o cenário do projeto e um cenário alternativo sem o projeto. Os custos e benefícios podem ser suportados e ocorrer a diferentes níveis geográficos, pelo que tem de ser tomada uma decisão sobre quais os custos e benefícios a considerar. Isto depende habitualmente do tamanho e âmbito do projeto (Guide, 2003) (Guide, 2014) (Mishan, 1994) (Little, MirrleesI, 1974) (Shofield, 1989) (Dinwiddy, Teal, 1996) (UE, 2006).

A ACB prevê regras para agregar preferências de modo a que seja possível falar de uma preferência "social" em favor ou em detrimento de outra. As preferências são tendencialmente reveladas no mercado por meio de decisões de gastar ou não gastar. Daí a "vontade de pagar" ou "*willingness to pay*" torna-se o principal meio de medir preferências e o dinheiro torna-se o meio que permite a agregação de preferências. Relativamente a perdas potenciais, a "vontade de aceitar a compensação" ou "*willingness to accept compensation*" pode também ser usado. Este tipo de análise traduz um procedimento sistemático para a avaliação de decisões que têm um impacto direto na sociedade, permitindo estudar a viabilidade de projetos e avaliar os seus impactos com base na comparação dos custos e dos benefícios num determinado horizonte temporal (Mishan, 1994).

O impacto do projeto deve ser avaliado em comparação com objetivos pré-determinados. Avaliando um projeto em comparação com indicadores microeconómicos, a ACB pode avaliar a sua coerência em relação a objetivos macroeconómicos específicos e a sua importância para os mesmos. Ao estimar os impactos potenciais de um projeto, os analistas enfrentam sempre uma incerteza. Podem ser considerados impactos ao nível municipal, regional, nacional e mesmo comunitário (Guide, 2003) (Guide, 2014) (Mishan, 1994) (Little, MirrleesI, 1974) (Shofield, 1989) (Dinwiddy, Teal, 1996) (UE, 2006).

Uma ACB adiciona rigor a uma avaliação de projeto na medida em que, entre outras coisas, explicita as ligações entre as entradas (*inputs/custos*) e os resultados (*outcomes/benefícios*), clarifica os pressupostos de base e aponta eventuais lacunas na informação. A expressão dos resultados (benefícios) e das entradas (custos) em valores monetários facilita a comparação de diferentes intervenções bem como as diversas opções consideradas para o desenvolvimento de uma determinada atividade, projeto ou programa (Falcão Silva e Salvado, 2015).

2.3. Descrição da metodologia

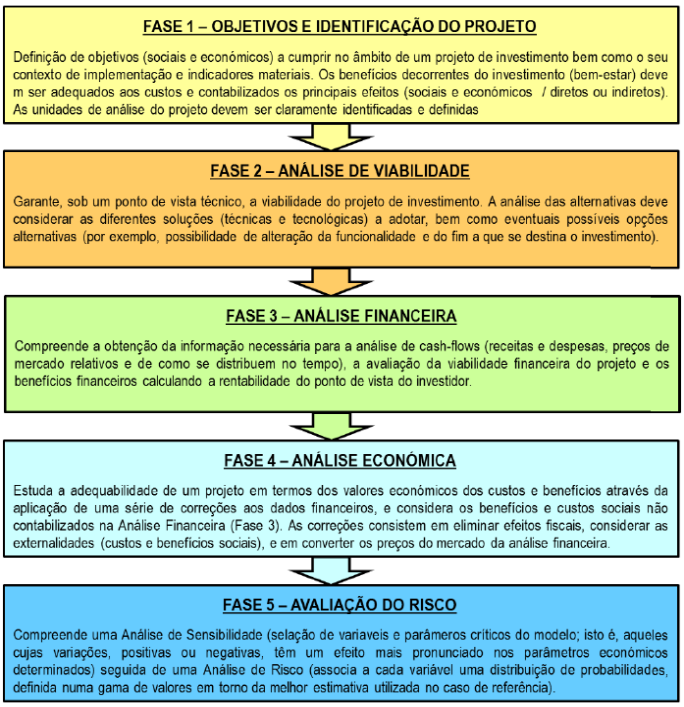


Figura 1 – ACB – Fases estruturantes, adaptado de (Falcão Silva e Salvado, 2015)

A ACB é explicitamente exigida pelos novos regulamentos da União Europeia que regem os Fundos Estruturais, o Fundo de Coesão e o Instrumento Estrutural de Pré-Adesão, no caso de projetos de investimento cujos orçamentos excedam, respetivamente, 50, 10 e 5 milhões de euros (Falcão Silva e Salvado, 2015). No *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects: Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020* (Guide, 2014) é proposta uma metodologia para desenvolvimento de ACB, que compreende cinco fases sequenciais (Figura 1).

3. METODOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA APOIO À DECISÃO

Conforme referido em 1 existem métodos alternativos, à ACB, que permitem a avaliação adequada de atividades, projetos e programas com vista a apoiar a decisão de intervir ou não. A Análise Custo-Eficácia (ACE), a Análise Custo-Utilidade (ACU), a Análise Financeira (AF) e a Análise Multicritério (AM) são exemplos disso. Apesar de conceptualmente diferentes partilham com a ACB algumas características comuns, conforme se pode constatar pelo descritivo apresentado em seguida para cada um deles.

3.1. Análise Custo-Eficácia (ACE)

Uma Análise de Custo-Eficácia (ACE) tem por propósito determinar o custo de atingir um determinado objetivo físico específico, podendo ser realizada a partir de uma perspetiva nacional ou local. As ACE diferem das ACB na medida em que os benefícios são expressos em unidades físicas e não em unidades monetárias. Os custos, como nas ACB, são expressos em termos monetários. As abordagens baseadas em ACE são particularmente úteis nas áreas da saúde, segurança a acidentes e educação onde muitas vezes é mais fácil quantificar benefícios em termos físicos do que a valorizá-los em termos monetários (por exemplo, quantificar o custo por vida salva ou por criança com acesso à educação). A ACE permite uma priorização de programas ou atividades, com base em "custos por unidade de eficácia" ou, alternativamente, de "unidades de eficácia por unidades monetárias" (Bleichrodt e Quiggin, 1999).

A ACE difere da ACB em vários aspetos. Em primeiro lugar, os benefícios não são expressos em unidades monetárias e, portanto, a ACE não fornece uma medida absoluta do benefício para a economia do projeto. Em segundo lugar, as alternativas a serem avaliadas devem ser da mesma natureza, o que muitas vezes é difícil concretizar. Em terceiro lugar, o procedimento de desconto é aplicado frequentemente apenas para o lado do custo da análise. A distinção entre produtos e resultados é por vezes nebulosa na determinação da relação custo-eficácia (CE) de um projeto (por exemplo, sendo muitas vezes referidos ambos como "resultados") (Bleichrodt e Quiggin, 1999) (Austrália, 2006).

As ACE ligam os resultados com os custos envolvidos. Tecnicamente, e seguindo uma ACE, os serviços podem ser prestados de forma eficiente em termos de número de serviços prestados por unidade monetária gasta (saída), mas o impacto do serviço pode ser insignificante quando medido em relação aos objetivos definidos (resultado), o que pode tornar a alternativa considerada ineficaz (relação custo-ineficácia). Os agentes decisores preocupam-se com o nível e valor dos resultados em relação aos seus custos, bem como a eficiência técnica e eficácia do projeto (Bleichrodt e Quiggin, 1999).

A execução de uma ACE envolve a identificação dos benefícios relevantes para o projeto ou atividade, sendo esses benefícios expressos em unidades físicas (por exemplo, vidas salvas, toneladas de resíduos perigosos reduzido, o número de crianças vacinadas). Como indicado anteriormente, os custos associados são expressos em unidades monetárias. A relação CE de uma proposta pode ser medida pelas razões de custo-eficácia (RCE). A razão mais simples é calcular o custo médio por unidade de eficácia. Esta é representada matematicamente de acordo com a equação seguinte (Austrália, 2006):

$$RCE = \frac{C}{E} \quad (1)$$

em que, CE é a razão custo-eficácia do projeto, C é o custo (medido em unidades monetárias) e E representa a eficácia (medida em unidades físicas).

Os agentes decisores e os gestores podem, no entanto, estar mais interessados em determinar se um novo projeto (proposta) é preferível à manutenção de um projeto em curso. Quando for este o caso, a relação custo-eficácia incremental (RCEI) pode ser utilizada (Austrália, 2006):

$$RCEI = \frac{\Delta Custos}{\Delta Eficácia} = \frac{(C_n - C_c)}{(E_n - E_c)} \quad (2)$$

em que, C_n traduz o custo de um novo projeto, C_c corresponde ao custo de manter o projeto existente (em curso), E_n traduz a eficácia de um novo projeto e E_c a eficácia de continuar com o projeto existente (em curso).

Para cada alternativa (ou opção) de projeto pode ser determinada a RCE ou a RCEI. Quanto menor a razão dada por (1) ou por (2), maior será o custo-eficácia do projeto. Uma vez efetuados os cálculos, cada alternativa proposta poderá ser classificada do melhor custo-eficácia (RCE ou RCEI menor) para o menor custo-eficácia (RCE ou RCEI maior).

A ACE é útil na maioria das vezes, quando os benefícios de uma proposta são difíceis de quantificar em termos monetários, mas o governo pretende saber qual das opções conseguirá alcançar benefícios sociais ou governamentais mais rentáveis. Quando os mercados são competitivos e a maioria dos custos e benefícios refletem nos preços de mercado, a AF pode fornecer uma orientação adequada para estudar a viabilidade social de uma determinada proposta (atividade, projeto ou programa) (Bleichrodt e Quiggin, 1999; Austrália, 2006).

3.2. Análise Custo-Utilidade (ACU)

A Análise de Custo-Utilidade (ACU) é uma metodologia que compara duas ou mais escolhas alternativas, em termos de custos e resultados, onde os resultados são medidos em unidades de utilidade ou preferências, frequentemente, como um ano de vida ajustado a qualidade (*quality-adjusted life-years – QALY*). A ACU é uma forma de avaliação que se debruça de modo particular sobre a qualidade dos resultados, principalmente na área da saúde, produzidos pelas intervenções em determinada área específica (Neto e Garcia, 2011). A ACU é vista como um método particularmente útil para sintetizar diferentes resultados de saúde e ajustá-los por qualidade de vida antes de associar o parâmetro custos para a comparação entre intervenções ou projetos (Drummond, Sculphe, O'Brien *et al*., 2005) A diferença de qualidade de vida pode ser avaliada através de instrumentos que medem estados de saúde (focalizando diferentes benefícios e danos) associados a métodos que avaliam a preferência (paciente ou população) pelo estado de saúde propiciado por diferentes alternativas (Rocha, 2013).

Existem semelhanças entre a ACE e a ACU, inclusive muitos autores consideram que a ACU é um caso particular de ACE, na qual o denominador é medido em termos do ganho de vida ajustados à qualidade. Tal como na ACE, questões relacionadas como se inclui ou não as perdas de produtividade ou se desconta os efeitos futuros continuam presentes. No entanto, os dois tipos de avaliação económica, ACE e ACU, diferem significativamente na forma de medir os resultados. Enquanto na ACE o resultado pode ser final (vidas salvas, por exemplo) ou intermédio (por exemplo, casos detetados), na ACU os resultados intermédios são inadequados por não poderem ser convertidos em medidas de desfecho requeridas para a ACU, como os QALY ganhos (Rocha, 2013).

A ACU foi desenvolvida para resolver o problema da ACE que só consegue expressar o benefício numa medida única, permitindo incluir uma extensa gama de resultados relevantes com um método capaz de combinar resultados. Em termos de vantagens pode-se dizer que permite a integração dos efeitos de um único valor de

utilidade. Relativamente às limitações apresenta alguns problemas de validade no que se refere a instrumentos de medida de utilidade (Neto e Garcia, 2011).

3.3. Análise Financeira (AF)

A Análise Financeira ou 'avaliação de investimento" (AF) é geralmente conduzida a partir da perspetiva de uma empresa (organismo) ou de agência individual e não do ponto de vista da comunidade como um todo. A maior preocupação reside na avaliação do impacto de um programa ou projeto no próprio desempenho financeiro da organização. Uma AF pode ser usada para responder se uma determinada proposta oferece um retorno aceitável sob o ponto de vista financeiro, bem como para a determinação do menor método de aquisição de custos (Cohen, 1995; Austrália, 2006).

Nas AF apenas os fluxos de caixa (*cash flows*) de entrada (receitas) e de saída (despesas) da organização são consideradas; sendo excluídos os fluxos de caixa envolvendo outros intervenientes no processo, bem como os custos e benefícios "inestimáveis". Ao contrário do que acontece nas ACB, os valores monetários relevantes incluem os efeitos de impostos e subsídios sobre a organização em questão (Austrália, 2006). A AF tenta determinar o benefício financeiro líquido (ou perda) de uma determinada organização, em vez de o benefício líquido (ou perda) para a economia ou a sociedade, só sendo contemplado o dinheiro que flui para dentro e para fora da organização. Com uma AF, a comparação é efetuada entre as receitas e despesas associadas a uma determinada atividade, que traduzem um fluxo de caixa líquido. Como tal, uma AF é essencialmente uma análise direta de fluxos de caixa (*cash flows*). Em AF não são considerados os custos ou benefícios externos (externalidades) (Brealey, Myers, Allen, 2007). Quando os mercados são competitivos e a maioria dos custos e benefícios refletem-se nos preços de mercado, a AF pode fornecer um guia adequado para a viabilidade social de uma proposta. A AF é igualmente importante quando o governo como um todo ou uma agência governamental tem objetivos financeiros ou responsabilidades para dar resposta ou, ainda, quando está subjacente uma decisão puramente financeira (Cohen, 1995; Austrália, 2006).

A avaliação financeira compara explicitamente as receitas e despesas, gerando um fluxo de caixa líquido. O fluxo de caixa líquido é então descontado para determinar o VALF da proposta. Os princípios aplicáveis `a fixação da taxa de desconto na AF são os mesmos que na ACB. As AF, à semelhança das ACE, também são importantes quando o governo como um todo ou simplesmente uma agência governamental tem objetivos financeiros ou responsabilidades a cumprir, ou quando ele está envolvido em decisões puramente financeiras, como por exemplo, numa comparação de diferentes métodos de aquisição (propriedade do governo tradicional *vs* terceirização) (Falcão Silva e Salvado, 2015).

3.4. Análise Multicritério (AM)

A Análise Multicritério (AM) traduz um instrumento de apoio à decisão e aplica-se na comparação de projetos alternativos, permitindo contabilizar vários critérios em simultâneo. Este processo deve assentar em escolhas múltiplas, sendo o tratamento dado a cada uma das escolhas condicionante no que respeita à decisão final. É normalmente usada para sintetizar opiniões expressadas, para determinar prioridades, para analisar situações de conflito, para formular recomendações ou para proporcionar orientações de natureza operacional (Clemen e Reilly, 2001; Manual, 2003; Austrália, 2006).

As aplicações da AM podem incluir (EVALSED, 2013): i) fazer recomendações sobre a repartição de uma verba ou orçamento quer o programa esteja em curso ou durante a preparação de um programa subsequente; ii) divulgar as melhores práticas, identificando áreas de sucesso e medidas mais eficazes com vista a alcançar o sucesso; iii) dar feedback sobre os métodos de seleção de projetos (escolha de critérios de avaliação, definição precisa dos critérios de avaliação, ponderação dos diferentes critérios de avaliação); iv) melhorar o processo de seleção de projetos (facilidade em transferir critérios, escalas de classificação e graus de ponderação para o sistema de seleção de projetos, se o sistema também estiver organizado com base num esquema de pontuação /

ponderação para a análise multicritério). A eficácia consideradas na estruturação de uma Análise Multicritério será admitida como sólida e imparcial desde que: i) os critérios de avaliação tenham sido validados por um grupo de acompanhamento previamente selecionado para o efeito; ii) as conclusões sobre os impactos de cada medida implementada e a matriz de classificação de impactos que as resume tenham sido validadas (por exemplo pelos assessores ao projeto ou pelo grupo de acompanhamento); iii) os coeficientes de ponderação para os critérios tenham sido estabelecidos com o apoio dos assessores e com o apoio do grupo de acompanhamento (Falcão Silva, Salvado, 2015). O modelo de AM para apoio ao desenvolvimento de projetos de investimento apresenta-se estruturado da seguinte forma (Figura 2) (Couto, Falcão Silva, Salvado, 2019):

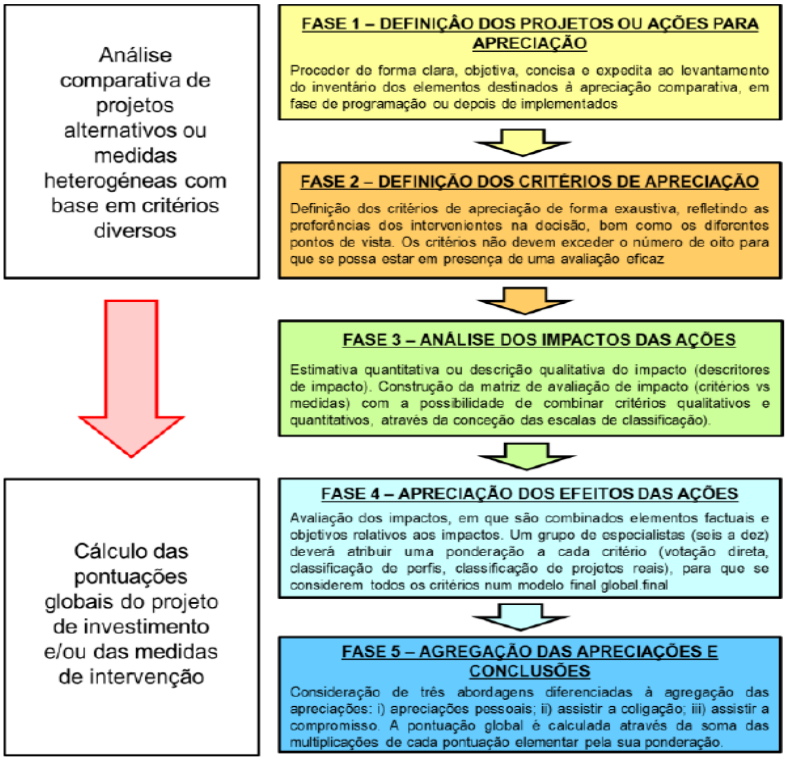


Figura 2 – AM – Fases estruturantes, adaptado de (Couto, Falcão Silva, Salvado, 2019)

4. ANÁLISE COMPARATIVA

Aos métodos apresentados, pelas suas características técnicas e científicas, permitem expressar um juízo sobre a conveniência económico-social-ambiental-cultural dos projetos, estabelecer a comparação entre diferentes alternativas de projeto e incentivar a prática de identificação e contabilização de custos e benefícios, mesmo que estes não sejam imediatamente convertíveis em unidades monetárias. Atendendo à sua natureza e forma de desenvolvimento e implementação, a maior sobreposição de verifica-se entre os métodos económicos de ACB, de ACE e de ACU (Quadro 1). A AF é em muito semelhante ao considerado durante a fase de Análise Financeira da ACB, sendo que o método de AF traduz uma análise do ponto de vista do promotor do investimento, cuja principal preocupação é a rentabilidade financeira, enquanto a perspetiva de uma ACB se encontra voltada para a economia/sociedade (maximização dos retornos sociais face aos recursos económicos disponibilizados). A AF considera preços de mercado e a ACB custos de oportunidade. No que se refere a transferência de pagamentos (taxas e subsídios) na AF estes estão incluídos enquanto na ACB se encontram excluídos. Relativamente a externalidades a AF exclui-as, enquanto a ACB as contempla (ao nível da fase de Análise Económica). Juros e desvalorização são excluídos em ambas as análises. A AM traduz uma metodologia mais flexível do que a ACB, que contabiliza simultaneamente vários critérios conflituais. Trata-se de uma metodologia que se adapta melhor ao tratamento de questões que envolvem grupos em conflito, objetivos/necessidades concorrentes e diferentes

tipos de informação. Na AM não há monetarização dos impactos das diferentes alternativas consideradas. Similarmente à ACB, a AM exige como inputs os pesos dos vários impactes originados por determinada alternativa e/ou decisão, que posteriormente terão que ser de alguma forma avaliados (por exemplo por meio de inquéritos a especialistas). Na AM há muita subjetividade na escolha dos critérios e correspondente ponderação.

Quadro 1 – ACB *vs* ACE *vs* ACU, adaptado de (Drummond, Sculpher, Claxton *et al*., 2015)

Análise	Medida de custo	Consequências	Medida de Consequências	Vantagens	Desvantagens
ACB	Unidades monetárias (UM)	Único ou vários efeitos em diferentes alternativas, mas não necessariamente os mesmos	Unidades monetárias (UM)	• Comparação direta de custos e consequências facilitada por se tratar da mesma unidade • Permite comparação com diferentes sectores da economia (por usar mesma unidade)	• Utilização de unidades monetárias em alguns sectores é controversa (por exemplo em investimentos na saúde) • Em alguns sectores de investimento carece de uma vasta base de dados
ACE	Unidades monetárias (UM)	Único efeito em diferentes alternativas, mas com graus de intensidade diferentes	Unidades naturais (por exemplo, anos de vida)	• Fácil utilização. Utiliza menos recursos • Maior facilidade de interpretação • Permite comparações incrementais	• Incapacidade de comparar algumas situações (por exemplo doenças diferentes) • Incapacidade de medir custos de oportunidade
ACE	Unidades monetárias (UM)	Único ou vários efeitos em diferentes alternativas, mas não necessariamente os mesmos	Unidade de anos de saúde (por exemplo, anos vividos com qualidade, anos de saúde equivalentes)	• Permite comparação entre vasta gama de intervenções • Possibilidade de medir custo de oportunidade • Permite comparações	• Medida de utilidade pode apresentar grau elevado de subjetividade • Em algumas circunstâncias a mesma unidade pode não ser aplicável a pessoas individuais

Para melhor perceção, a estrutura básica de cada um dos métodos identificados e apresentados encontra-se esquematizada na Figura 3.



Figura 3 – Faseamento para os diferentes métodos de apoio à decisão em projetos de investimento

5. CONCLUSÕES

A ACB para apoio à decisão em projetos de investimento no setor AECO apresenta uma mais-valia, quer técnica quer científica, pois permite: i) Expressar um juízo sobre a conveniência económico-social desses projetos; ii) estabelecer uma comparação entre diferentes alternativas de projeto; iii) incentivar a prática de identificação e contabilização de custos e de benefícios económicos, mesmo que estes não sejam imediatamente convertíveis em unidades monetárias. No entanto, a ACB apresenta algumas limitações no que se refere à sua implementação e generalização, pelo facto de não ter em linha de conta os efeitos redistributivos e os efeitos do retorno económico de custos ou benefícios não convertíveis em unidades monetárias. Para além do referido, por vezes, faz uso de critérios discricionários para quantificar custos e benefícios para os quais não existe mercado.

Na sequência de diversos estudos económicos desenvolvidos em diferentes áreas, alguns analistas e investigadores acreditam que a utilização de ACB pode ser pouco adequada, em determinadas áreas, na medida em que, por exemplo as metodologias disponíveis para contabilizar o valor de feridos e da vida humana podem ser influenciados por níveis de remuneração individual e pela localização geográfica (países desenvolvidos *vs* países em vias de desenvolvimento). Em algumas situações, e para avaliar o efeito das políticas adotadas, surgem como variantes à ACB, a Análise Custo-Utilidade (ACU), a Análise Custo-Eficácia (ACE), a Análise Multicritério (AM) e a Análise Financeira (AF). Considera-se que projetos de investimento sobre o património edificado, nomeadamente em intervenções de reabilitação, em linha com o preconizado pela EU e pelo facto de terem de incorporar diversas áreas e diferentes opiniões dos intervenientes, devem ser objeto de uma das análises apresentadas, selecionada de acordo com o problema em questão e os dados disponíveis.

O presente artigo permitiu enquadrar de uma forma genérica a temática apresentando semelhanças e diferenças entre as referidas metodologias e a ACB, bem como perspetivar a utilização das mesmas metodologias para apoio à decisão em projetos de investimento, nomeadamente ao nível da reabilitação de estruturas de edifícios, tendo em conta a avaliação de diferentes técnicas, bem como a elaboração de estudos de viabilidade e hierarquização de estratégias de intervenção no parque edificado português, de acordo com as suas especificidades.

REFERÊNCIAS

AUSTRALIA, 2006 – **Introduction to cost-benefit analysis and alternative evaluation methodologies**. Financial Management Reference Material n.º 5. Department of Finance and Administration. ISBN 1 921182008.

BLEICHRODT. H; QUIGGIN, J., 1999 – **Life-cycle preferences over consumption and health: when is cost-effectiveness analysis equivalent to cost-benefit analysis?** *J Health Econ*. 18 (6), pp. 681-708.

BREALEY, R.; ALLEN, F.; MYERS, S., 2007 – **Princípios de finanças empresariais**. McGraw-Hill de Portugal, 8ª Edição.

CEPS, 2013 – **Assessing the costs and benefits of regulation, study for the european commission**. Brussels: Secretariat General.

CLEMEN, R., REILLY, T., 2001 – **Making hard decisions with decision tools**. Duxbury Thomson Learning.

COHEN, E., 1995 – **Análise financeira**. Lisboa: Editorial Presença.

COUTO, P.; FALCÃO SILVA; M.J., SALVADO; F., 2019 – **Apoio à decisão em intervenções de reabilitação baseado em análise multicritério**. 6.º Forum Internacional de Património Arquitetónico Portugal – Brasil, Batalha, Portugal, maio.

DINWIDDY C., TEAL F., 1996 – **Principles of cost-benefits analysis for developing countries**. Cambridge: University Press.

DRUMMOND, M.; SCULPHER, M.; CLAXTON, K.; STODDART, G.; TORRANCE, G., 2015 – **Methods for the economic evaluation of health care programme.** 4th Edition. Oxford: Oxford Medical Publications, Oxford University Press.

ECKSTEIN, O., 1958 – **Water resource development: the economics of project evaluation**. Cambridge: Harvard University Press.

EVALSED, 2013 – **Guia para a avaliação do desenvolvimento socioeconómico – evalsed, manual técnico ii: métodos e técnicas (plataforma de recursos)**. Comissão Europeia e Observatóri o QREN.

FALCÃO SILVA, M. J.; SALVADO, F. 2015 – **Metodologia de apoio à decisão em intervenções de arquitetura, engenharia e construção**. Relatório 288/2015 – DED/NEG. Lisboa: Edições LNEC.

FEMA, s/d – **Federal emergency management administration, guide to benefit cost analysis**. http://www.fema.gov/government/grant/bca.shtm

GUESS, G., FARNHAM, P., 2000 – **Cases in Public policy analysis**. Washington, DC: Georgetown University Press. pp. 304-308. ISBN 0-87840-768-5.

GUIDE, 2003 – **Guide to cost-benefit analysis of investment projects**. Evaluation Unit DG Regional Policy European Commission, 154 p.

GUIDE, 2014 – **Guide to cost-benefit analysis of investment projects: economic appraisal tool for cohesion policy 2014-2020**. EUROPEAN COMMISSION, Directorate-General for Regional and Urban policy, 364 p.

HBCA, 2006 – **History of benefit-cost analysis**. Proceedings of the 2006 Cost Benefit Conference. HEINZERLING, L., 2000 – *The Rights of Statistical People, Harvard Environmental Law* Review 24, p. 189-208.

INE, 2019 – **O Parque habitacional e a sua reabilitação – análise e evolução, 2001-2011**. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística Edição 2013. http://www.ine.pt/ (acedido a 28-11-2019).

KNEESE, A., 1964 – **The economics of regional water quality management**. Baltimore: Johns Hopkins Press.

LITTLE, I., MIRRLEES, J., 1974 – **Project appraisal and planning for developing countries**. London: Heinemann Educational Books.

MANUAL, 2003 – **Manual de análise de custos e benefícios dos projetos de investimento**. DG Política Regional da Comissão Europeia.

MISHAN, E., 1994 – **Cost-benefit analysis: an informal introduction**. Fourth Edition. New York, Routledge: Unwin Hyman.

NETO, G., GARCIA, R., 2011 – **Farmacoeconomia: análise custo-utilidade**. Porto alegre: Universidade Federal de Rio Grande do Sul.

ROCHA, A., 2013 – **Análise económica de custo-utilidade aplicada ao tratamento cirúrgico da hipertrofia mamária**. Tese de Mestrado. Porto: Faculdade de Economia do Porto. 84 p.

SHAPIRO, S., 2010 – **The evolution of cost-benefit analysis in U.S. regulatory decision making**. Working Paper No.5, Jerusalem Papers in Regulation & Governance, 23 p.

SHOFIELD J., 1989 – **Cost benefit analysis in urban and regional planning**. London: Allen & Unwin.

UE, 2006 – **Orientações sobre a metodologia para a realização de análises custo-benefício**. Documento de Trabalho, Comissão Europeia, DG Politica Regional.

WARD, W.; DEREN, B.; D'SILVA, E., 1991 – **The economics of project analysis: a practitioner's guide**. EDI technical materials. Washington: World bank.

WEISBROD, B., 1964 – **Collective-consumption services of individual-consumption goods**. *Quarterly Journal of* Economics. 78 (3): 471-477. doi:10.2307/1879478.

WEISS, C., 1998 – **Evaluation: methods for studying programs and policies.** Weiss, London: Prentice Hall.

WORLD BANK, 1994 – **An overview of monitoring and evaluation in the world bank**. Operations Evaluation Department. Washington: World Bank.

IDENTIFICAÇÃO E PROPOSTA DE EXTERNALIDADES PARA ANÁLISES CUSTO-BENEFÍCIO

IDENTIFICATION AND PROPOSAL FOR EXTERNALITIES IN COST-BENEFIT ANALYSIS





Maria João Falcão Silva [(1)], Filipa Salvado [(2)], Álvaro Vale e Azevedo [(3)]

(1) LNEC, Portugal, mjoaofalcao @lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, asalvado@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, ava@lnec.pt

RESUMO

A decisão de reabilitar edifícios existentes é complexa, uma vez que os custos associados nem sempre são facilmente quantificáveis e exigirem apreciação a diferentes níveis, dada a sua relevância para todas as partes interessadas no processo de decisão. Na sequência de decisões recentes da União Europeia, torna-se essencial e urgente a realização de estudos de base económica para fundamentar as estratégias de reabilitação a adotar caso a caso. A utilização de metodologias com base em Análises Custo-Benefício (ACB) pode contribuir positivamente para fundamentar decisões relativas a projetos de investimento em reabilitação de edifícios. A ACB permite estudar a viabilidade de projetos e avaliar os seus impactos com base na comparação dos custos e dos benefícios num determinado horizonte temporal.

No presente artigo são identificados os principais impactes da reabilitação de edifícios, nomeadamente os impactes ambientais, demográficos, económicos, socioeconómicos e socioculturais que conduzem a externalidades negativas e positivas. Dada a importância de contabilizar estas externalidades numa ACB de projetos de investimento em reabilitação de edifícios é efetuada uma proposta de avaliação e de quantificação do valor destas externalidades. Para finalizar referem-se algumas considerações finais do levantamento efetuado, perspetivando -se os desenvolvimentos futuros a considerar no âmbito do trabalho desenvolvido.

Palavras-chave: Apoio à Decisão / Projetos de Investimento / Setor AECO

1. INTRODUÇÃO

A construção e a reabilitação de edifícios representam um custo significativo para os seus proprietários, mas por outro lado, também a contaminação do ar, a produção de ruído, a contaminação de águas, a ocupação do solo, entre outros impactes ambientais e sociais apresentam uma forte influência no orçamento nacional. Embora com o apoio de sistemas de gestão de edifícios mais evoluídos, possam ser efetuadas análises económicas de longo prazo em que são quantificados custos e benefícios que um edifício gera ao longo da sua vida útil, revela-se bastante mais complexo atribuir valores aos custos e benefícios, que advêm de obras de construção, associados ao ambiente e a fatores sociais (Salvado e Falcão Silva, 2015).

O presente artigo, teve por base o trabalho desenvolvido no LNEC no âmbito de uma iniciativa de investigação interna (Salvado e Falcão Silva, 2015), e tem como objetivo identificar os diversos impactes da reabilitação de edifícios, comparativamente com a construção de edifícios novos, que conduzem a externalidades positivas e negativas. Posteriormente são propostos vários métodos existentes para a avaliação e medição de externalidades de forma a serem enquadradas numa Análise Custo-Benefício de projetos de investimento em reabilitação de edifícios.

2. ENQUADRAMENTO

A dinâmica do setor da construção tendo sido frequentemente considerada como indicador do estado da economia do País, pois tem apresentado períodos de crescimento e de recessão mais profundos do que os da economia global, em fases positivas e negativas respetivamente. Na sequência da adesão à Comunidade Económica Europeia em 1986, Portugal beneficiou de importantes fundos estruturais que proporcionaram um forte desenvolvimento do setor da construção civil e obras públicas. Entre 1990 e 2000 este setor apresentou um forte dinamismo motivado pela execução de grandes projetos de construção, pela aceleração da atividade económica e pela descida das taxas de juro nominais que incentivaram a construção e compra de habitação. Esta situação refletiu-se na estrutura e modo de funcionamento das empresas, bem como na evolução do tipo e volume de emprego no setor (Baganha, Marques e Góis, 2002).

A indústria da construção é a atividade económica com maior impacte sobre o ambiente e o património natural e tem, também, um enorme impacte sobre o ambiente construído e o património arquitetónico. É também responsável por uma parcela significativa dos impactes ambientais negativos em termos de consumo final de energia (42%), emissão de gases com efeito de estufa (50%) e produção de resíduos (22%). Neste quadro, a União Europeia tem vindo a estabelecer metas e políticas para a redução destes impactes no sector da construção (INE, 2019; EC, 2008). A procura de soluções para atingir estas metas tem conduzido à opção de aumentar da vida útil dos edifícios existentes, através da sua reabilitação e manutenção em substituição da construção nova (Salvado e Falcão Silva, 2015).

A opção pela reabilitação das construções existentes em vez da sua demolição e reconstrução reduz drasticamente quer o consumo de materiais novos quer a produção de resíduos. Atualmente em Portugal, a reabilitação e edifícios tem ainda uma importância reduzida, comparando com a Europa onde esta atividade representa cerca de 35% da indústria da construção. De acordo com dados do INE (INE,2019) dos mais de 50.000 edifícios concluídos em Portugal, cerca de 20% correspondiam a obras de alteração, ampliação e reconstrução. Comparando com a última década, registou-se um acréscimo de cerca de 5,7% no número de edifícios reabilitados, sendo que a maior parte destes (66,3%) correspondem a obras de ampliação. As reconstruções correspondem à mais pequena fatia das obras de reabilitação do edificado, com um peso de 14,5%. Perante uma situação de degradação do edificado Português, torna-se necessário criar soluções sustentáveis de reabilitação

(Salvado e Falcão Silva, 2015).

Analogamente ao que está a ser efetuado em outros países europeus, e que já ocorreu nos EUA durante a década de 90 do século XX, torna-se urgente desenvolver em Portugal estudos de investigação, de base económico-científica, que permitam fundamentar análises de viabilidade económica de diferentes estratégias de reabilitação, considerando as diferentes tipologias construídas no território português e os diferentes riscos associados a cada uma delas (EC, 2008).

3. IMPACTES DA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

3.1. Ambientais

Salientam-se os seguintes impactes ambientais associados a cada uma das fases do ciclo de vida de um edifico (Salvado e Falcão Silva, 2015):

- Extração de matérias-primas: Redução das funções ambientais, danificação da paisagem e da capacidade de regeneração e redução das disponibilidades de matérias-primas;
- Produção de materiais: Emissão de substâncias nocivas para a saúde ou prejudiciais para o ambiente e deposição de resíduos;
- Seleção do local e instalação: Destruição ou redução do desempenho ambiental da área, perturbação pelo ruído e odores, segurança externa e alteração do clima (CO_2) e acidificação devida ao consumo de energia em transportes, em particular o fluxo/refluxo diário;
- Construção: Produção de substâncias nocivas para a saúde ou prejudiciais para o ambiente e destruidoras da camada de ozono;
- Utilização: Ambiente interior, alteração do clima (CO_2) e acidificação devida ao consumo de energia para aquecimento;
- Manutenção: Ataque à camada de ozono, produção de substâncias nocivas para a saúde ou prejudiciais para o ambiente; deposição de resíduos;
- Demolição: Produção de substâncias nocivas para a saúde ou prejudiciais para o ambiente, deposição de entulhos e desperdício de matérias-primas.

A opção por investimentos em reabilitação de edifícios em vez da construção nova representa benefícios para a sociedade, pois reduz significativamente o consumo de matérias-primas e de materiais e consequentemente reduz os resíduos da construção. Diminui-se também os consumos de energia e atenua-se a ocupação excessiva do solo.

3.2. Demográficos

As dinâmicas decorrentes do crescimento, do envelhecimento, da concentração urbana e das migrações, correspondem a uma determinante essencial da ocupação do território e da estruturação das cidades, com efeitos sociais também significativos Neste sentido, investimentos em projetos de reabilitação de edifícios promovem esta dinâmica urbana contribuindo com benefícios importantes para a sociedade através da redução da média de idades da população que se tem vindo a verificar elevada nas zonas mais antigas das cidades. Do mesmo modo atenua-se a densidade populacional nas zonas periféricas dos grandes centros urbanos, que se tem vindo a verificar como excessiva (RU, 2011; Salvado e Falcão Silva, 2015).

3.3. Económicos

A diminuição da criação de riqueza e de emprego das atividades produtivas e de serviços promotoras da habitação e das intervenções no espaço público, evidência de modo marcante os efeitos da crise económica e

financeira tanto no que respeita à diminuição do seu peso relativo no tecido económico, como no que se refere às alterações dos respetivos comportamentos. Assim, investimentos em reabilitação de edifícios, contribuem para a criação de emprego na indústria da construção civil que se encontrava quase paralisada (e consequente aumento do índice de emprego na construção) e criação de riqueza para o País, através da diminuição de edifícios degradados, devolutos e de infraestruturas desaproveitadas. Pode ver verificada alguma valorização imobiliária destas zonas (RU, 2011; Salvado e Falcão Silva, 2015).

3.4. Socioeconómicos

A reabilitação de edifícios devolutos nos centros urbanos provoca a migração de pessoas para estas zonas reabilitadas aumentando aí a densidade populacional. Como consequência, surgem problemas relacionados com a escassez de estacionamento, o aumento de tráfego e o aumento da poluição sonora e a emissão de gases nocivos para a saúde. Estes aspetos fazem também aumentar a necessidade de existência de mais equipamentos e serviços urbanos e comunitários. A médio prazo pode também ocorrer desvalorização imobiliária destas zonas (RU, 2011; Salvado e Falcão Silva, 2015).

3.5. Socioculturais

Este fator é relevante no que respeita ao quadro dos comportamentos dos indivíduos e das famílias. Os investimentos em reabilitação de edifícios aumentam o leque de opções para o arrendamento de habitação nos centros urbanos, melhorando a imagem da cidade na forma de a ocupar e de a utilizar. Consequentemente promove-se o turismo que contribui também para a economia do País (RU, 2011; Salvado e Falcão Silva, 2015).

4. IDENTIFICAÇÃO DE EXTERNALIDADES

4.1. Considerações

Externalidades são os efeitos colaterais da produção de bens ou serviços sobre outras pessoas que não estão diretamente envolvidas com a atividade, ou seja, as externalidades referem-se ao impacte de uma decisão sobre aqueles que não participaram dessa decisão. As externalidades podem ter efeitos negativos se representarem um custo para a sociedade, ou podem ter efeitos positivos se gerarem benefícios à sociedade. As externalidades negativas passam a tornar-se em custos para a população. Ao contrário das transações realizadas no mercado, as externalidades envolvem uma imposição involuntária constituindo assim uma ineficiência de mercado. As intervenções de reabilitação e de beneficiação de edifícios tendem a incidir, com maior frequência, no exterior do edifício e nas suas instalações, equipamentos e sistemas. São também as intervenções nestas zonas do edifício que mais podem contribuir para reduzir os impactes ambientais e os custos posteriores da sua utilização (impactes económicos) (Salvado e Falcão Silva, 2015).

Quadro 1 – Objetivos de intervenções de reabilitação

Zona	Objetivos da reabilitação
Espaço exterior ao edifício	Beneficiação de acessos, estacionamentos, zonas verdes, etc.
Estrutura do edifício	Reforço da estrutura ou das fundações (só em caso de anomalias relevantes).
Envolvente do edifício	Renovação de revestimentos, melhoria das condições de isolamento das coberturas, paredes e vãos. Conservação de componentes de betão armado expostos.
Interior do edifício	Renovação dos revestimentos dos pavimentos, paredes e tetos.
Instalações especiais do edifício	Substituição ou beneficiação de instalações, equipamentos e sistemas de água e esgotos, eletricidade, gás, AVAC, comunicações.

Apresentam-se no Quadro 1, os objetivos das intervenções de reabilitação em edifícios, consoante a zona em que se realizam os trabalhos de construção (Coias, 2019).

4.2. Externalidades positivas

As externalidades positivas podem ser identificadas durante a fase de realização da obra de reabilitação, nomeadamente: i) Redução significativa da poluição, nomeadamente do desgaste da camada de ozono, da produção de substâncias nocivas para a saúde ou prejudiciais para o ambiente, da deposição de resíduos, da alteração do clima (CO_2), da perturbação pelo ruído e do consumo final de energia; ii) Aumento de oferta de emprego para profissionais da construção civil, diminuindo a taxa de desemprego neste setor que nos últimos anos tem sido elevada. As empresas diversificam a sua área de atividade e contribui-se também para o desenvolvimento económico do setor e do País; iii) Redução da perturbação causada na envolvente e dos riscos associados à segurança e saúde dos trabalhadores e de pessoas e bens nas imediações; iv) Atenuação da ocupação excessiva do solo, permanecendo mais espeço disponível; e v) Substituição de materiais utilizados nos edifícios mais antigos com efeitos nocivos para a saúde e ambiente, por outros materiais de melhores qualidades ambientais.

Por outro lado, externalidades positivas podem também ser identificadas após a conclusão da obra de reabilitação: i) Aumenta a oferta de arrendamento ou compra de habitação nos centros urbanos reabilitados para quem pretende aí residir; ii) Valorização imobiliária de edifícios existentes nas proximidades de zonas reabilitadas; iii) Aumento da população nos centros urbanos reabilitados evita a desertificação, abandono e desqualificação destas zonas que eram caracterizados por se encontrarem com população bastante envelhecida; iv) Excesso de densidade populacional verificado nas zonas periféricas das grandes cidades atenua-se, aumentando assim a qualidade de vida de quem lá continua a habitar; v) Diminuição do excesso de congestionamento verificado diariamente na entrada e saída dos grandes centros urbanos; vi) Melhoramento da imagem da cidade reabilitada, o que promove o comércio, o turismo, entre outras atividades que contribuem para a economia do País; vii) A população que se deslocou para os centros urbanos reabilitados e que ficou mais próxima do local da sua atividade profissional melhora a sua qualidade de vida e utiliza mais transportes públicos contribuindo para a redução do uso massivo de viatura própria; viii) Considerando que a reabilitação conduz a edifícios mais sustentáveis, reduz-se drasticamente os consumos de energia durante a fase de exploração do edifício e melhora a qualidade do ar interior. Quando se trata de edifícios públicos representa um benefício externo para a sociedade; ix) Preservação da identidade histórica das zonas reabilitadas; e x) Financiamento, por parte do Estado em investigação científica, em estudos de impacte ambiental, estudos sobre qualidades ambientais de materiais de construção, entre outros, pode também conduzir a médio/longo prazo a externalidades positivas.

4.3. Externalidades negativas

As externalidades negativas podem ser identificadas antes da fase de realização da obra de reabilitação. Das externalidades negativas identificadas após a conclusão da obra de reabilitação, salientam-se: i) Escassez de estacionamento nos centros urbanos reabilitados; ii) Aumento de tráfego nos centros urbanos reabilitados; iii) Aumento da poluição sonora e a emissão de gases nocivos para a saúde nos centros urbanos reabilitados; iv) Necessidade de mais equipamentos e serviços urbanos/comunitários nas zonas reabilitadas; e v) A reabilitação condiciona novas centralidades, invalidando um novo desenho urbano.

5. MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO MONETÁRIA DE EXTERNALIDADES

Quando estão disponíveis mercados de serviços relacionados com estas externalidades, a forma mais expedita

de medir o valor económico é utilizar o preço do mercado correspondente. Quando não existe esse mercado, o preço pode deduzir-se de processos de avaliação não ligados ao mercado. A abordagem indireta procura deduzir preferências das informações efetivamente observadas no mercado (método dose-efeito), enquanto a abordagem direta se baseia na simulação de bens no mercado e recorre a métodos de inquérito e de experimentação (despesas defensivas, preços hedonistas, custos de deslocação, avaliação contingente) (ACB, 2003; GUIDE, 2014; Salvado e Falcão Silva, 2015))., conforme esquematizado na Figura 1.

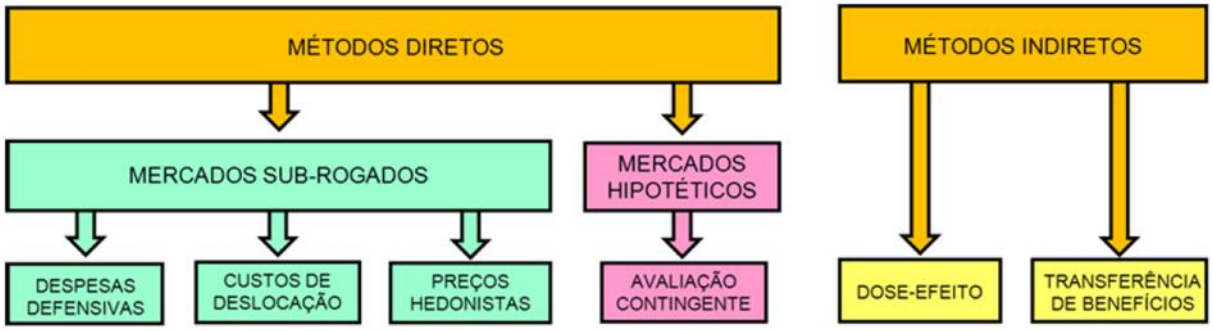


Figura 1 – Métodos para atribuição de valor monetário a externalidades, adaptado de (Salvado e Falcão Silva, 2015)

Método de despesas defensivas

Quando se verificam alterações na qualidade ambiental, as reações das empresas e das famílias podem ser observadas através do montante gasto para atenuar esses impactes. As despesas em isolamento sonoro podem refletir a opinião das famílias sobre o ruído e as despesas na renovação dos edifícios podem refletir a necessidade de reduzir a poluição atmosférica. As despesas defensivas são utilizadas para avaliar a degradação ambiental, e os custos evitados são utilizados de preferência na avaliação das melhorias da qualidade ambiental (ACB, 2003; GUIDE, 2014; Salvado e Falcão Silva, 2015)).

Método de preços hedonistas ou de preços hedónicos

A técnica dos preços hedonistas (ou de preços hedónicos) analisa os mercados existentes de bens e serviços quando os fatores ambientais têm uma influência nos preços. Este método é mais frequentemente utilizado para analisar o efeito da qualidade do ambiente sobre os preços da habitação. A diferença de valor pode ser vista como o valor atribuído à diferença de qualidade ambiental (ACB, 2003; GUIDE, 2014; Salvado e Falcão Silva, 2015).

Método de custos de deslocação

Esta abordagem pretende avaliar a disposição dos indivíduos para pagar por um bem ou serviço ambiental, com base nos custos requeridos para o consumir. O custo de consumo inclui os custos de deslocação, as tarifas de entrada, as despesas no local e as despesas de equipamento necessárias para o consumo. O seu método é geralmente utilizado para calcular o valor de atividades exteriores de lazer como a pesca, a caça ou os passeios de barco ou na floresta. Estes elementos são utilizados para avaliar uma curva de procura de um bem ambiental baseada na relação entre os custos do trajeto e o número de visitantes (ACB, 2003; GUIDE, 2014; Salvado e Falcão Silva, 2015).

Método de avaliação contingente

Em estudos de avaliação contingente, pede-se diretamente às pessoas que exprimam a sua disposição para pagar por um benefício ou para evitar um custo ou para aceitar uma indemnização por uma perda. O método baseia-se na utilização de um questionário que é estruturado de forma a poder apreciar a disposição máxima do

interessado para pagar. Numa segunda fase, são utilizadas técnicas econométricas para deduzir um valor médio dos resultados do inquérito. Seguidamente, numa terceira fase, este último valor é multiplicado pelo número de pessoas interessadas, para apurar a disposição total da população em causa para pagar o serviço ambiental. O mercado é designado por contingente porque se constrói um mercado hipotético por meio de técnicas de cenários (ACB, 2003; GUIDE, 2014; Salvado e Falcão Silva, 2015).

Método de dose-efeito

A técnica dose-efeito serve para estabelecer uma relação entre os impactes no ambiente (os efeitos) e os impactes ambientais físicos como a poluição (dose). A técnica é utilizada quando a relação entre a causa do prejuízo ambiental (como a poluição do ar e da água) e os efeitos (a morbilidade devida a esta poluição do ar ou da água contaminada por produtos químicos) está bem definida. A técnica baseia-se em informações de ciência natural sobre os efeitos físicos da poluição e utiliza esta informação no quadro de um modelo económico de avaliação. A avaliação económica é efetuada através de estimativa, considerada como função de produção de utilidade, das variações nos lucros das empresas ou das perdas ou ganhos dos indivíduos (ACB, 2003; GUIDE, 2014; Salvado e Falcão Silva, 2015).

Método de transferência de benefícios

O método de transferência de benefícios deve ser tido em consideração quando os dados estão indisponíveis, a sua obtenção é cara, há falta de tempo ou por outras razões políticas, é de considerar a possibilidade de transpor valores de dados já disponíveis de outros estudos (sobre outros locais) para o novo contexto de avaliação. A este exercício chama-se "transferência de benefícios". Não se devem esperar da transferência de benefícios estimativas precisas, mas este método pode contribuir para classificar diferentes opções políticas de redução dos impactes ambientais. Esta transferência de benefícios é geralmente efetuada em três etapas: i) Compilação da literatura existente sobre o tema em estudo; ii) Avaliação da comparabilidade dos estudos selecionados (similaridade dos serviços ambientais avaliados, diferenças de rendimento, de instrução, de idade e de outras características socioeconómicas que possam afetar a avaliação); e iii) Cálculo dos valores e sua transposição para o novo contexto de avaliação (ACB, 2003; GUIDE, 2014; Salvado e Falcão Silva, 2015).

6. CONCLUSÕES

Qualquer obra de construção civil, seja de construção nova ou de reabilitação, causa impactes relacionados com fatores ambientais, sociais, económicos e culturais. Como suporte à tomada de decisões sobre investimentos de projetos de reabilitação de edifícios a utilização de análises custo-benefício assentes em modelos económicos de custo-benefício surge como uma resposta adequada. A não consideração de custos e benefícios externos, através do cálculo das externalidades, conduziria a uma sobreavaliação ou subavaliação dos benefícios sociais do projeto e consequentemente a decisões incorretas. As externalidades positivas e negativas depois de identificadas devem ser ponderadas de forma a serem quantificadas com a atribuição de um valor monetário. Existem diversos métodos disponíveis para esta avaliação. Estes valores, relacionados com benefícios e custos externos, devem constar num quadro de análise custo-benefício, nomeadamente no contexto da análise económica. Do mesmo modo, deve ser efetuada uma avaliação qualitativa dessas externalidades no âmbito de uma análise multicritério. Posteriormente, numa análise de sensibilidade devem ser identificadas as variáveis e parâmetros críticos de forma a se proceder a uma análise dos riscos associar a cada uma dessas variáveis.

REFERÊNCIAS

ACB, 2003 – **Manual de análise de custos e benefícios dos projetos de investimento.** DG Política Regional da Comissão Europeia.

BAGANHA, M.; Marques, J.; Góis, P., 2002 – **O setor da construção civil e obras públicas em Portugal: 1990-2000.**

COIAS V., 2019 – **Reabilitação: a melhor via para a construção sustentável**. http://www.gecorpa.pt [acedido em 28-11-2019].

EC, 2008 – **Europe 2020 targets**. Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Novembro de 2008 relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas.

GUIDE, 2014 – **Guide to cost-benefit analysis of investment projects, economic appraisal tool for cohesion policy 2014-2020**. European Comission.

INE, 2019 – **Instituto Nacional de Estatística**. http://www.ine.pt/ [acedido em 28-11-2019].

RE, 2015 – **Regulamento de execução – Metodologia para a realização da análise do custo-benefício**. *Jornal Oficial da União Europeia*, 12.02.2015.

RU, 2011– **Relatório sobre reabilitação urbana. propostas de medidas de estímulo e apoio à reabilitação urbana**. Lisboa: Centro de Investigações Regionais e Urbanas.

SALVADO, F.; FALCÃO SILVA, M.J., 2015 – **Aplicabilidade da metodologia de análise custo-benefício. Identificação e proposta de avaliação de externalidades na reabilitação de edifícios**. Relatório 84/2015 – DED/NEG. Lisboa: Edições LNEC.

INDICADORES ECONÓMICOS DE INTERVENÇÕES EM REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

ECONOMIC INDICATORS FOR BUILDINGS REHABILITATION





Filipa Salvado [(1)], Nuno Almeida [(2)], Álvaro Vale e Azevedo [(3)]

(1) LNEC, Portugal, asalvado@lnec.pt
(2) IST-UL, Portugal, nunomarquesalmeida@tecnico.ulisboa.pt
(3) LNEC, Portugal, ava@lnec.pt

RESUMO

A estimativa de custos ao longo do ciclo de vida de edifícios é suportada pelo conceito do custo do ciclo de vida (CCV) e incentivada por diversas normas internacionais e europeias, regulamentos e diretivas. No que se refere a intervenções de reabilitação de edifícios públicos, os donos de obra enfrentam dificuldades quanto à estimativa de custos e de indicadores de desempenho económico relacionados com esta fase do ciclo de vida. As bases de dados existentes apresentam -se com pouca precisão, incompletas ou com uma estrutura de dados inadequada, o que dificulta comparações e extrapolações. Surge assim a necessidade de desenvolver bases de dados públicas com quantidade e qualidade adequada de indicadores económicos relacionados com intervenções de reabilitação.

O presente artigo apresenta uma metodologia para uma análise económica de intervenções em reabilitação de edifícios escolares públicos assente numa estrutura normalizada para a recolha de dados económicos para posterior cálculo de indicadores de desempenho económico. O caso de estudo compreende um portefólio de 166 edifícios escolares públicos construídos em Portugal desde a década de 1940 e com intervenções de reabilitação realizadas entre 2007 e 2011. Através deste caso de estudo é demonstrada a aplicabilidade da metodologia, tendo em consideração a utilização generalizada do conceito do CCV em ambientes de contratação pública.

Palavras-chave: Custo do Ciclo de Vida / Edifícios / Reabilitação / Indicadores Económicos

1. INTRODUÇÃO

Ao longo de seu ciclo de vida, os ativos construídos consomem uma quantidade considerável de recursos desencadeando transformações com consequências económicas relevantes. Os intervenientes do setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) necessitam de informação sobre o desempenho económico dos edifícios ao longo do seu ciclo de vida. Este tipo de informação não se encontra prontamente disponível, e nem sempre é precisa e exata. Resulta assim que os profissionais de Gestão de Edifícios ainda enfrentam dificuldades para incorporar totalmente o conceito do Custo do Ciclo de Vida (CCV) na sua prática diária (Salvado, Almeida e Azevedo, 2018).

O desempenho económico dos edifícios pode ser avaliado numa fase inicial, com a decisão de iniciar o projeto de construção, ou em qualquer momento posterior, nomeadamente quando são considerados cenários de reabilitação face à demolição e construção nova. O processo de tomada de decisão deve ser suportado por informação do custo do ciclo de vida (CCV) em quantidade e qualidade.

Recentemente, a Diretiva Europeia 2014/24 /EU, a norma internacional ISO 15686-5 e as normas europeias EN 15643-4 e EN 16627 estabeleceram conjuntamente bases para a implementação de aplicações do CCV. Como resposta às recentes diretrizes comunitárias, os diversos intervenientes no processo precisam de implementar metodologias de CCV para (IISD, 2016): i) elaborar especificações de propostas, económica, ambiental e socialmente sustentáveis; ii) desenvolver indicadores de desempenho económico sobre os quais as propostas serão avaliadas; iii) justificar investimentos em alternativas, ambiental e socialmente mais vantajosas que, embora com custos iniciais mais elevados, proporcionem uma melhor relação custo-benefício ao longo do ciclo de vida; iv) determinar as necessidades de investimento e, posteriormente, discernir entre a compra definitiva de um ativo e a opção de contratar serviços que atendam a essa necessidade; v) avaliar os custos e benefícios de projetos de construção e infraestrutura como iniciativas privadas de financiamento; vi) estabelecer acordos de contratação de desempenho de energia; e vii) estabelecer contratos cooperativos.

Um dos desafios identificado em ambiente de contratação pública relaciona-se com o cálculo de custos e definição de indicadores económicos de intervenções em reabilitação de edifícios (IISD, 2016; Ma, Liu and Wei, 2016). O presente trabalho tem como objetivo definir indicadores e rácios de desempenho económico de intervenções em reabilitação com base em dados históricos de edifícios escolares públicos, recolhidos neste âmbito. A base de dados desenvolvida, contribui para a melhoria do conhecimento da informação económica desta tipologia de edifícios e pode ser posteriormente utilizada para estimativas de CCV em ambiente de contratação pública. Estes dados representam uma referência para intervenções futuras similares.

2. METODOLOGIA DE ANÁLISE ECONÓMICA DO CICLO DE VIDA

A metodologia desenvolvida para análise da informação económica do ciclo de vida de edifícios tem como principal objetivo fornecer uma ferramenta a todos os intervenientes no processo construtivo, para a tomada de decisão mais informada e consistente, cumprindo os requisitos técnicos e funcionais especificados para o setor da construção e contribuindo para a sustentabilidade económica ao longo do ciclo de vida do edifício (Salvado, Almeida e Azevedo, 2018).

A Figura 1 apresenta essa metodologia (Salvado, Almeida & Azevedo, 2018), que foi projetada, desenvolvida e testada de forma robusta e abrangente, a fim de respeitar os princípios de consistência, generalidade, simplicidade e adaptabilidade, bem como correspondência com iniciativas semelhantes já existentes (Salvado, Almeida & Azevedo, 2018). Segue os princípios de gestão bem conhecidos do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), estabelecido em normas internacionais de sistemas de gestão, como a ISO 9001. Permite que os intervenientes

com um quadro de abordagem PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) lidem com situações de casos reais e forneçam à comunidade científica uma compreensão sistemática dos principais tópicos de pesquisa relacionados com a gestão da informação do CCV, que necessitam de ser abordados e/ou amadurecidos (Salvado, Almeida e Azevedo, 2018).



Figura 1 – Metodologia para análise da informação económica no ciclo de vida de edifícios

A componente *PLAN* da metodologia inclui definição de objetivos e estrutura para recolha de dados (Figura 2). A componente *DO* inclui a recolha de dados e a correção de valores. *CHECK* envolve cálculos de indicadores de desempenho económico e análise de resultados. Finalmente, *ACT* refere-se à comunicação de resultados e estratégias de melhoria. A metodologia pode ser aplicada a qualquer tipo de sistema, subsistema ou elemento do edifício, bem como a qualquer fase do seu ciclo de vida (Salvado, Almeida e Azevedo, 2018).

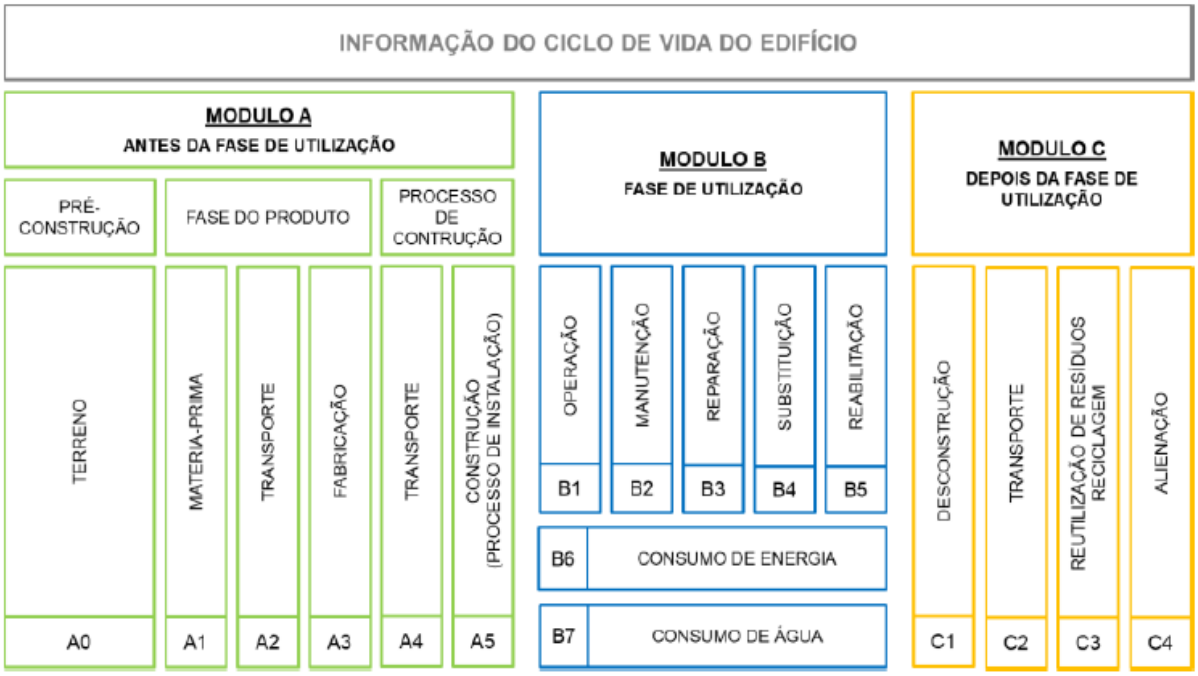


Figura 2 – Estrutura para organização da informação, adaptado de EN 16627

A secção 3 descreve uma aplicação prática desta metodologia ao sistema edifício e seus subsistemas, no que respeita à fase de reabilitação (modulo B5, Figura 2).

3. CASO DE ESTUDO: INTERVENÇÕES EM REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

3.1. Caracterização da amostra

A aplicabilidade da metodologia apresentada é testada num caso de estudo constituído por 166 edifícios escolares públicos destinados ao ensino secundário, com uma área de construção de 2.404.500 m^2 e localizados em Portugal continental. Estes edifícios foram construídos desde a década de 1940. O envelhecimento natural dos materiais e elementos de construção e a falta de ações de conservação, manutenção e reabilitação, resultou num património escolar degradado, quer a nível técnico quer a nível funcional. O Programa de Modernização do Parque Escolar destinado ao Ensino Secundário (2007 a 2011) conduziu então a intervenções profundas nos edifícios escolares, tendo sempre em consideração as atuais exigências legais e requisitos regulamentares (PE, 2011).

3.2. Indicadores e rácios económicos

Para obter indicadores e rácios económicos das intervenções em reabilitação de edifícios escolares públicos aplica-se então a metodologia descrita na secção 2.

Na componente *PLAN* define-se como objetivo quantificar o desempenho económico de edifícios escolares na sua fase de reabilitação (2007 a 2011), e obter indicadores e rácios baseados em dados históricos fiáveis que possam ser utilizados em estudos futuros. Adota-se a divisão do sistema edifício por subsistemas (ISO 19208), conforme se apresenta no Quadro 1.

Quadro 1 – Subsistemas do edifício

Subsistema	**Descrição**
Arranjos urbanísticos (AU)	Constituído pelo terreno onde está implantado o edifício escolar e onde existem diversos elementos construtivos (e.g. fundações, infraestruturas, áreas desportivas, muros e vedações, pavimentos, escadas e rampas, coberturas e passadiços, equipamento e mobiliário urbano fixo, vegetação).
Estrutura (EST)	Conjunto de elementos que dão forma ao edifício e asseguram a sua estabilidade (*e.g*. fundações e contenções, elementos estruturais, juntas, ligações e apoios).
Envolvente (ENV)	Conjunto de elementos com a funcionalidade de garantir o conforto dos ocupantes protegendo-os dos agentes exteriores, nomeadamente ruídos e agentes climatéricos procurando uma maior eficiência energética (*e.g.* paredes, cobertura, vãos).
Espaço interior (EI)	Conjunto de elementos que estão fortemente condicionados pelas necessidades dos gestores do ativo e pela utilização dos ocupantes (*e.g*. pavimentos, paredes, tetos, vãos, acessórios fixos).
Instalações especiais (IE)	Conjunto de elementos que estão diretamente relacionadas com as especialidades de projeto (*e.g*. águas e esgotos, elétricos, comunicações, AVAC, gás, segurança integrada, gestão técnica centralizada, transporte de pessoas e carga, produção de energia renovável).

No Módulo B5 (ver Figura 2) consideram-se incluídos os custos relacionados com novos componentes da construção, processo de remodelação, gestão de resíduos dos componentes de construção substituídos como parte processo de remodelação, bem como taxas aplicáveis.

Na componente *DO* são recolhidos os dados históricos que se encontram arquivados em diversas bases de dados de entidades públicas, nomeadamente na Parque Escolar E.P.E., nos agrupamentos das escolas e na Direção-Geral dos Estabelecimentos Escolares. Os custos correntes recolhidos, são corrigidos a custos constantes com referência a 2018 e de acordo com a inflação/deflação verificada desde o ano de 2007.

Na componente *CHECK* são calculados os indicadores de desempenho económico em intervenções de reabilitação por subsistema do edifício (Quadro 2) e de trabalhos de demolição do edificado, e agrega os subsistemas EST, ENV, EI e IE (Quadro 3).

Quadro 2 – Indicadores de trabalhos de reabilitação por subsistema do edifício

Subsistema	**Custo/m² [€/m²]**	**Custo/aluno [€/aluno]**
AU	72,91	921,21
EST	40,39	270,63
ENV	153,04	1.010,38
EI	171,28	1.139,47
IE	137,97	917,28

Quadro 3 – Indicadores de trabalhos de demolição

Subsistema	**Custo/m² [€/m²]**	**Custo/aluno [€/aluno]**
Edificado	37,90	55,87

Os indicadores económicos apresentados dizem respeito a valores médios para os 166 edifícios escolares da amostra. Para uma análise destes resultados obtidos, definem-se estatísticas descritivas, histogramas e distribuições normais de probabilidades. A título de exemplo apresenta-se no Quadro 4 resultados da estatística descritiva de indicadores de custo/m^2 para custos de reabilitação por subsistema do edifício.

Quadro 4 – Estatística descritiva para indicadores de reabilitação de edifícios

Estatística	**CustoAU/m² [€/m²]**	**CustoEST/m² [€/m²]**	**CustoENV/m² [€/m²]**	**CustoEI/m² [€/m²]**	**CustoIE/m² [€/m²]**
Erro-padrão	1,44	1,36	3,57	3,67	3,15
Mediana	37,84	37,96	149,45	164,36	136,51
Desvio-padrão	17,89	17,42	45,60	46,89	40,24
Nível de confiança (95%)	2,23	2,69	7,05	7,25	6,22

O erro padrão é a medida de variação de uma média da amostra em relação à média da população (obtido através da divisão do desvio padrão pela raiz quadrada do tamanho da amostra) e o nível de confiança de 95% indica que os valores médios obtidos para a amostra em estudo correspondem apresentam um erro de 5% relativamente à média da população.

No Quadro 5 apresentam-se rácios económicos entre custos de reabilitação e custos de construção nova.

Os custos de construção nova são obtidos nas intervenções de edifícios escolares, ao abrigo do Programa de Modernização do Parque Escolar destinado ao Ensino Secundário, nos casos em que foi necessária a construção de novos edifícios para ampliação dos estabelecimentos escolares existentes à data de 2007 a 2011 (PE, 2011). Estes trabalhos de construção nova não se verificaram no subsistema AU (arranjos urbanísticos).

Quadro 5 – Rácios económicos por subsistema do edifício

Subsistema	Rácio [-]
	Custo reabilitação/Custo construção nova
EST	1 / 7,17
ENV	1 / 1,56
EI	1 / 1,53
IE	1 / 2,23

Na componente *ACT* é efetuada a comunicação de resultados que segue os princípios gerais definidos na ISO 9001 (quais os resultados a comunicar, quando comunicar, quais os Intervenientes envolvidos, qual a forma de comunicação e qual o responsável pela comunicação). As estratégias de intervenção, com o intuito de promover a melhoria da aplicação desta metodologia, seguem os seguintes passos: i) verificar se os objetivos definidos foram atingidos; ii) identificar como os resultados podem contribuir para decisões informadas pelo CCV; e iii) como melhorar os resultados obtidos.

4. CONCLUSÕES

O setor AEC lida com diversos intervenientes, o que influencia as diferentes etapas do ciclo de vida de empreendimentos de construção. As crescentes exigências legais e regulamentares conduzem à necessidade de reunir informação do CCV normalizada, útil e fiável, capaz de fornecer indicadores que descrevam o desempenho económico dos edifícios, nomeadamente relacionados com intervenções em reabilitação de edifícios. Este tipo de informação, juntamente com uma avaliação comparativa, é uma componente relevante das práticas sustentáveis de reabilitação de edifícios face à sua demolição e construção nova. Este artigo aborda estas preocupações e apresenta um caso de estudo de 166 edifícios escolares públicos representativo do portefólio português. Pretende-se assim promover a implementação prática das recentes diretivas comunitárias sobre o conceito do CCV, promover a gestão do desempenho económico de edifícios, e promover a sustentabilidade económica de investimentos em reabilitação de edifícios públicos.

REFERÊNCIAS

DIRETIVA 2014/24/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 26 de fevereiro – **Contratos públicos e que revoga a Diretiva 2004/18/CE**. Jornal Oficial da União Europeia L94/65 de 2014-03-28

EN 15643-4:2012 – **Sustainability of construction works – Assessment of buildings -Part 4: Framework for the assessment of economic performance**. Brussels: European Committee for Standardization.

EN 16627:2015 – **Sustainability of construction works. Assessment of economic performance of buildings – Calculation method**. Brussels: European Committee for Standardization.

IISD, International Institute for Sustainable Development, 2016 – **Life cycle costing: a question of value**. Winnipeg, Manitoba, Canada.

ISO 15686-5:2015 – **Building and constructed assets – Service-life planning – Part 5: life-cycle costing**. Geneve: International Organization for Standardization

ISO 19208:2016 – **Framework for specifying performance in buildings**. Geneve: International Organization for Standardization

ISO 9001:2015 – **Quality management systems – Requirements**. Geneve: International Organization for Standardization

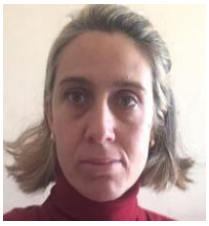
MA, Z.; LIU, Z.; WEI, Z. 2016 – **Formalized representation of specifications for construction cost estimation by using ontology**. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. Vol.31:1, pp. 4-17.

PE, 2011 – **Parque Escolar 2007-2011. Intervenção em 106 escolas**. Lisboa: Parque Escolar EPE, Direção-Geral de Projeto – Area de Edificações.

SALVADO, F.; ALMEIDA, N.; VALE E AZEVEDO, A.,2018 – **Towards improved LCC-informed decisions in building management**. *Journal of Built Environment Project and Asset Management*. Vol.8:2, pp.114-133.

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ATIVOS BASEADO EM MODELOS BIM

IMPLEMENTATION OF AN ASSET MANAGEMENT SYSTEM BASED ON BIM MODELS





Maria João Falcão Silva [1], Paula Couto [2], João Hormigo [3]

(1) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, pcouto@lnec.pt
(3) EDP, ISEL, Portugal, joao.hormigo@edp.pt

RESUMO

O uso da metodologia Building Information Modelling (BIM) encontra -se em franco crescimento no seio do setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). As evoluções sociais e económicas observadas nas últimas décadas tem vindo a promover, junto das organizações, uma necessidade cada vez maior de conhecer bem os seus ativos, a fim de, por meio de análises integradas e holísticas, priorizar intervenções melhorando os procedimentos de gestão. De facto, a gestão de ativos tem vindo a ganhar importância na sociedade moderna, na medida em que pode trazer inúmeros benefícios para as organizações que os detêm. O BIM é uma metodologia inovadora que permite uma nova abordagem com base num modelo de informação virtual. O modelo BIM é constituído por elementos e cada elemento agrega um conjunto de informação, permitindo uma melhor gestão da informação entre os diferentes intervenientes no projeto durante as várias etapas do seu ciclo de vida.

O objetivo do trabalho é mostrar as vantagens da utilização da metodologia BIM para a gestão de ativos físicos, através do desenvolvimento de um caso de estudo que compreende a infraestrutura de um laboratório para ensaios hidráulicos. No âmbito do estudo é analisado e apresentado o estado atual das práticas de gestão de ativos, a fim de identificar a posição da organização que alberga o referido laboratório em relação aos requisitos das normas. Tendo por base a família de normas ISO 55000, a infraestrutura é modelada em BIM com os requisitos de informações e detalhes para a implementação de um sistema de gestão de ativos. Para finalizar, as principais conclusões e vantagens da aplicação da metodologia BIM à gestão de ativos são apresentadas, bem como perspetivadas de desenvolvimentos futuros para o trabalho.

Palavras-chave: Gestão de Ativos / ISO 55000 / Metodologia BIM / COBie

1. INTRODUÇÃO

Há cerca de trinta anos, a gestão de ativos era considerada como uma 'manutenção da fábrica' ("Plant Maintenance"); mais tarde, a designação passou para 'gestão de equipamentos'; sendo na atualidade é conhecida como 'gestão de ativos da empresa'. Dentro de uma organização, a gestão dos ativos pode ser integrada em várias áreas, como a engenharia, a gestão financeira, a gestão de risco, a logística, a relação com os clientes, a gestão ambiental, entre outras (João, 2019). Os gestores de manutenção têm vindo a assumir a sua atividade de gestão de uma forma integrada e abrangente, sendo cada vez menos 'gestores de máquinas' e cada vez mais 'gestores de ativos'. (Cardoso, 2017). É impossível dissociar a Gestão de Ativos da Manutenção de Instalações, tanto que se pode afirmar, que a Gestão de Ativos é uma componente da evolução da Manutenção de Instalações.

Segundo alguns autores quando se aplicam as melhores práticas de Gestão de Ativos, como por exemplo, em termos de planeamento, manutenção preventiva e melhoria da fiabilidade, entre outros, torna-se possível alcançar a "excelência" da Manutenção (João, 2019). Outros autores consideram que a Gestão de Ativos pertence à Quarta Geração da Manutenção, cujo foco é maximizar a eficácia de um ativo durante todo o seu ciclo de vida (período compreendido entre a criação de um ativo e o fim da sua vida), minimizar as falhas, reduzir perdas e maximizar ganhos (Coelho, 2015). Atendendo à grande importância da gestão de ativos surgiu uma nova família de Normas ISO para a Gestão de Ativos (ISO 5500X:2014), com versão traduzida para português publicada em 2014, e dividida em: i) ISO 55000:2014 – Gestão de Ativos: Visão Geral, Princípios e Terminologia; ii) ISO 55001:2014 – Sistemas de Gestão de Ativos – Requisitos; iii) ISO 55002:2014 – Sistemas de Gestão de Ativos – Orientações (João, 2019).

O BIM (Building Information Modelling) é uma metodologia baseada em modelos 3D inteligente que fornecem aos profissionais do setor da arquitetura, engenharia, construção e operação (AECO) uma visão abrangente para planear, projetar, construir e gerir com mais eficiência os ativos construídos. O Building Information Modelling (BIM) pode ser definido como uma "representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação". O conceito BIM visa resolver e antecipar os problemas que tipicamente ocorrem em fases mais avançadas, para fases mais embrionárias, permitindo redução e custos associados. Um modelo BIM é um recurso de conhecimento compartilhado para informações sobre uma instalação que forma uma base confiável para decisões durante seu ciclo de vida; definido como existindo desde a conceção inicial até à demolição. É muito importante a antecipação dos vários tipos de problemas, pois deste modo consegue-se agilizar o processo de decisão mesmo antes de um empreendimento começar a ser construído (Martins, 2017).

2. ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL

2.1. Gestão de ativos

A gestão de ativos é definida na especificação PAS 55 (2008), como sendo, as 'atividades sistemáticas e coordenadas, através das quais uma organização efetua uma gestão ótima e sustentável dos seus ativos e sistemas de ativos, seu desempenho, seus riscos e custos ao longo do ciclo de vida (período que compreende desde a conceção, o fabrico, a instalação e a exploração até ao seu fim), por forma a atingir o plano estratégico (Coelho, 2015). Determinados fatores como a natureza, o propósito da organização, o contexto operacional, as restrições financeiras, entre outros, influenciam os tipos de ativos que uma organização necessita para atingir os seus objetivos. A vida de um ativo poderá não coincidir com o período em que uma organização o tem á sua responsabilidade. Um ativo pode gerar para a organização durante a sua vida útil, um valor real ou potencial e o valor do ativo para uma organização pode mudar durante a sua vida (Rodas, 2015). A organização pode optar

por gerir os seus ativos de forma individual ou como um grupo, sendo aconselhável a existência de um sistema de gestão de ativos devidamente estruturado. Um sistema de Gestão de ativos pode ser definido como um conjunto de elementos interrelacionados e interatuantes de uma organização, cuja função é estabelecer a política e os objetivos de gestão dos ativos bem como os processos necessários para atingir esses objetivos (João, 2019) (Figura 1).

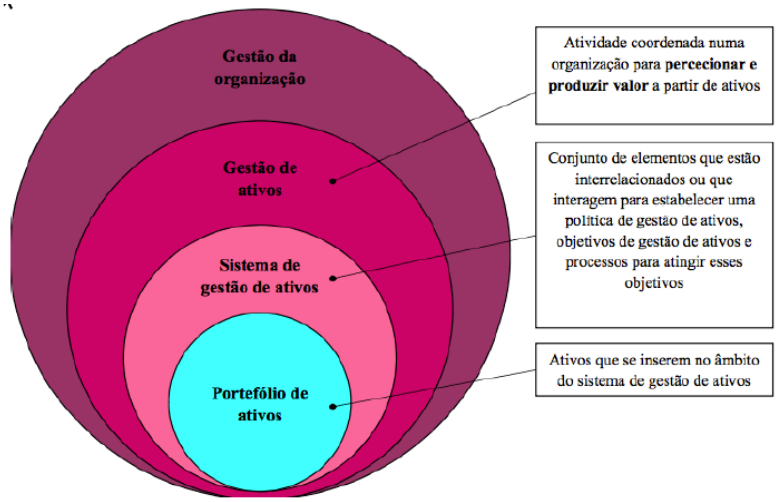


Figura 1 – Relação entre Sistema de Gestão de Ativos e Gestão de Ativos, adaptado de (ISO 55000, 2014)

As Normas Internacionais da família ISO 5500X contribuem para a implementação das melhores práticas na Gestão de Ativos, no seguimento da PAS 55, e são empregues para gerir, não só ativos físicos, como também qualquer tipo de ativo, em qualquer tipo de organização Cardoso, 2017). A Norma ISO 55000, define Princípios e Terminologia da Gestão de ativos, enquanto que na ISO 55001 são apresentados os requisitos para os Sistemas de Gestão de Ativos. Para complementar as linhas de orientação para a aplicação da ISO 55001 são apresentadas na ISO 55002 (Cardoso, 2017). São de referir como benefícios da gestão de ativos e da utilização de sistemas de gestão de ativos nas organizações: i) melhoria do desempenho financeiro; ii) decisões de investimento em ativos fundamentadas; iii) gestão de risco; iv) melhoria dos serviços e dos resultados; v) demonstração de responsabilidade social; vi) demonstração da conformidade; vii) melhoria da reputação: através da melhoria da satisfação dos clientes e da consciencialização e confiança das partes interessadas; viii) melhoria da sustentabilidade da organização: gerindo eficazmente os resultados, gastos e desempenho a curto e a longo prazo, pode-se melhorar a sustentabilidade operacional e da organização; ix) melhoria da eficiência e da eficácia (ISO 55000, 2014).

2.2. BIM

O BIM é um dos desenvolvimentos mais promissores operados no setor AECO. Pode-se definir o BIM como "um sistema de livre partilha de informação, entre todos os intervenientes de um projeto, durante todo o ciclo de vida da construção. A sua aplicação tem como objetivo principal, proporcionar a sinergia entre os diferentes intervenientes, possibilitando a diminuição de erros e omissões, de incompatibilidades entre especialidades e ainda orçamentar, planear e gerir os trabalhos de forma mais eficiente, produtiva e rentável." De acordo com o BIM, um determinado modelo virtual de um edifício é construído digitalmente, e após concluído, o modelo gerado contém geometrias precisas e dados relevantes para apoiar as atividades de construção, fabrico e aquisição necessárias para realizar o edifício (Eastman, Teicholz, Sacks *et al*., 2008).

Os modelos BIM estendem-se muito para além das três dimensões espaciais principais (3D) (largura, altura e profundidade), com a inclusão de outras dimensões como: i) o tempo na quarta dimensão (4D); ii) o custo na quinta dimensão (5D); iii) a sustentabilidade na sexta dimensão (6D); iv) a manutenção e gestão de ativos na

sétima dimensão (7D). O modelo BIM, portanto, cobre mais do que apenas a geometria, cobrindo também relações espaciais, análises de luz, informações geográficas e quantidades e propriedades de componentes da construção (por exemplo, detalhes dos fabricantes) (João, 2019). Relativamente ao nível de desenvolvimento em BIM ou LOD (Level of Development), o Instituto Americano de Arquitetos (AIA) definiu cinco níveis de desenvolvimento: i) LOD 100 - Modelo Conceptual (Conceptual); ii) LOD 200 – Modelo de geometria aproximada (Approximate Geometry); iii) LOD 300 – Modelo de geometria mais precisa (Precise Geometry); iv) LOD 400 – Modelo de fabrico (Fabrication); v) LOD 500 – Telas Finais (As-built) (Martins, 2015). A interoperabilidade em BIM retrata a necessidade de passar dados entre aplicações, de forma a permitir que vários tipos de especialistas e softwares contribuam para o trabalho em questão. É considerada uma das principais características do BIM, pois elimina a necessidade de replicar a entrada de dados que já foi gerada e facilita a fluidez dos fluxos de trabalho e automatização (Hamil, 2012).

2.3. COBie

O COBie (Construction Operations Building Information Exchange) é um conjunto de especificações relacionadas com a informação sobre a gestão de ativos. Trata-se de um formato de dados para a publicação de um subconjunto de modelos de informações de construção com foco no fornecimento de dados referentes aos ativos, distintos das informações geométricas. Um arquivo COBie não é de forma alguma um BIM completo, mas contém conteúdos preparados e estruturados por todos os membros das equipas de projeto e de construção, bem como incorpora diversos modelos de informações. A versão mais atual da especificação COBie é a versão 2.4 e inclui dezanove folhas de trabalho, que se ilustram de uma forma esquemática na Figura 2.

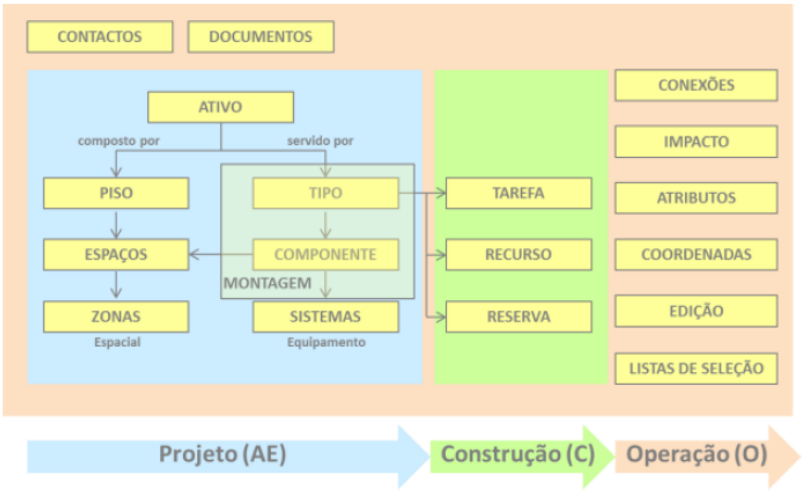


Figura 2 – Interligação entre as folhas de cálculo COBie, adaptado de (East, 2007)
(East e Carrasquillo-Mangual, 2013)

O COBie pode ser visualizado em software de projeto, construção e manutenção, bem como em folhas de cálculo simples, IFC e ifcXM. Essa versatilidade permite que o COBie seja usado em todos os projetos, independentemente do tamanho e da sofisticação tecnológica. Os resultados finais da utilização do COBie devem refletir as atualizações dos ativos projetados e incluir informações de projeto, construção e gestão consistentes com as previamente produzidas em formatos baseados em papel (João, 2019).

3. INTEGRAÇÃO DA GESTÃO DE ATIVOS NO BIM

Com o objetivo de modelar a infraestrutura em estudo, utilizando a metodologia BIM, o trabalho foi dividido em: i) Recolha de informação (plantas das instalações, tipos e características dos equipamentos, localização dos modelos físicos reduzidos, etc); ii) modelação da instalação as-build; iii) inserção no modelo BIM da informação

de operação pertinente; iv) sincronização do modelo BIM com a aplicação de Gestão de Ativos (exportação da informação para as folhas de COBie). Para fazer a extensão para as folhas de trabalho do COBie (COBie Extension 2018), isto é a exportação da informação para as folhas de COBie, a partir do programa de modelação BIM foi utilizado um plug-in. Em alternativa poder-se-ia ter recorrido à interoperabilidade através do formato Industry Foundation Classes (IFC).

3.1. Descrição da infraestrutura

A instalação considerada para a integração da Gestão de Ativos na metodologia BIM é uma unidade operativa laboratorial para ensaios hidráulicos pertencente a um Laboratório de Estado localizado em Lisboa. A infraestrutura em causa dispõe de uma área de 6500 m^2, ocupados maioritariamente por tanques e canais, dedicados a ensaios em modelos físicos, distribuídos por 3 zonas distintas (A, B e C) (Figura 3). Todas as zonas integram, para além de canais de ondas e tanques, escritórios distribuídos de forma harmoniosa.

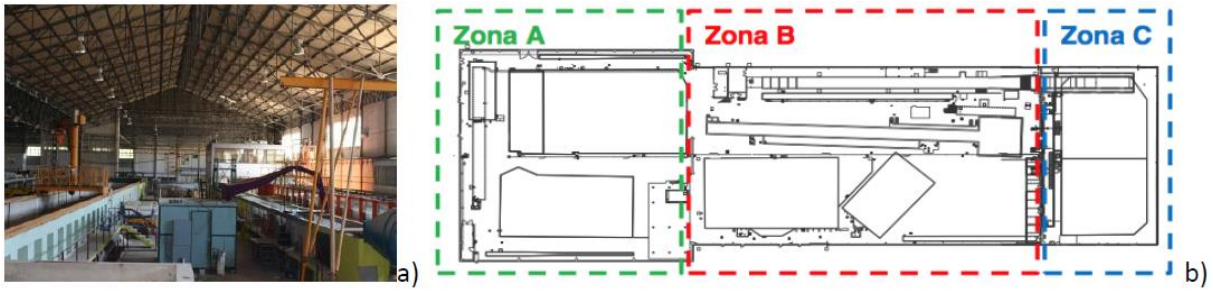


Figura 3 – Infraestrutura estudada: a) perspetiva; b) organização interna (João, 2019)

3.2. Modelação em BIM

No âmbito do trabalho desenvolvido foram modeladas em BIM as especialidades de Arquitetura (Figura 4) e de MEP (Figura 5), tendo sido excluída a especialidade de Estruturas em virtude dos seus elementos estruturais e componentes não precisarem de intervenções de manutenção tão frequente, nem tão pouco de procedimentos de inspeção tão regulares.

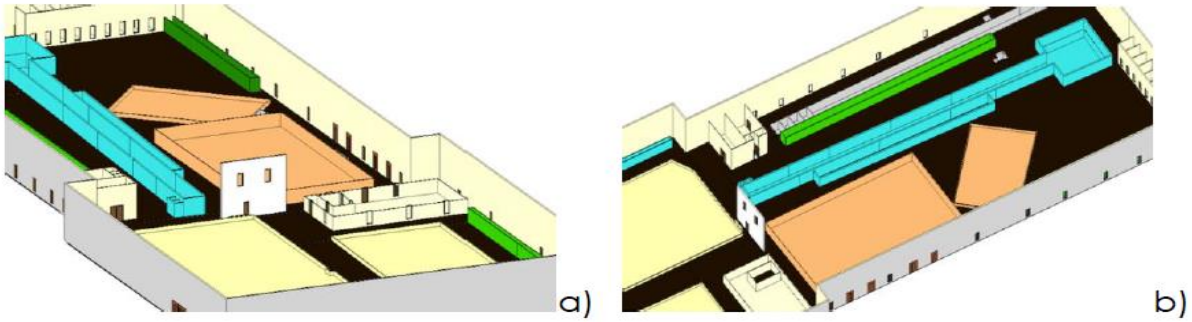


Figura 4 – Modelo de Arquitetura: a) perspetiva geral do interior; b) detalhe da Zona B (João, 2019)

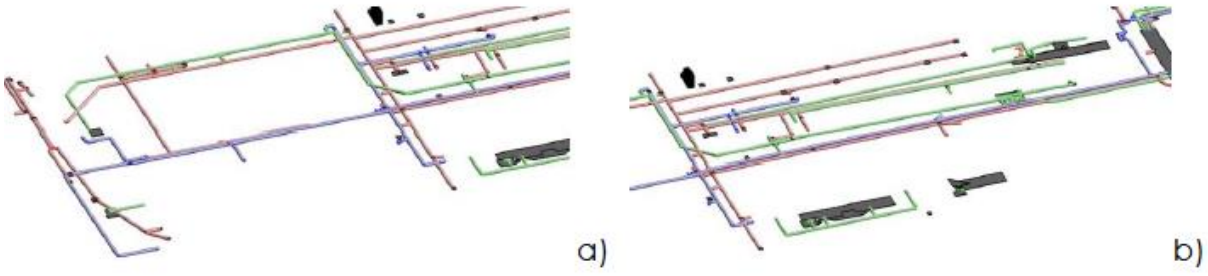


Figura 5 – Modelo de MEP: a) excerto – Zona A; b) excerto – Zona B (João, 2019)

Quanto ao nível de detalhe utilizado para a gestão de ativos, as normas sugerem a utilização do nível de maior detalhe, denominado de LOD 500, que representa a construção tal e qual como foi construída e que contém toda a informação relevante para a fase de manutenção e operação. No entanto, no que se refere aos elementos do modelo de arquitetura (paredes, portas e coberturas) não foi considerado o nível de detalhe mais elevado, para não sobrecarregar o modelo, e porque, de acordo com os objetivos do trabalho tal não seria explicitamente necessário, tendo-se considerado apenas um LOD300. No que se refere ao modelo MEP foi considerado o LOD 500, o nível de detalhe máximo, dado que o objetivo é utilizar o modelo na fase de manutenção e operação da instalação. Como a instalação já se encontra construída e em funcionamento, a designação mais adequada para esse nível de detalhe é *as-managed* (e não *as-built*). Para facilitar a adição dos componentes de qualquer tipo de instalação, ou seja, os objetos reais que se encontram dentro de uma construção, a metodologia BIM beneficia de uma biblioteca de acesso livre e disponível online – BIM object.

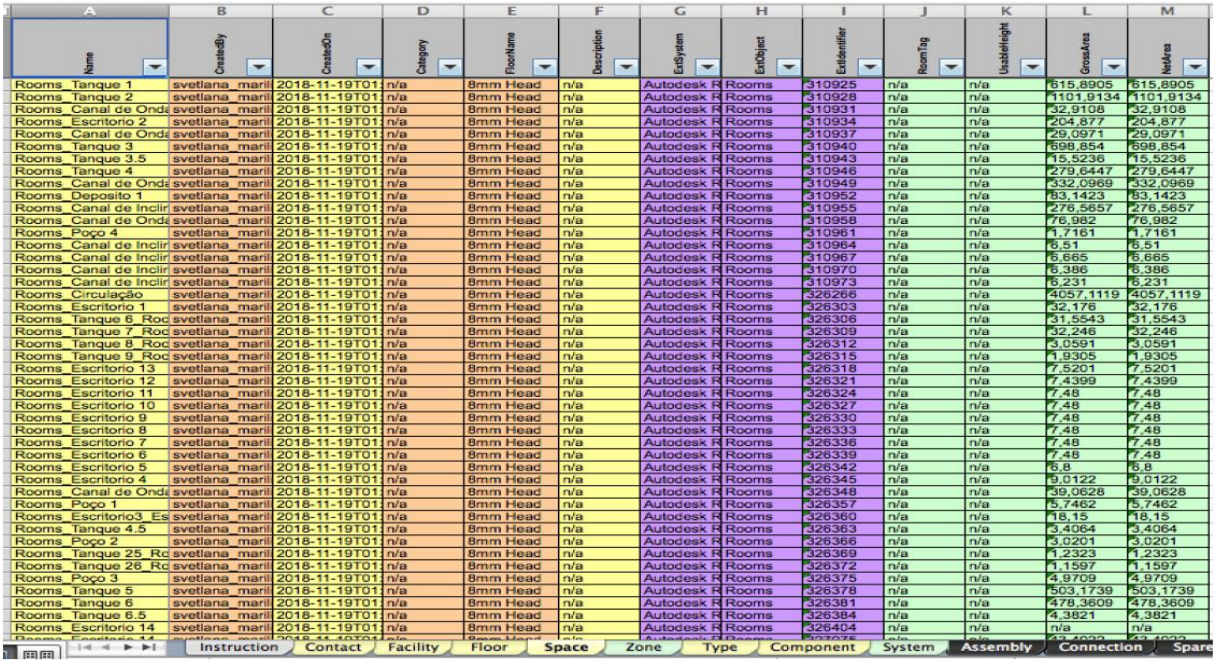
3.3. Exportação do COBie

As folhas de cálculo COBie incorporam informações específicas, designadamente (Falcão Silva, Salvado, Couto *et al*., 2016): i) contactos (*contacts*), em que se inclui a listagem dos responsáveis pelo projeto bem como os contactos de fornecedores e fabricantes de equipamentos; ii) ativo (*facility*), em que é apresentada a descrição da instalação em estudo, incluindo o nome do projeto, localização, função, entre outros; iii) piso (*floor*), em que se inclui a descrição de todos os pisos da instalação no que se refere a todas as especialidades e elementos (fundações, elementos estruturais, coberturas, ...); iv) espaços (*space*), inclui a descrição de todos os espaços/salas criadas no projeto, incluindo o seu piso, categoria, área, entre outros; v) zonas (*zone*), os espaços indicados na folha anterior podem ser aglomerados por zonas, listadas, diferenciando assim a funcionalidade de cada uma; vi) tipo (*type*), em que cada tipo de equipamento ou mobiliário instalado é detalhado, referindo o seu fabricante, número do modelo, garantia, cor, custo de substituição, entre outros, é nesta folha que se encontra toda a informação referente aos diversos elementos presentes na instalação usada na operação; vii) componente (*component*), os elementos detalhados na folha tipo podem estar instalados em vários lugares e existirem em elevado número, como tal, todos os que existirem no projeto estarão listados nesta folha de trabalho, indicando o espaço onde estão localizados, o seu número de série, código de barras, entre outros; viii) sistema (*system*), anotação de todos os sistemas criados no modelo BIM, com respetiva categoria e os componentes que os constituem; ix) montagem (*assembly*), os dados registados em componentes e tipo podem ser agregados para facilitar as suas configurações; x) conexões (*connection*), em que são detalhadas as ligações existentes entre os diversos componentes; xi) reserva (*spare*), é nesta folha que são listadas as peças sobresselentes existentes no local; xii) recursos (*resources*), aqui são referidos os materiais, ferramentas e formação necessária; xiii) tarefa (*job*), enumera a listagem de procedimentos relacionados com a operação da instalação; xiv) impacto (*impact*), onde são descritos os impactos económicos, ambientais e sociais durante as diferentes fases do ciclo de vida do empreendimento; xv) documentos (*documents*), que deve ser preenchida com informação referente às garantias, aos manuais de operação e manutenção do empreendimento e aos equipamentos instalados; xvi) atributo (*attribute*), são preenchidos, nesta folha, requisitos específicos para um determinado espaço, piso ou componente; xvii coordenadas (*coordinate*), esta folha contém as coordenadas dos elementos do empreendimento; edição (*issue*), agrega questões referentes à obra; xix) listas de seleção (*picklist*), onde são apresentadas várias listas em que são abrangidas as opções de preenchimento de diversos campos ao longo das folhas de trabalho COBie, disponibilizando várias colunas com listagens de unidades de medida, tipos de recursos, classificações, entre outros.

Parte destas folhas de trabalho são preenchidas automaticamente pelo programa que fornece os dados COBie, enquanto a restante terá de ser preenchida manualmente. Existe uma primeira folha não editável designada instrução, onde é feita uma introdução à especificação COBie, contento as instruções necessárias para uma boa

utilização das várias folhas de trabalho subsequentes e é dividida em três blocos (título, dados recolhidos em cada fase e código de cores). Relativamente ao código de cores indica-se: i) amarelo, informação requisitada pelo contrato; ii) laranja, informação de referência; iii) violeta, informação preenchida automaticamente pelo sistema; iv) verde, informação requisitada caso seja especificada; v) cinzento, informação secundária; vi) azul, para acrescentar informação complementar caso necessário; vii) preto, para assinalar folhas de trabalho não preenchidas por não terem sido solicitadas no contrato (Figura 4).

O primeiro passo para a criação das folhas de cálculo COBie para a infraestrutura em estudo foi a edição das configurações gerais, com criação da lista dos contatos por forma a gerir, editar ou excluir os contatos dos envolvidos no projeto. Nesta lista, consta o nome, o e-mail, o telefone, o endereço, entre outros. Dentro dos contatos considerou-se a classificação da OmniClass com o código 34-20 11 21 para Engenheiro Civil. Em seguida, no que se refere a configuração de parâmetros, foram editadas: i) Localização; ii) identificação, categoria-tipo e descrição-tipo; iii) espaços; iv) tipo; v) componentes; vi) sistemas; vii) atributos; viii) coordenadas; ix) horários. Posteriormente o Mapeamento de Parâmetros permitiu ignorar os parâmetros padrão da extensão COBie e usar os próprios parâmetros definidos no modelo BIM. Finaliza-se a configuração de parâmetros criando os schedule e os data nas propriedades de cada componente do modelo e também na informação do projeto. Num segundo passo, os dados COBie aplicados aos elementos durante a criação do modelo BIM fossem editados. Para a divisão dos espaços e zonas no modelo foi tido em conta o seguinte: i) Todos os tanques, canais de ensaio e escritórios corresponderam a uma *Room/space*; ii) e as Zonas encontram-se divididas por 3 tipos diferentes (Zona A, Zona B e Zona C), em que cada uma delas agrupa diferentes tipos de *Room/spaces.* Após criação/definição, essas Zonas permitem mapeamento para qualquer uma das *Rooms* presentes no modelo elaborado. Foi também possível fazer seleção dos elementos e exportar (todas as famílias que se encontram no modelo) e ainda a correspondente visualização. Para finalizar geraram-se as folhas de cálculo COBie necessárias, como documentos do Microsoft Excel. Usando as configurações definidas nas etapas anteriores, neste procedimento especificaram-se quais as folhas de cálculo que seriam exportadas. Esta opção oferece a possibilidade de selecionar de entre as folhas de trabalho COBie as que realmente se pretende exportar. Apresentam-se, a título de exemplo, algumas das folhas de trabalho extraídas do COBie tendo por base os modelos BIM desenvolvidos para a infraestrutura em estudo, designadamente: i) espaços (*space*) – Arquitetura (Figura 6); ii) recursos (*resources*) – Arquitetura (Figura 7); iii) componente (*component*) –MEP (Figura 8); iv) tipo (*type*) – MEP (Figura 9).



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	FloorName	Description	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	RoomTag	UsableHeight	GrossArea	NetArea
Rooms_Tanque 1	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310925	n/a	n/a	615,8905	615,8905
Rooms_Tanque 2	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310928	n/a	n/a	1101,9134	1101,9134
Rooms_Canal de Onda	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310931	n/a	n/a	32,9108	32,9108
Rooms_Escritorio 2	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310934	n/a	n/a	204,877	204,877
Rooms_Canal de Onda	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310937	n/a	n/a	29,0971	29,0971
Rooms_Tanque 3	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310940	n/a	n/a	698,854	698,854
Rooms_Tanque 3.5	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310943	n/a	n/a	15,5236	15,5236
Rooms_Tanque 4	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310946	n/a	n/a	279,6447	279,6447
Rooms_Canal de Onda	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310949	n/a	n/a	332,0969	332,0969
Rooms_Deposito 1	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310952	n/a	n/a	83,1423	83,1423
Rooms_Canal de Inclir	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310955	n/a	n/a	276,5657	276,5657
Rooms_Canal de Onda	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310958	n/a	n/a	76,982	76,982
Rooms_Poço 4	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310961	n/a	n/a	1,7161	1,7161
Rooms_Canal de Inclir	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310964	n/a	n/a	6,51	6,51
Rooms_Canal de Inclir	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310967	n/a	n/a	6,665	6,665
Rooms_Canal de Inclir	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310970	n/a	n/a	6,386	6,386
Rooms_Canal de Inclir	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	310973	n/a	n/a	6,231	6,231
Rooms_Circulação	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326266	n/a	n/a	4057,1119	4057,1119
Rooms_Escritorio 1	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326303	n/a	n/a	32,176	32,176
Rooms_Tanque 6_Roc	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326306	n/a	n/a	31,5543	31,5543
Rooms_Tanque 7_Roc	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326309	n/a	n/a	32,246	32,246
Rooms_Tanque 8_Roc	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326312	n/a	n/a	3,0591	3,0591
Rooms_Tanque 9_Roc	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326315	n/a	n/a	1,9305	1,9305
Rooms_Escritorio 13	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326318	n/a	n/a	7,5201	7,5201
Rooms_Escritorio 12	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326321	n/a	n/a	7,4399	7,4399
Rooms_Escritorio 11	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326324	n/a	n/a	7,48	7,48
Rooms_Escritorio 10	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326327	n/a	n/a	7,48	7,48
Rooms_Escritorio 9	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326330	n/a	n/a	7,48	7,48
Rooms_Escritorio 8	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326333	n/a	n/a	7,48	7,48
Rooms_Escritorio 7	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326336	n/a	n/a	7,48	7,48
Rooms_Escritorio 6	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326339	n/a	n/a	7,48	7,48
Rooms_Escritorio 5	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326342	n/a	n/a	6,8	6,8
Rooms_Escritorio 4	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326345	n/a	n/a	9,0122	9,0122
Rooms_Canal de Onda	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326348	n/a	n/a	39,0628	39,0628
Rooms_Poço 1	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326357	n/a	n/a	5,7462	5,7462
Rooms_Escritorio3_Es	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326360	n/a	n/a	18,15	18,15
Rooms_Tanque 4.5	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326363	n/a	n/a	3,4064	3,4064
Rooms_Poço 2	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326366	n/a	n/a	3,0201	3,0201
Rooms_Tanque 25_Rc	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326369	n/a	n/a	1,2323	1,2323
Rooms_Tanque 26_Rc	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326372	n/a	n/a	1,1597	1,1597
Rooms_Poço 3	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326375	n/a	n/a	4,9709	4,9709
Rooms_Tanque 5	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326378	n/a	n/a	503,1739	503,1739
Rooms_Tanque 6	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326381	n/a	n/a	478,3609	478,3609
Rooms_Tanque 6.5	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326384	n/a	n/a	4,3821	4,3821
Rooms_Escritorio 14	svetlana_marili	2018-11-19T01:	n/a	8mm Head	n/a	Autodesk R	Rooms	326404	n/a	n/a	n/a	n/a

Instruction | Contact | Facility | Floor | Space | Zone | Type | Component | System | Assembly | Connection | Spare

Figura 6 – Folha de cálculo espaços (*space*) –Modelo de Arquitetura (João, 2019)

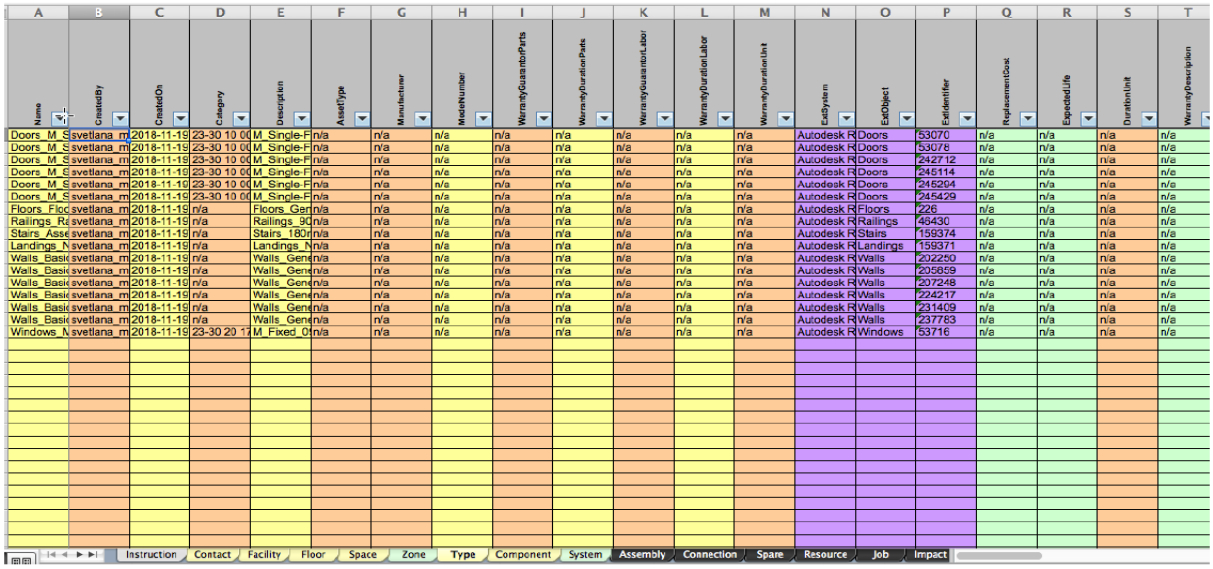


Figura 7 – Folha de cálculo recursos (*resources*) – Modelo de Arquitetura (João, 2019)

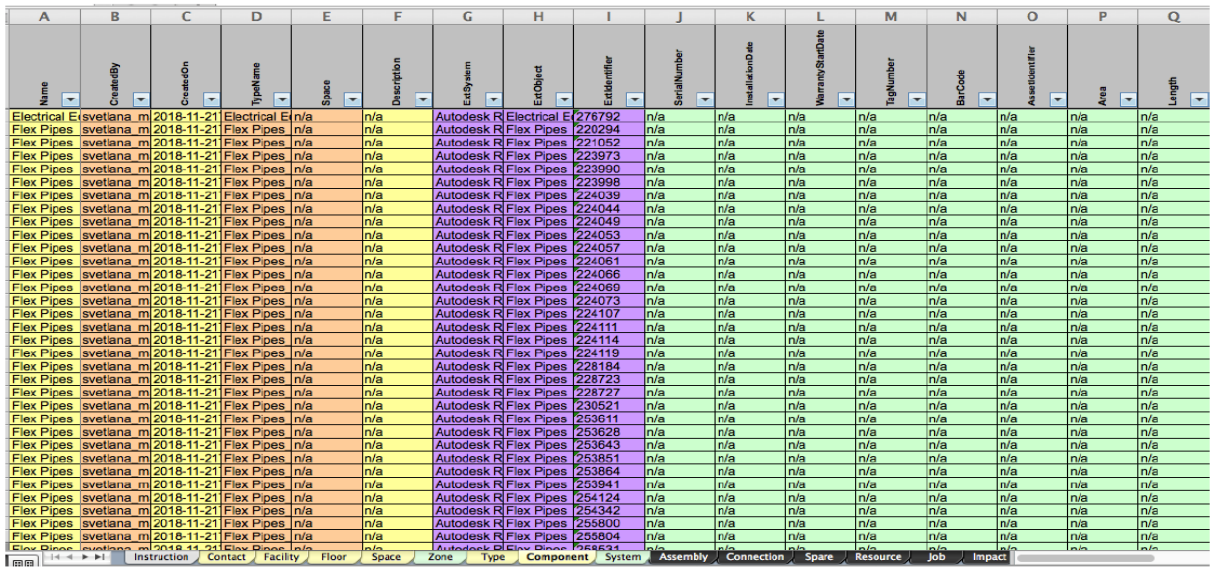


Figura 8 – Folha de cálculo componente (*component*) – Modelo de MEP (João, 2019)

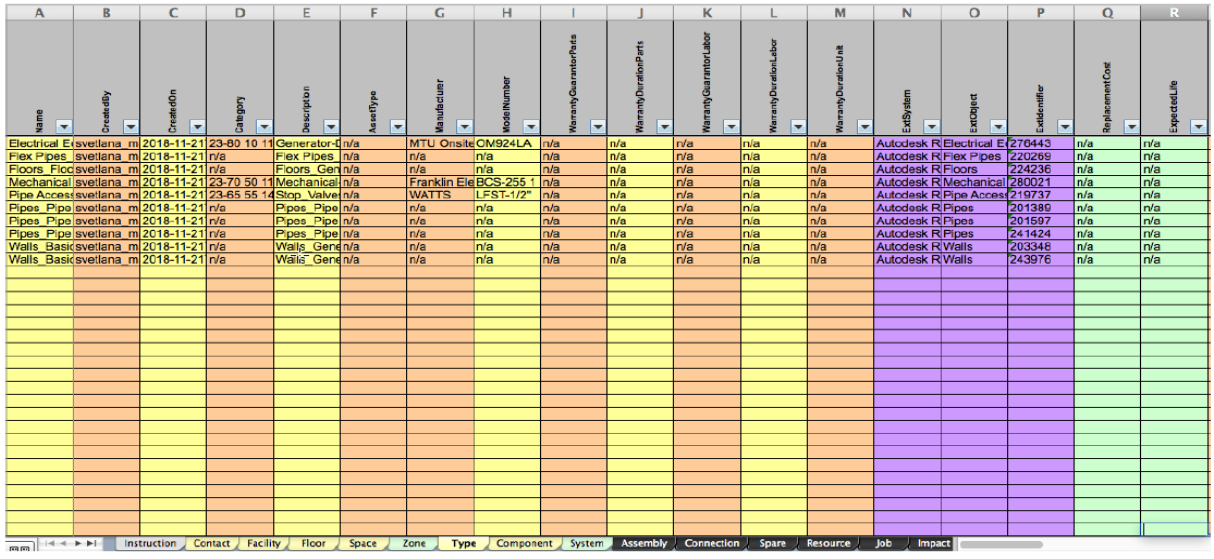


Figura 9 – Folha de cálculo tipo (*type*) – Modelo de MEP (João, 2019)

4. CONCLUSÕES

Após a construção, o gestor do projeto geralmente transfere um conjunto considerável de informação para o responsável pela fase de operação/gestor do ativo. Supõe-se que esta informação possa ajudar o gestor do ativo na manutenção, operação e controlo do ativo. Verifica-se que frequentemente esta informação é entregue, meses ou anos após a construção e o ativo ter sido ocupado, acabando por nunca ser consultada ou usada.

A utilização da especificação COBie permite identificar o conteúdo da informação que deve ser importada/exportada em cada fase do processo e assim reduzir o desperdício de recursos humanos, materiais e tempos associados. O projetista é obrigado a fornecer o layout do espaço, lista de sistemas, tipos de equipamentos e a respetiva localização. O construtor adiciona equipamentos, modelo e número de série e fornece manuais dos fabricantes, garantia e informação de peças de reposição. O agente de comissionamento fornece os dados de plano de trabalho com ferramentas associadas, a formação e os requisitos do equipamento.

Após a modelação infraestrutura em estudo num software BIM integrando a informação relativa aos ativos físicos da instalação fornecida pelos responsáveis, foi possível efetuar a exportação da informação integrada no modelo BIM para as folhas de cálculo COBie. Este procedimento permite melhorar o controlo e gestão os ativos físicos existentes na infraestrutura, durante a fase de operação e manutenção, com vista à obtenção de um melhor desempenho. A integração da Gestão de Ativos na metodologia BIM, com base no COBie é bastante vantajosa, na medida em que permite a criação de uma base de dados que auxilia no processo da manutenção e operação dos ativos. A avaliação das folhas de cálculo COBie é bastante positiva, pois a informação é armazenada, estruturada e extraída de um modelo BIM, sendo, no processo da exportação, a maioria da informação preenchida de forma automática, o que evita erros e omissões.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os elementos fornecidos pela Eng.ª Svetlana João para a elaboração do presente artigo.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, T., 2017 – **Metodologias de gestão de ativos na perspetiva do prestador de serviços de manutenção**. Dissertação de Mestrado. Setúbal: Escola Superior de Tecnologia de Setúbal.

COELHO, R., 2015 – **Aplicação do conceito de gestão de ativos físicos numa estação elevatória de águas**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

EAST, W., 2007 – **Construction operations building information exchange (COBIE): Requirements definition and pilot implementation standard**. Final Report, Construction Engineering Research Laboratory (CERL).

EAST, W; CARRASQUILLO-MANGUAL, M., 2013 – **The COBie guide: A commentary to the NBIMS-US COBie standard**. National Institute of Building Sciences, 125 pp.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K., 2008 – **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors (first).** New Jersey, United States: John Wiley & Sons, Inc.

FALCÃO SILVA, M. J.; SALVADO, F.; COUTO P.; VALE AZEVEDO, A., 2016 – **Análise do ciclo de vida de estruturas: Integração entre metodologia BIM e a especificação COBie**. Encontro Nacional Betão Estrutural – BE2016. Coimbra: FCTUC.

HAMIL, D., 2012 – **Building information modelling and interoperability**.UK: NBS.

ISO 55000:2014 – **Asset management — Overview, principles and terminology**. Genéve: ISO Central Secretariat.

JOÃO, S., 2019 – **Metodologia BIM aplicada à gestão de ativos**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

MARTINS, J, 2015 – **O papel da engenharia na gestão de ativos de uma unidade industrial.** Dissertação de Mestrado. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

MARTINS, M., 2017 – **Aplicação do BIM a infraestrutura técnica: sistema de climatização**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

RODAS, I., 2015 – **Aplicação da metodologia BIM na Gestão de edifícios**. Dissertação de Mestrado. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

FACILITY MANAGEMENT: NOVO PARADIGMA ATRAVÉS DA CRIAÇÃO DE VALOR ÀS ORGANIZAÇÕES

FACILITY MANAGEMENT: NEW PARADIGM BY CREATING VALUE FOR ORGANIZATIONS





Marta Mayer Feitosa de Oliveira [(1)], Matheus Bento Correia [(2)],

(1) Universidade do Minho, Portugal, pg37081@alunos.uminho.pt
(2) Universidade do Minho, Portugal, pg37082@alunos.uminho.pt

RESUMO

Em *Facility Management* (FM) as práticas de sustentabilidade não podem ser negligenciadas. Elas devem ser consideradas desde as fases preliminares de planeamento do projeto. Para além disto, importa otimizar os recursos consumidos durante todo o ciclo de vida da construção; especialmente nas fases de operação e manutenção por serem as mais longas deste processo e, consequentemente, as que demandam altos custos. Portanto, as atividades de FM – alicerçadas nos pilares: processos, espaços, pessoas e tecnologia – contribuem para a melhoria das organizações, visto que dão suporte as atividades essenciais das empresas (*core business*) com otimização da produtividade e redução dos custos. Atualmente, a 4.ª geração do FM encontra-se em um nível transformacional, ou seja, visa atingir a excelência nos serviços de *outsourcing*, que proporcionam às organizações mais vantagens competitivas. No cenário europeu, os números evidenciam o potencial crescente do mercado em FM, que de um "mal necessário" passou a ter perspetivas centradas em agregar valor às empresas por meio de uma estratégia corporativa-integrativa e um gerenciamento eficiente através de práticas sustentáveis. A literatura mais atualizada sobre *Sustainable Facilities Management* (SFM) define-o como a integração das práticas sustentáveis ao contexto do FM. Este ensaio conceitual conclui que apesar de existirem várias publicações sobre o tema, o conceito do SFM é escasso, limitado e há desafios a enfrentar. Contudo, é indubitável a busca por conhecimento. Neste quesito, os países nórdicos estão à frente nas investigações e publicações sobre FM. Esse trabalho eleva a importância do FM, no cenário do SFM, especialmente no que concerne a expressão "agregar valor" nos processos organizacionais. Portanto, o objetivo deste artigo é tecer uma revisão bibliográfica e estado-da-arte especialmente na literatura estrangeira, evidenciar o surgimento/ evolução do FM e apontar alguns entraves gerenciais e barreiras que dificultam esta implementação, como também, listar as tendências da academia no momento atual.

Palavras-chave: Facilities Management / Sustainable Facilities Management / Agregar Valor / Gerenciamento Organizacional / Outsourcing

1. INTRODUÇÃO

Estima-se que numa construção com vida útil de 50 anos as despesas relacionadas às fases de conceção e de execução representam 20% a 25% dos custos totais, enquanto que as despesas relativas às fases de operação e manutenção representa entre 75% e 85% dos custos totais (Perret 1995 citado por Dores, 2014). Sendo os processos de operação e manutenção parte integrante de uma fase mais abrangente nomeada Fase de Utilização que contempla ainda as etapas de reparação, substituição, reforma e, inclusive, as utilizações operacionais de energia e água, conforme preconizado na norma europeia EN 15978:2011 (Birgisdóttir & Rasmussen, 2016).

No cenário mundial atual e, especialmente, em *Facility Management*, a preocupação sustentável deve ser considerada nas fases preliminares de planeamento do projeto e perpassar pelas etapas subsequentes; que somados aos interesses dos utilizadores visarão otimizar os recursos consumidos durante todo o ciclo de vida da construção (Støre-Valen & Buser, 2019). E cada vez mais a sustentabilidade tem se tornado parte integrante da análise ciclo de vida (LCA), haja vista que estes custos são capazes de melhorar a eficiência de custos dos projetos de construção e minimizar os custos gerais para proprietários e utilizadores (Islam, Nazifa, & Mohamed, 2019). Segundo Olaniyi (2017, citado por Islam, Nazifa, & Mohamed, 2019), no Reino Unido e na indústria da construção 20% do custo anual com manutenção são provenientes de erros na fase de projeto. Desse modo, quaisquer investigações que busquem mitigar tais desperdícios e/ou custos são de extrema significância para a sociedade. Até porque as fases de projeto e operação "*são iterativas, evolutivas e inclusivamente vinculadas*" (Meng, 2014).

Assim a atividade de FM surge como alternativa viável na gestão de recursos, quer de forma estratégica, quer operacional (Nutt, 2000 citado por Waheed, 2012) no intuito de manter as organizações competitivas ante as rápidas mudanças globais (Becker, 1990 citado por Waheed, 2012). Entretanto, o leque de atuação do *Facility Management* é amplo, diversificado e distinto entre os países europeus. Certamente, por este motivo não há uma unidade em relação a entendimentos e abordagens, pois existem perspetivas históricas e culturais particulares entre cada um destes países. Ademais, no sistema de classificação europeu (Eurostat) o FM não é ainda considerado uma classe separada. O que dificulta a obtenção de estatísticas de mercado neste universo (*Business Plan CEN/TC 348 Facility Management*, 2006).

A norma europeia EN 15221-1 define FM como *"integração de processos dentro de uma organização para manter e desenvolver os serviços acordados que apoiam e melhoram a eficácia das atividades primárias".* Ele é, portanto, uma atividade profissional multidisciplinar que visa a funcionalidade das organizações de forma integrativa entre pessoas, espaços, processos e tecnologia, subdividindo-se em *hard FM* – relacionado à operação e manutenção das instalações, cujas características são física, temporal, funcional e financeira – e *soft FM* – relacionado aos serviços de suporte (prestação de serviços da prática diária) como restauração, limpeza, segurança e descarte de resíduos, cujas características são ergonómica, sensorial e comportamental ("EN 15221-1 – Facility Management – Part 1: Terms and Definitions," 2006; Meng, 2014).

Os primórdios do FM foram evidenciados na década de 60 em função da necessidade de uma gestão mais racional em edificações destinadas a escritórios devido a introdução dos primeiros computadores nos ambientes de trabalho. Neste primeiro momento, a gestão tratava-se da organização das redes de informática e *layout* do mobiliário no intuito de permitir um ambiente mais eficiente e produtivo (Wiggins, 2010 citado por Dores, 2014).

A atividade de FM foi identificada como profissão nos EUA no início da década de 70. Em dezembro de 1978 Herman Miller Research Corp organizou uma conferência intitulada de *Facility Influence on Productivity*, em Ann Arbor, Michigan, onde se reuniram cerca de 40 profissionais de empresas preocupados com este assunto. Este foi o arranque para a formação de uma organização especializada. Fizeram-se presente os três fundadores da

National Facility Management Association (NFMA)[1], George Graves do *Texas Eastern Transmission Corp*, Charles Hitch do *Manufacturer's Bank of Detroit* e David Armstrong, da *Michigan State University* (Dores, 2014; Maurício, 2011). A partir daí, o FM expandiu-se por outros países, inclusive com a abertura de algumas associações listadas na Figura 1.

acrónimo	nome da Associação/ Instituição/ Federação	país	ano fundação	website
IFMA*	International Facility Management Association	USA	1980	https://www.ifma.org
JFMA	Japan Facility Management Association	Japão	1987	http://www.jfma.or.jp/en
EuroFM*	European Facility Management Network	Europa (sede Holanda)	1987**	https://www.eurofm.org
GFMA	German Facility Management Association	Alemanha	1989	https://www.gefma.de
DFM	Dansk Facilities Management	Dinamarca	1991	https://www.dfm-net.dk
ARSEG*	Association des Directeurs et Responsables de Services Généraux	França	1991****	https://www.arseg.asso.fr
FMA*	Facility Management Association of Australia	Austrália	1993	https://www.fma.com.au
IWFM*	Institute of Workplace and Facilities Management	Reino Unido	1993	http://www.iwfm.org.uk
BIFM*	British Institute of Facilities Management	Reino Unido	1993	https://www.bifm.org.uk
FIFMA	Finnish Facility Management Association	Finlândia	1993	http://www.fifma.org
NEFMA	Facility Management Netherland	Holanda	1995	https://www.fmn.nl
APFM	Association of Property and Facility Managers	Singapura	1995	http://www.apfm.org.sg
IFMA Nigerian	International Facility Management Association Nigerian Chapter	Nigéria	1995	https://www.ifmanigeria.org
FMA	Facility Management Áustria	Áustria	1995	https://www.fma.or.at
MFS	Maintenance and Facility Management Society of Switzerland	Suíça	1998	http://www.fmswiss.ch
ABRAFAC*	Associação Brasileira de Facilities	Brasil	2004	https://www.abrafac.org.br
HFMS*	Hungarian Facility Management Society	Hungria	2005	http://www.hfms.org.hu/web
APFM	Associação Portuguesa de Facility Management	Portugal	2006	http://apfm.pt
FMANZ*	Facilities Management Association of New Zealand	Nova Zelândia	2008	https://www.fmanz.org
MEFMA*	Middle East Facility Management Association	Dubai	2009	http://mefma.org
NAFAM	National Assets and Facilities Management	Malásia	***	https://nafam.org.my
Global FM	Global Facility Management Association	Internacional (sede Austrália)	***	https://globalfm.org

* fazem parte da Global FM (Global Facility Management Association) que é uma federação mundial.
** ano da primeira reunião para criação da associação. A EuroFM foi oficialmente registrada em 1993.
*** informação não encontrada.
**** A ARSEG foi criada em 1975, porém somente em 1991 teve a abertura aos membros associados (https://www.arseg.asso.fr/page/notre-histoire).

Figura 1 – Relação das principais associações existente sobre *Facility Management*

Embora possa haver equívoco em considerar como sinônimas as atividades de gerenciamento da manutenção (*maintenance management*) e gerenciamento das instalações (*facilities management*), elas são atividades distintas, definidas por Alexander (2003) e representadas pela Figura 2. A primeira preocupa-se sobretudo com a deterioração física do ativo, enquanto que o FM se preocupa em preservar as características funcionais e tecnológicas do ambiente construído.

[1] Essa designação foi posteriormente alterada para International Facility Management Association (IFMA) e permanece até os dias atuais (Maurício, 2011).

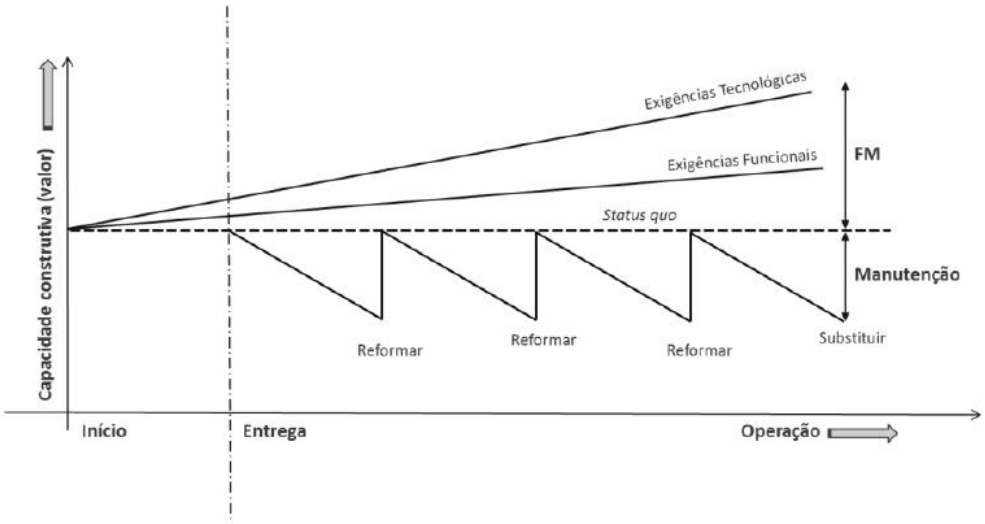


Figura 2 – Diferença entre gerenciamento da manutenção e gerenciamento das instalações

Em termos numéricos, salienta-se que o Mercado Europeu de FM representou aproximadamente 665 biliões em 2008. E desse total, 422 biliões estão distribuídos entre os cinco países que encabeçam a lista composta por: Reino Unido, Alemanha, França, Itália e Espanha, nesta ordem (Teichmann, 2009). Isso corresponde a cerca de 40 milhões de postos de trabalho por ano na Europa. Dependendo do país e do estado de maturidade, a atividade de FM representa cerca de cinco a oito por cento do GDP (*gross domestic products*), conforme dados publicados no website do *European Facility Management Network* – EuroFM ("EuroFM," 2020). Apenas para registar, Portugal representava um mercado emergente e ocupava a 19.ª posição, com o GDP de 154,78 biliões de euros nesse levantamento feito por Teichmann (2009).

2. ENQUADRAMENTO, EVOLUÇÃO, INOVAÇÕES, BARREIRAS E TENDÊNCIAS DO *FACITILY MANAGEMENT*

2.1. Enquadramento

O reconhecimento da gestão da manutenção de edifícios é indubitável como significativo às organizações, tendo em vista os custos elevados associados e os inúmeros processos envolvidos (Maurício, 2011). Embora a gestão das instalações não seja considerada atividade crítica, biliões de pessoas no planeta, seja no ambiente de trabalho, seja no lazer ou ambiente doméstico dependem diariamente da fiabilidade das instalações (Fraser, 2014 citado por Silva, 2015). E ainda que o FM tenha sido desenvolvido para empresas voltadas para negócios, há, igualmente, aplicabilidade de suas diretrizes ao setor público (Hajnal, 2016).

Assim sendo, o FM apresenta-se como o setor emergente e mais poderoso na tentativa de otimizar drasticamente os custos, mormente após os serviços de *outsourcing* tornaram-se populares (Baaki, Baharum, & Ali, 2016). Fraser (2014 citado por Islam *et al*., 2019) pontua que nos *"últimos 15 a 20 anos, houveram crescentes avanços rápidos no campo do FM, antes este setor tinha sido considerado um mal necessário pelos líderes de negócios e demais gestores".* Entretanto, nos últimos anos tal pensamento tem sido cada vez mais substituído por assuntos estratégicos dentro das organizações, com foco na importância do binómio estratégico-financeiro, no que concerne à função da manutenção dos ativos destas corporações.

Portanto, no pensar de Pitt e Tucker (2008 citado por Baaki *et al.*, 2016) o objetivo do FM é integrar serviços não essenciais (*noncore*) para dar suporte adequado às principais funções e objetivos de uma organização (*core business*). Tal objetivo pode ser alcançado através do reconhecimento de três características primordiais. A saber:

> *"FM como função ou serviço de suporte a uma organização.*
>
> *As atividades estratégicas, táticas e operacionais devem ser integradas e vinculadas às atividades primárias para criar valor.*
>
> *Conhecimento adequado de FM entre os gerentes de instalações."* (Baaki *et al.*, 2016)

O papel primordial da equipa de FM é atender e melhorar a qualidade do produto construído, o custo-benefício e, por fim, constituir um orçamento operacional aplicável a qualquer organização. Adotar a estratégia do FM possibilita otimizar a produtividade ao menos tempo que se maximiza a eficiência de forma geral de todos os componentes dos edifícios.

2.2. Evolução do FM e *Outsourcing*

Desde o surgimento, o FM tem evoluído ao longo das décadas e perpassado por quatro gerações, cada qual a contemplar especificidades próprias no que concerne as atividades e níveis organizacionais, de acordo com a Figura 3 (Alexander, 2009).

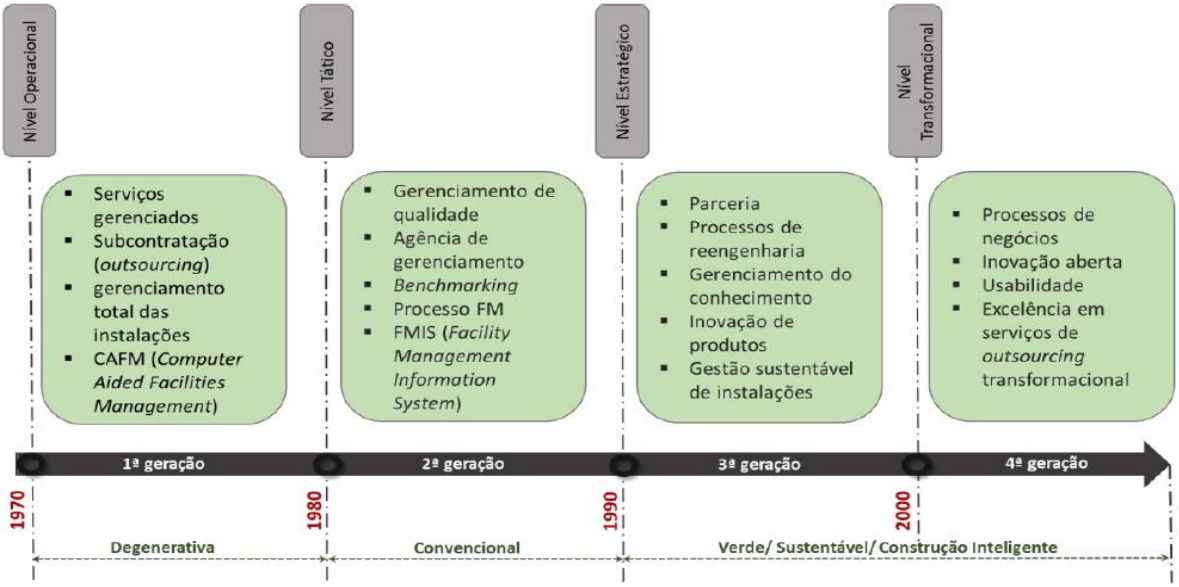


Figura 3 – Evolução do FM (Alexander, 2009) com adaptações de (Islam *et al.*, 2019; Plaut, Dunbar, Wackerman, & Hodgin, 2012)

Algo bastante evidente nesta 4.ª geração do FM é a prática do *outsourcing*. O termo *outsourcing* é formado pela junção das três palavras em inglês: **OUT**side re**SOURCE** us**ING** (Vetráková, Potkány, & Hitka, 2013), cuja expressão é corrente no ambiente comercial americano e significa utilização de serviços externos. O *"outsourcing é a transferência de atividades internas da empresa e entrega-as a uma empresa prestadora de serviços que realiza o serviço numa data e preço acordados"* (Sá, 2016). Prioriza-se por transferir a atividade que não faz parte do *core business* da organização de modo a obter vantagens competitivas, redução de custos operacionais, execução de serviços e/ou atividades mais eficientes em comparação ao executado por equipas *in-house*, justificado pelo grau de especialização envolvido na atividade subcontratada. Desta maneira, a organização poderá focar exclusivamente no bom desempenho das atividades que lhe são essenciais.

O FM engloba todas essas atividades não essenciais de uma companhia, como por exemplo: serviços de cozinha, segurança, limpeza, jardinagem, dentre outras. E todas elas têm um papel vital em qualquer instituição comercial. Portanto, transferir essas responsabilidades agregará mais valor às atividades primárias destas organizações (*Business Plan CEN/TC 348 Facility Management*, 2006; Kurdi *et al*., 2011). Embora seja prudente que as organizações possuam algumas equipas *insourcing* especializadas para controlo e orientação da

prestadora do serviço; obviamente isto dependerá do nível e tamanho da empresa. Estas contratações podem ser feitas através de três processos: RFI (*Request for Information*), RFP (*Request for Proposal*) e RFQ (*Request for Quotation*) (Dores, 2014).

2.3. FM como ferramenta de valor agregado às organizações

Durante o ciclo de vida de uma construção, a fase mais crítica num viés ambiental é, sem dúvidas, a fase de operação, pois ela é a mais longa e a que sofrerá os maiores impactes decorrentes dos serviços de operação do edifício. Portanto, seria prudente que todas as construções pudessem ser projetadas de forma a atender aos requisitos mínimos de bem-estar humano e reduzir os impactos dos custos na fase operacional. Dentre outras práticas construtivas, isso se consegue através de práticas sustentáveis, que dependerão tanto dos requisitos do proprietário, quanto das regulamentações governamentais (Islam *et al.*, 2019; Olaniyi, 2017). Porém, "*uma maior eficácia seria obtida se a implementação de práticas sustentáveis fosse considerada uma força motriz interna para uma estratégia de competitividade integrada*" (Pham, KIm, & Luu, 2019). Neste contexto, os profissionais de FM têm a melhor oportunidade de agregar valor à sua organização e seus clientes por intermédio do gerenciamento eficiente relacionados à questões e práticas sustentáveis (Støre-Valen & Buser, 2019).

O gestor de instalações assume a responsabilidade de transformar a teoria sustentável em prática sustentável no dia-a-dia, através da integração simultânea da sustentabilidade de um ambiente economicamente eficiente, ambientalmente amigável e socialmente responsável. Portanto, uma característica primordial que tais profissionais necessitam dominar é a liderança para implementar a sustentabilidade de forma hierárquica (verticalizada), ou seja, de cima para baixo (Meng, 2014).

> "*Os gerentes de instalações bem-sucedidos reconhecerão a importância de fornecer serviços de alta qualidade que atendam às expectativas percebidas do cliente. Eles desenvolverão relacionamentos interpessoais e tomarão decisões em condições de ambiguidade. Como 'intermediários do conhecimento', eles podem ser reconhecidos como ativos organizacionais inestimáveis*" (Alexander, 2003).

Conforme a literatura referenciada, Porter & Kramer (2011) introduziram o conceito de criação de valor compartilhado com base na ideia de que o sucesso corporativo e o bem-estar social são interdependentes. Portanto, existe um elo entre vantagens competitivas e responsabilidade social corporativa. Assim uma empresa (ou organização) necessita de um ambiente de trabalho saudável, com colaboradores instruídos, recursos sustentáveis e uma gestão competente (Alexander, 2012).

Tradicionalmente, o cerne fundamental do FM é o controlo e a redução dos custos de ativos físicos, espaços de trabalho e demais serviços relativos as instituições. Entretanto, nos últimos anos, essa visão tem migrado para a criação de valor agregado às organizações (Jensen & van der Voordt, 2016). E, em diversos países, investigadores no assunto têm buscado delimitar os tipos de parâmetros de valor. Citam- se alguns exemplos:

(Vries, Jonge, & Van Der Voordt, 2008) Holanda – listaram três parâmetros diferentes de valor: produtividade, lucratividade e eficiência de custos.

(Lindholm, 2008) Finlândia – definiu sete parâmetros para gestão imobiliária corporativa: aumentar o valor dos ativos, promover *marketing* e vendas, aumento da inovação, aumento da satisfação dos funcionários, aumento da produtividade, aumento da flexibilidade e redução de custos.

(Den Heijer, 2011) Holanda – acrescentou o parâmetro do desenvolvimento sustentável aos três parâmetros propostos por Vries, Jonge, & Van Der Voordt (2008).

(Jensen *et al.*, 2012) Países nórdicos, Holanda e Zurique – listaram seis diferentes tipos: valor de uso; valor do

usuário do cliente; valor económico, social, ambiental e de relacionamento.

(Katchamart, 2013) Dinamarca – os parâmetros de valor das instalações são mais percebidos como eficiência e efetividade operacional, satisfação do usuário final e lucratividade do negócio.

(Riratanaphong & Voordt, 2015) Tailândia e Holanda – em um estudo empírico, consideraram os seis parâmetros adotados por Bradley em 2002 (baseados no *Balanced Scorecard* de Kaplan e Norton): perceção dos *stakeholders*, saúde financeira, desenvolvimento organizacional, produtividade, responsabilidade e eficiência de custos e os sete parâmetros listados por Sink e Tuttle em 1989: eficácia, eficiência, qualidade, produtividade, qualidade de vida no trabalho, inovação e rentabilidade. Tal escolha justifica-se pela abrangência de vários aspectos no que tange o desempenho organizacional e a maioria das áreas em relação ao valor agredado.

(Jensen & van der Voordt, 2016) Dinamarca e Holanda – elencaram doze parâmetros: satisfação, imagem, cultura, saúde e segurança, produtividade, adaptabilidade, inovação e criatividade, risco, custo, valor dos ativos, sustentabilidade e responsabilidade social corporativa.

Embora o conceito de valor agregado seja amplamente utilizado na prática, ressalta-se que não há ainda *"uma estrutura holística amplamente aceita de indicadores-chave de desempenho relevantes"* (Bititci, Garengo, Dörfler, & Nudurupati, 2012 citado por Riratanaphong & Voordt, 2015). Entretanto, autores como Elmualim, Valle, & Kwawu (2012) pontuam que os gestores podem focar nos gerenciamentos de energia, reciclagem de resíduos e pegada de carbono no intuito de agregar valor caso pretendam atingir o viés sustentável.

A academia ainda busca mensurar explicitamente o valor agregado do FM. Porém, Jensen *et al.* (2012) teceram algumas conclusões a este respeito. Descrevam-se: o conceito de valor agregado enfatiza os aspetos estratégicos do FM; o foco mudou de valor econômico para um conceito de valor mais holístico; o valor do FM é o resultado do *linking* entre o desempenho dos *inputs* e *outputs*; o valor do FM é multidimensional; o valor do FM é o valor dos relacionamentos internos ou externos entre clientes e fornecedores; o valor do FM é subjetivo pois depende da perceção dos clientes; o valor FM depende de quem se beneficia do valor agregado e de quem se expõe os riscos e encargos (interesses dos diferentes *stakeholders*); o valor do FM depende do cenário das organizações (setor, mercado, situação específica, etc.) e, por fim, a investigação do valor do FM precisa de métodos de pesquisa qualitativa e quantitativa.

2.4. Barreiras à implementação do SFM (Sustainable Facility Management) e tendências

Uma das barreiras à implantação do SFM é que "a compreensão limitada do conceito-chave de sustentabilidade e falta de conhecimento prático têm implicações claras para a eficácia prática sustentável no gerenciamento de projetos e na indústria FM", segundo Elmualim, Shockley, Valle, Ludlow, & Shah (2010). Eles pontuam que o desenvolvimento da agenda da sustentabilidade é impactado pela fragmentação existente nos processos de projeto e construção, bem como a assimetria da informação prática disponível durante o projeto e operação das instalações. Para além disto, eles afirmam existir uma lacuna quanto à falta de informação referentes às práticas sustentáveis, seja de gestores de FM, seja de gestores de projeto e construção. E que deve ser suprida com instrução e treinamento, envolvendo todos os stakeholders na agenda sustentável com o propósito de disseminar conhecimento e educar as pessoas.

Støre-Valen & Buser (2019) definem quatro tópicos principais relacionados aos desafios da SFM. Quais sejam: organizações, tecnologia, usuários e políticas.

> *"O gerenciamento sustentável das instalações SFM é um 'guarda-chuva' com vários caminhos na redução de fluxos de energia, água e resíduos na operação diária dos edifícios, por exemplo, monitorando regularmente o consumo, usando 'contabilidade verde', aplicando políticas para sustentabilidade, maior conscientização do usuário, etc."* (Nielsen, Jensen, & Jensen, 2009)

O SFM é conjunto integrado de um sistema sócio-técnico complexo ao nível do ambiente construído, constituído por elementos como edifícios, operação, utilização, manutenção e processos de gestão, e como este sistema pode ser gerenciado para contribuir para o desenvolvimento sustentável da sociedade (Nielsen & Galamba, 2016).

Uma das soluções para incentivar a adoção do SFM é a legislação governamental através da imposição de requisitos legais que pressionarão as organizações a reduzir as "emissões de carbono, melhorando a eficiência energética, utilizando tecnologias renováveis, cortando resíduos em aterros, etc." (Meng, 2014).

Atualmente, a literatura que versa sobre SFM é escassa, entretanto a solicitação de conhecimentos e habilidades para criar edifícios sustentáveis é amplamente expressa por stakeholders (proprietários, arquitetos, engenheiros, planeadores e gestores públicos) e o seu sucesso dependerá da interrelação específica entre a utilização, os utilizadores, as instalações e o contexto organizacional no qual se encontram (Jensen & Nielsen, 2008).

3. CONCLUSÕES

Atualmente, a sustentabilidade e, igualmente, as atividades de *facility management* ainda envolvem questões inovadoras, sistemáticas e desafiadoras à toda a sociedade, especialmente na indústria da construção. Entretanto, estas lacunas poderão ser sanadas através de conhecimento, novas experiências compartilhadas, maior conscientização dos profissionais e de uma gestão ativa durante a fase de operação e manutenção. Para além disto, não se consegue implementar estas questões da noite para o dia. A academia tem desempenhado um papel primordial nas investigações desenvolvidas nesta área. Porém, ainda há uma ausência na disseminação deste conhecimento para outros países, como também na consolidação das práticas sustentáveis e operacionais ora pontuadas neste ensaio.

É inadmissível ignorar a análise ciclo de vida durante todas as fases do projeto. Uma maior atenção deve ser dada à fase de operação e manutenção, que consumirá os maiores custos durante toda a vida das edificações. Neste diapasão, é fulcral entender, definir e medir as instalações para a partir daí geri-las com prudência e total controlo. Portanto, o verdadeiro significado de qualquer abordagem sobre FM é contribuir na melhoria dos processos organizacionais, dadas as inúmeras potencialidades citadas neste artigo e, consequentemente, fazer uso dos princípios desta disciplina na Engenharia Civil e, em especial, na fase de Utilização (Operação e Manutenção).

A visão gerencial, estratégica e holística dos gestores de *facilities* contribuirá decisivamente para a redução dos custos, incremento do desempenho da edificação e, consequentemente, para a durabilidade das instalações. Assim sendo, incorporar às organizações valor agregado através do FM, tirar partido do *outsourcing* e fazer uso efetivo das premissas transformacionais do FM corroborarão imenso no desenvolvimento de tarefas operacionais mais precisas e eficientes, na criação de um ambiente mais sustentável e que proporcione melhor bem-estar aos utilizadores e organizações.

Por fim, a crítica geral que se pontua é ainda o desconhecimento destes princípios especialmente no cenário das organizações portuguesas. Efetivamente pequenas companhias, projetos menores e menos complexos não exploram esta abordagem, nem em fase de projeto, nem durante a fase de utilização do imóvel. Espera-se que através da divulgação de conteúdos sobre FM quer no ambiente académico, quer no profissional evidencie mais e mais casos de sucesso em gerenciamento para que seja visto, na prática, o valor que o FM pode agregar às organizações.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, K., 2003 – **Facilities management: theoryand practice**. https://doi.org/10.4324/9780203475966.

ALEXANDER, K., 2009 – **European facilities management: the next generation**. https://doi.org/10.13140/2.1.3731.7763

ALEXANDER, K., 2012 – **Co-creation of value in FM**. Retrieved from https://www.researchgate.net/

BAAKI, T. K.; BAHARUM, M. R.; Ali, A. S., 2016 – **A review of sustainable facilities management knowledge and practice**. (October). https://doi.org/10.1051/matecconf/20166600075

BIRGISDÓTTIR, H.; RASMUSSEN, F. N., 2016 – **Introduction to LCA of buildings**. Retrieved from https://www.trafikstyrelsen.dk/~/media/Dokumenter/09 Byggeri/Baredygtigt byggeri/TBST-2016-02-Introduction_LCA_english.pdf

BITITCI, U.; GARENGO, P.; Dörfler, V.; Nudurupati, S., 2012 – **Performance measurement: challenges for tomorrow**. *International Journal of Management Reviews*. 14(3), 305–327. https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2011.00318.x

CEN/TC348, 2006 – **Facility management**. (351260/2006/99). https://doi.org/https://standards.cen.eu/BP/414882.pdf.

DEN HEIJER, A. C., 2011 – **Managing the university campus: Information to support real estate decisions**. Doctoral Thesis. Netherlands: Delft University of Technology. Retrieved from https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A337ca4e3-2895-4fcf-aee9-752141bc6104

DORES, D. G. da S. V., 2014 – **Aplicação de conceitos de facility management em empreendimentos desportivos.** Dissertação de Mestrado. Lisboa: Instituto Superior de Lisboa. Retrieved from https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/563345090413248/dissertacao.pdf

ELMUALIM, A.; SHOCKLEY, D.; Valle, R.; LUDLOW, G.; SHAH, S., 2010 – **Barriers and commitment of facilities management profession to the sustainability agenda**. *Building and Environment*. 45(1), 58-64. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.002

ELMUALIM, A.; VALLE, R.; KWAWU, W., 2012 – **Discerning policy and drivers for sustainable facilities management practice**. *International Journal of Sustainable Built* Environment. 1(1), 16-25. https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2012.03.001

EN 15221-1:2006 – **Facility management – Part 1: Terms and definitions**. Brussels: CEN.

EuroFM, 2020 – Retrieved January 27, 2020, from https://www.eurofm.org/index.php/what-is-fm?showall=&start=2

HAJNAL, I. 2016 – **Applicability of the EN 15221 standard in public facility management**. *Procedia Engineering*. 164 (June), 277-283. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.620

ISLAM, R.; NAZIFA, T. H.; Mohamed, S. F., 2019 – **Evaluation of facilities management sustainable parameters for improving operational efficiency**. *International Journal of Construction Management*. 0(0), 1-17. https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1571750

JENSEN, P. A.; NIELSEN, S. B., 2008 – **Sustainable FM: a new field of research and practice**. *De Ontwerpmanager*. (3), 88. Retrieved from https://orbit.dtu.dk/files/3277317/Sustainable_FM_-_article_for_The_Design_Manager_-_04-09-2008.pdf

JENSEN, P. A.; VAN DER VOORDT, T., 2016 – **Towards an integrated value adding management model for FM and CREM**. Proceedings from CIB World Congress, 12. Retrieved from https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/125904830/WBC16_paper_Towards_an_Integrated_Value_Adding_Process_Model_for_FM_and_CREM.pdf

JENSEN, P. A.; VAN DER VOORDT, T.; COENEN, C. *et al*., 2012 – **In search for the added value of FM : what we know and what we need to learn**. *Emerald Insight*. 30(5), 199–217. https://doi.org/10.1108/02632771211208486

KATCHAMART, A., 2013 – **Profiling value added position in FM**. Doctoral Thesis. DTU Management Engineering. Denmark: Technical University of Denmark. Retrieved from http://orbit.dtu.dk/files/59024461/Profiling_value_added_position_in_FM.pdf

KURDI, M. K.; ABDUL-THARIM, A. H.; JAFFAR, N. et al., 2011 – **Outsourcing in facilities management – A literature review**. *Procedia Engineering*. 20, 445-457. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.187

LINDHOLM, A. L., 2008 – **A constructive study on creating core business relevant CREM strategy and performance measures**. *Facilities*. 26(7-8), 343-358. https://doi.org/10.1108/02632770810877976

MAURÍCIO, F. M. M. P., 2011 – **Aplicação de Ferramentas de facility management à manutenção técnica de edifícios de serviços.** Dissertação de Mestrado. Lisboa: Instituto Superior Técnico. https://doi.org/https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395143139302/Dis serta%E7%E3o% 20de%20Mestrado.pdf

MENG, X., 2014 – **The role of facilities managers in sustainable practice in the UK and Ireland**. *Smart and Sustainable Built Environment*. 3(1), 23-34. https://doi.org/https://doi.org/10.1108/SASBE-03-2013-0012

NIELSEN, S. B.; Galamba, K. R., 2016 – **Sustainability in facilities management : an overview of current research**. *Emerald Insight*. 34(9), 535-563. https://doi.org/10.1108/F-07-2014-0060

NIELSEN, S. B.; JENSEN, J. O.; Jensen, P. A., 2009 – **Delivering sustainable facilities management in danish housing states**. In II International Conference on Sustainibility Measurement and Modelling (ICSMM). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/255623383_DELIVERING_SUSTAINABLE_ FACILITIES_M ANAGEMENT_IN_DANISH_HOUSING_ESTATES

OLANIYI, O. O., 2017 – **Development of a facilities management framework for sustainable building practices in Nigeria**. Doctoral Thesis. Preston, United Kingdom: University of Central Lancashire. Retrieved from http://clok.uclan.ac.uk/20755/

PHAM, H.; KIM, S.-Y.; LUU, T.-V., 2019 – **Managerial perceptions on barriers to sustainable construction in developing countries : Vietnam case**. *Environment, Development and Sustainability*. (0123456789). https://doi.org/10.1007/s10668-019-00331-6

PLAUT, J. M.; DUNBAR, B.; WACKERMAN, A.; HODGIN, S, 2012 – **Regenerative design: the LENSES Framework for buildings and communities**. *Building Research and Information*. 40(1), 112-122. https://doi.org/10.1080/09613218.2012.619685

PORTER, M. E.; Kramer, M. R., 2011 – **Creating shared value how to reinvent capitalism – And unleash a wave of innovation and growth**. Harvard Business Review, (January-February).

RIRATANAPHONG, C.; VAN DER VOORDT, T. J. M., 2015 – **Measuring the added value of workplace change : performance measurement in theory and practice**. (December 2017). https://doi.org/10.1108/F-12-2014-0095

SÁ, J. P. V. P. D. de, 2016 – **Facility management: a componente da manutenção de edifícios**. Dissertação de Mestrado. Porto: Universidade do Porto. Retrieved from https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/89101/2/138959.pdf

SILVA, B. M. P., 2015 – **A Importância estratégica do facility management: o caso da EDP Valor**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: ISCTE. Retrieved from https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/11818/1/BRUNO SILVA_Tese de Mestrado %28ISCTE_IUL%29.pdf

STØRE-VALEN, M.; Buser, M., 2019 – **Implementing sustainable facility management: challenges and barriers encountered by Scandinavian FM practitioners**. *Facilities*. 37(9/10), 550–570. https://doi.org/10.1108/f-01-2018-0013

TEICHMANN, S. A. 2009 – **FM market size in Europe**. *European FM Insight*. (11), 11–14. Retrieved from https://www.zhaw.ch/storage/lsfm/institute-zentren/ifm/beruf-und-branche/artikel-teichmann.pdf

VETRÁKOVÁ, M.; POTKÁNY, M.; HITKA, M., 2013 – **Outsourcing of facility management**. Ekonomika a Management, (January). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication /286204140_Outsourcing_of_facility_management

VRIES, J. C. de; JONGE, H. de; VAN DER VOORDT, T. J. M., 2008 – **Impact of real estate interventions on organisational performance**. *Journal of Corporate Real Estate*. 10(3), 208-223. https://doi.org/10.1108/14630010810922094

WAHEED, Z., 2012 – **Application of social network analysis to understand knowledge sharing in a facilities management network**. Doctoral Thesis. Edinburgh, Scotland: Heriot-Watt University. Retrieved from https://www.ros.hw.ac.uk/handle/10399/2873

IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE CONTAMINACIÓN CROMÁTICA DE LAS FUENTES DEL PATIO DE MUSEO SOROLLA, MADRID

IDENTIFICATION OF THE CHROMATIC CONTAMINATION CAUSES IN THE PATIO OF THE SOROLLA MUSEUM'S FOUNTAINS, MADRID





Jacek Wierzchos [(1)], Asunción de los Ríos [(2)], Carmen Ascaso [(3)]

(1) Museo Nacional de Ciencias Naturales – CSIC, España, j.wierzchos@mncn.csic.es
(2) Museo Nacional de Ciencias Naturales – CSIC, España, arios@mncn.csic.es
(3) Museo Nacional de Ciencias Naturales – CSIC, España, ascaso@mncn.csic.es

RESUMEN

La Casa Museo de Joaquín Sorolla (Madrid) alberga la colección de pinturas del artista. A la entrada de este museo se encuentran dos fuentes hechas de dolomía y mármol blanco. Ambas fuentes en los últimos años empezaron sufrir un importante daño estético (contaminación cromática) por precipitación de depósitos oscuros de origen desconocido. El objetivo de este estudio ha sido proporcionar información sobre las causas de la contaminación cromática de ambas fuentes.

Palabras claves: Contaminación Cromática / Cianobacterias / Microscopia / Sustrato Lítico

RESUMEN EXTENDIDO

La Casa Museo de Joaquín Sorolla (Madrid) alberga la colección de pinturas del artista. A la entrada de este museo se encuentran dos fuentes hechas de dolomía y mármol blanco. Ambas fuentes en los últimos años empezaron sufrir un importante daño estético (contaminación cromática) por precipitación de depósitos oscuros de origen desconocido. El objetivo de este estudio ha sido proporcionar información sobre las causas de la contaminación cromática de ambas fuentes.

Para cumplir este objetivo se han tomado muestras de agua de las fuentes para el análisis químico. Asimismo se han tomado varias muestras de los depósitos oscuros de ambos vasos de las fuentes con el objetivo de estudiar la composición química, mineralógica y/o microbiana. Se han aplicado técnicas complementarias de microscopía y microanálisis tales como: microscopía óptica, microscopía de fluorescencia, microscopía electrónica de barrido, microscopía electrónica de transmisión y espectroscopia por dispersión de la energía de los rayos-X.

Los resultados del análisis químico del agua han dado resultados por debajo de las concentraciones de cationes recomendables para las aguas de consumo indicando que el agua no es la fuente de precipitación de algunos óxidos o/y hidróxidos de Fe o Mn. Sin embargo, un detallado estudio micromorfológico de los depósitos de la fuente de dolomía con aplicación de las técnicas de microscopía ha revelado que los depósitos están mayormente compuestos por un compacto biofilm de cianobacterias cocoidales y bacterias heterotróficas formando densos agregados de coloración oscura (alto contenido de carotenoides).

Las tareas microanalíticas no han mostrado la presencia de precipitaciones inorgánicas. El análisis de los depósitos de la fuente de mármol ha revelado también la presencia de un biofilm compuesto mayormente por cianobacterias, en el que se ha identificado también la presencia de cristales de pirita (FeS_2) oxidada en su superficie formando una capa oscura de goetita [a-FeO(OH)].

En la actualidad se planea aplicar técnicas de biología molecular (secuenciación con tecnología Illumina) para la identificación de los componentes microbianos mayoritarios del biofilm. Esta estrategia nos permitirá proporcionar acertada información sobre las estrategias erradicación de los biofilms de las ambas fuentes mediante la aplicación de biocidas específicos.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación de Museo de Sorolla por facilitar la toma de las muestras. El estudio se ha realizado dentro del programa TOP Heritage financiado por la Comunidad de Madrid y cofinanciación con Fondos Estructurales FSE y FEDER.

GESTÃO E MANUTENÇÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

CONSTRUCTED ENVIRONMENT MANAGEMENT AND MAINTENANCE

André Azevedo [(1)], André Silva [(2)], Jorge Mota [(3)], Tiago Campelo [(4)]

(1) BuildGest – Fiscalização e Gestão de Obras Lda, Portugal, Andre.azevedo@buildgest.com
(2) A400 – Projetistas e Consultores de Engenharia, Portugal, Andrefilipe.silva@a400.pt
(3) BuildGest – Fiscalização e Gestão de Obras Lda, Portugal, Jorge.mota@buildgest.com
(4) BuildGest – Fiscalização e Gestão de Obras Lda, Portugal, Tiago.Campelo@buildgest.com

RESUMO

A Gestão e Manutenção do Ambiente Construído nem sempre foram tidas em atenção sob a perspetiva do interesse na sustentabilidade dos edifícios ou do interesse e cuidado do Património Cultural. Hoje, mais que nunca, com o aparecimento de novas tecnologias (Laser-Scanning, BIM e FM) na indústria da construção, seja na fase de conceção, execução, exploração e manutençã o do ciclo de vida do empreendimento, esta ocupa um importante foco de interesse para os gestores de património. A interação entre o BIM (Building Information Modeling) e o FM (Facility Management) funciona na perfeição, na medida em que se consegue fazer a ponte de toda a informação que existe no modelo BIM (fase de conceção do projeto) para o FM (Gestão do ciclo de vida).

Ciente da importância da ligação destas duas metodologias (BIM-FM), a BUILDGEST encontra-se a trabalhar juntamente com a empresa de software, ARCHIBUS, no mercado de gestão do ambiente construído. Esta metodologia passa por criar um modelo BIM e integrá-lo na plataforma ARCHIBUS. É realizado um processo de migração da informação gráfica e não gráfica para a plataforma, onde será constituído/completado o modelo FM com informação de espaços, equipamentos, procedimentos de manutenção, contratos, dados sobre consumo de energia, recursos humanos e todos os custos associados a estes. Com esta informação na plataforma ARCHIBUS, esta vai permitir cruzar dados, interagir informação entre os vários intervenientes do processo e reproduzir relatórios de operação, performance e custos.

Palavras-chave: Facility Management / BIM / ARCHIBUS / Património

1. INTRODUÇÃO

Um dos atuais desafios da reabilitação do património edificado consiste na implementação de estratégias de conservação preventiva e de manutenção, assentes na passagem de uma filosofia de intervenção excecional e reativa (pós-dano) para uma estratégia de prevenção e de cuidado continuado durante o seu ciclo de vida.

A utilização da tecnologia como suporte vem contribuir para dar resposta às necessidades de gestão da operação de manutenção do património, sendo fundamental para centralizar a informação numa única plataforma de apoio à gestão, que possibilite a interoperabilidade das ferramentas de informação e modelação existentes nas diferentes áreas de intervenção. É fundamental ter uma ferramenta capaz de incluir a gestão do património sob uma perspetiva global:

- Otimizando operações e maximizando a sua manutenção;
- Registando informação e produzindo histórico das atividades;
- Monitorizando consumos e custos com energia e recursos (água e combustível);
- Controlando custos de operação, gerindo recursos e contratos de serviços;
- Analisando relatórios e indicadores de performance através de dashboards.

A interligação entre metodologias como Building Information Modeling (BIM) e o Facility Management (FM) trazem ao processo de gestão de edifícios inúmeras vantagens. O BIM proporciona uma capacidade gráfica e visual, bem como potencialidades não gráficas que em conjunto oferecem as mais valias a adquirir pelos modelos de FM. ARCHIBUS é a ferramenta utilizada para a construção do modelo de FM que com a informação exportada do modelo BIM, habilita a plataforma com dados essenciais ao desempenho, integra processos e sistemas fundamentais para a gestão.

Este artigo procura demonstrar a importância do suporte tecnológico nas diferentes áreas de utilização – Utilizador Comum; Utilizador Operacional; Gestor/Administrador – Sendo que cada um terá diferentes áreas de intervenção no processo. Pretende mostrar as oportunidades/benefícios que o mercado apresenta, os métodos e processos de implementação desta tecnologia e os relatórios de gestão.

2. METODOLOGIA BIM-FM NA GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

2.1. Oportunidade/Benefícios do uso da tecnologia

BIM é o Acrónimo/Metodologia com maior evidência quando se fala de tecnologia na indústria da construção. Apesar da metodologia BIM estar mais presente na fase de conceção de projeto, esta está presente durante todo o ciclo de vida do Ativo.

BIM proporciona ao FM a visualização gráfica tridimensional e informação não gráfica do edifício, espaços e ativos existentes no edifício. Através de alguns softwares existentes no mercado, tais como o ARCHIBUS (software utlizado) é possível estabelecer uma ligação bidirecional de troca de informação (REVIT – ARCHIBUS) permitindo a constante atualização dos modelos BIM e FM. Esta passagem de informação de base (modelo BIM) evita a sobreposição de tarefas e proporciona a automatização de alguns processos iniciais.

A fase de exploração do edifício apresenta-se como a fase com maior contribuição para o custo do ciclo de vida do edifício. Estimativas revelam que o custo do ciclo de vida do edifício representa cinco a sete vezes maior que os custos iniciais do investimento e três vezes o custo de construção (Kassem, 2014).

A gestão de instalações envolve três áreas da gestão:

- Gestão Imobiliária;
- Operação e Manutenção de Edifícios;
- Gestão de espaços e ativos em edifícios de escritórios.

Estas áreas de trabalho são o suporte das principais atividades, representam diferentes utilidades e impactos numa organização. Com a evolução constante da tecnologia e das metodologias de trabalho, as exigências, o rigor e o bem-estar são características fundamentais na dinâmica do espaço de trabalho e que apresentam diferentes necessidades:

- **Edifícios de Escritórios e Alojamento Local:** A gestão do espaço de trabalho proporciona aos utilizadores/colaboradores um maior conforto, maior produtividade e otimização de espaços traduzindo-se na redução de custos imobiliários para os proprietários. No alojamento local o cliente apresenta-se como o foco, onde este destaca-se cada vez mais pela necessidade de efetuar pedidos de serviços de forma rápida e eficaz, e que procuram aumentar a sua perceção de conforto tornando a sua estada especial. A manutenção e as medidas preventivas de higiene pública revelam destaque na grande afluência de pessoas em curtos espaços de tempo – os registos de todos estes procedimentos são importantes para tomar melhores decisões no futuro.
- **Edifícios industriais:** onde as máquinas e a produção contínua representam o ativo com maior influência na produção. É fulcral a realização da manutenção dos equipamentos, de medidas preventivas, o reporte de problemas, o controlo da operação e respetivos custos, a gestão de contratos de serviços e garantias dos equipamentos, assim como o controlo e custos dos consumos de energia e recursos. Estes tornam-se elementos fundamentais de registo digital, controlo e monitorização na gestão do edifício durante o seu ciclo de vida.
- **Hospitais:** onde o Utente e os cuidados de saúde pública contribuem como razões fundamentais para se ter um serviço dinâmico, com processos automatizados, registos digitais de monitorização de ativos. O inventário, o cadastro e a gestão de ativos críticos são um fator fundamental para que o funcionário da saúde, tenha acesso a informação de quantas camas estão disponíveis ou que vagas existem por quarto, saber o histórico de manutenção em equipamentos médicos e espaços, em que circunstâncias foram executados (ações preventivas ou corretivas), etc. … representam fatores de extrema importância.
- **Setor Público:** Apresenta grandes dificuldades quer em recursos humanos quer em recursos económicos disponibilizados para a manutenção do património. Este apresenta necessidades como:

Falta de recursos e dificuldades na comunicação da gestão de património cultural quando estes são geridos por várias entidades;

  - Registos digitais e atualizados em tempo real;
  - Monitorização do histórico de operação, manutenção e mudanças dos ativos ao longo do seu ciclo de vida, assim como a gestão de contratos de serviços externos;
  - Organização da informação documental associada a espaços, processos de operação, manutenção de equipamentos, entre outros.

Estas necessidades traduzem-se em oportunidades fundamentais para a melhoria contínua, aumento da produtividade, controlo e redução dos custos do ambiente construído.

2.2. Metodologia de implementação BIM-FM

A metodologia BIM-FM traduz-se na utilização de dois softwares compatíveis e que permitam a ligação entre ambos, esta ligação deve ser bidirecional para que haja a completa troca de informação sem a duplicação de tarefas. É importante perceber o significado e a importância destas duas metodologias (BIM e FM)

individualmente, com uma perspetiva do que estas representam ou proporcionam funcionando em conjunto (BIM-FM).

Neste subtítulo irá ser abordado o método geral do processo de interligação de um modelo BIM com um modelo FM, de um edifício Real/Digital e a importância da informação na gestão de edifícios. Há conhecimento da existência de vários softwares de Facility Management no mercado português. No entanto, quando se fala da ligação do Facility Management ao BIM, o número de softwares existentes fica muito reduzido. Assim, pretende-se mostrar as vantagens desta ligação, assim como algumas das aplicações para a gestão do ambiente construído. Esta ligação é conseguida através da utilização do Software REVIT da Autodesk e da Plataforma ARCHIBUS.

A ARCHIBUS apresenta-se como um software traduzido numa plataforma digital capaz de:

- Integração de outros aplicativos para reduzir trabalho redundante;
- Conexão aberta para reduzir sistemas e processos;
- Integração de projetos para fornecer uma análise visual;
- Interface configurável para incentivar o foco e a eficiência;
- Gestão documental, análise de registos de histórico, produção de relatórios e análise de métricas e KPI;
- Criação de fluxos de trabalho eficientes através da definição de SLAs para a automatização de procedimentos.

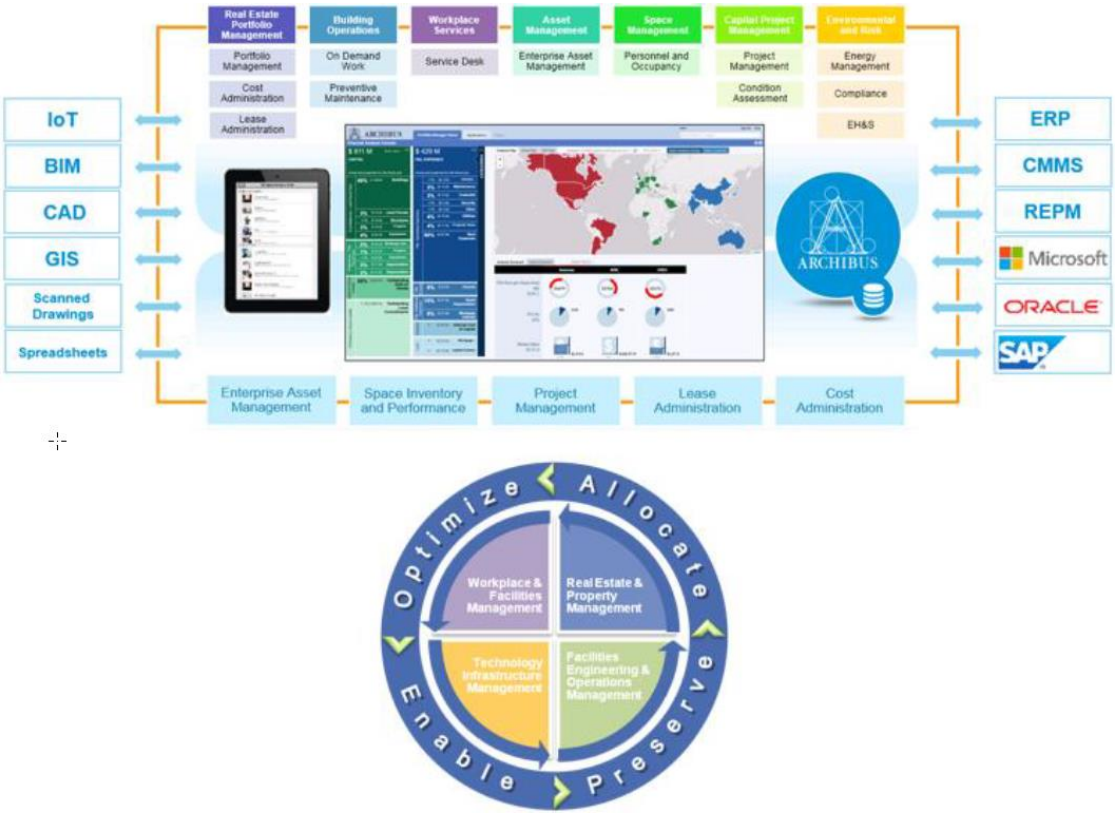


Figura 1 – Plataforma ARCHIBUS

A implementação de um processo destes, implica em primeiro lugar ter um Modelo BIM ou uma planta de Autocad, sendo que o Modelo BIM contribui com informação não gráfica e gráfica (2D e 3D). A metodologia BIM-FM, consiste:

1. **Levantamento do edifício** – Modelo Existente, um dos métodos mais eficazes para o levantamento do edifício é a utilização do Laser Scan uma vez que apresenta vantagens significativas, tais como:
    - Representação de um modelo rigoroso (erros até 6 mm);
    - Rápido levantamento de distâncias/ângulos;

- Facilita a análise da informação recolhida;
- Integração do modelo em softwares de modelação 3D;
- Possibilidade de atualizar e acrescentar informação nas diversas fases do ciclo de vida do ativo;
- Possibilidade de georreferência.



Figura 2 – Laser Scanning – Edifício de Escritórios A400

Sendo que outro dos métodos, é através de plantas de Autocad existentes, este método deve ser acompanhado de visitas regulares ao terreno a fim de ser verificado se as telas finais correspondem à realidade existente. Cada vez mais deve ser promovido a inclusão, do Gestor de Edifícios, em reuniões de projeto e construção do edifício, dado a sua experiência nas necessidades do edifício ao longo da fase de exploração. Com a experiência do gestor de edifícios ao longo de todo o processo, a fase de projeto estará representada com o presente e o futuro do ciclo de vida do ativo. Este poderá alertar para algumas necessidades e funcionalidades que mais se adequem ao edifício. Para que na fase de exploração (futuro) o edifício possa contribuir para um melhor conforto dos utilizadores, redução de custos, otimização de espaços e para uma maior eficiência na diversidade dos seus serviços.

2. **Criação do Modelo BIM** – Este modelo BIM deve conter:
   - Modelo de Arquitetura do Edifício/Instalação/Empreendimento;
   - Devem ser definidos os espaços (Rooms) do edifício com as respetivas designações de utilização (Departamento, Divisão e Área de Negócio a que pertence);
   - As especialidades de engenharia devem estar incluídas no modelo – AVAC, Elétricas, Hidráulica – Estas são fundamentais uma vez que contêm informação – Equipamentos e dados técnicos;
   - Definição das características dos parâmetros dos equipamentos.

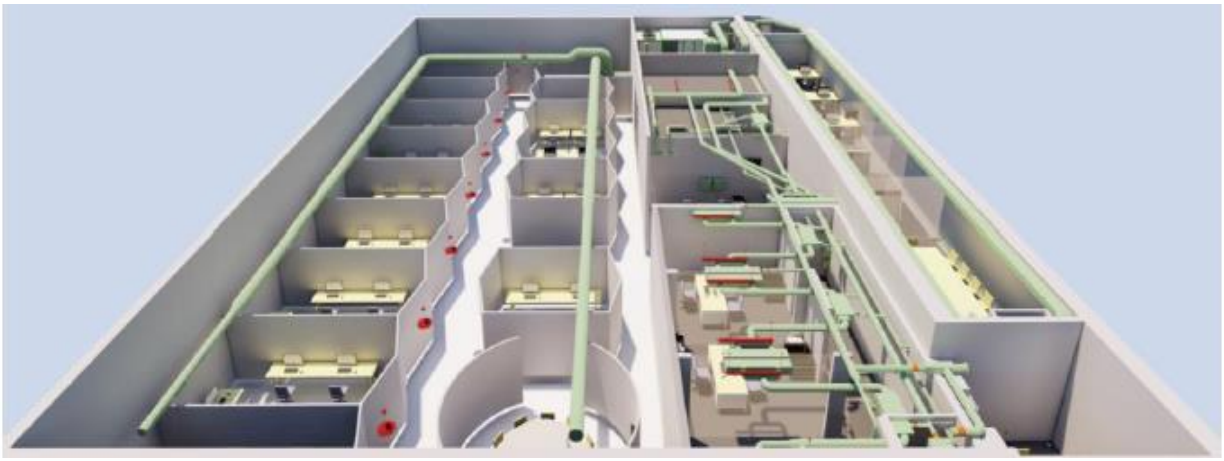


Figura 3 – Modelo BIM – (Software Lumion)

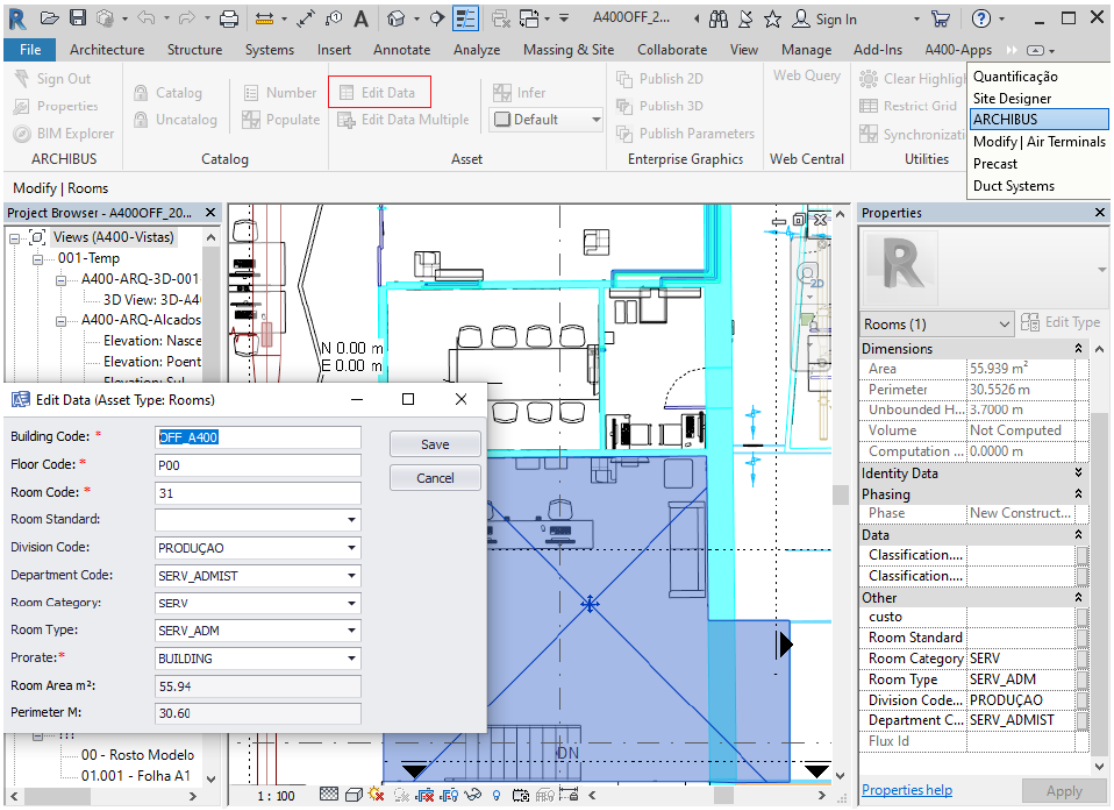


Figura 4 – Definição de Rooms – Revit

Através do Plugin ARCHIBUS é possível verificar toda a informação que foi transferida para o ARCHIBUS, e pode ser visto na figura 5. Esta funcionalidade permite ao Gestor de Edifícios detetar a informação transferida de forma pormenorizada.

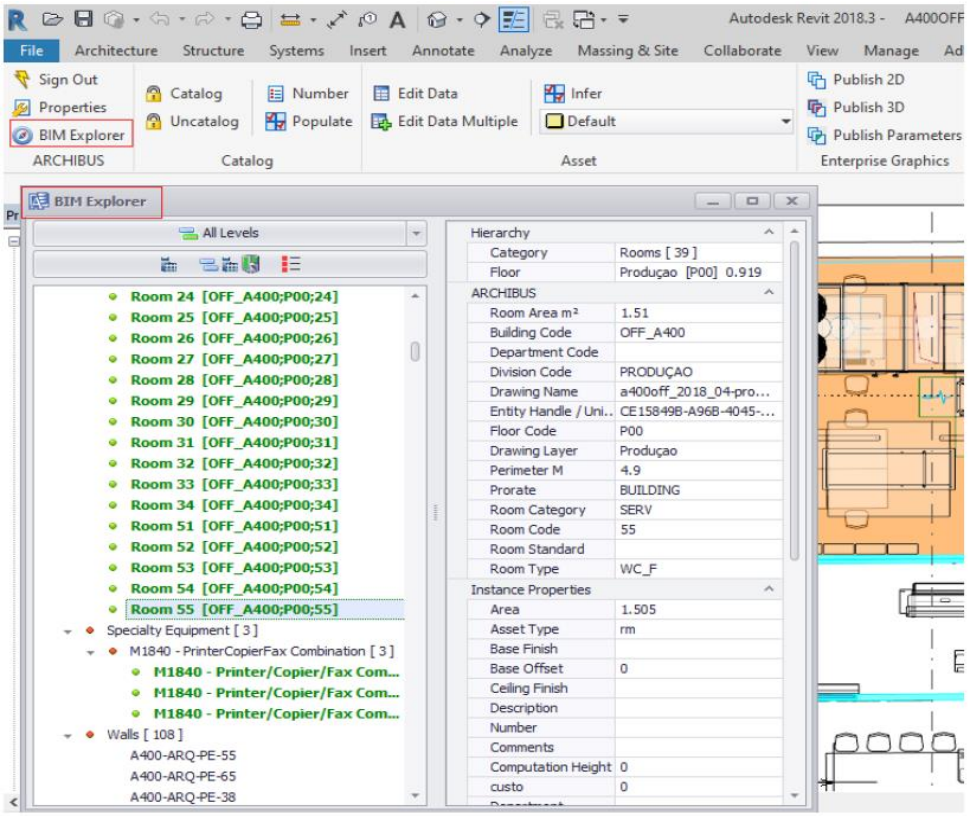


Figura 5 – BIM Explorer – Revit-ARCHIBUS

3. **Modelo FM – Plataforma ARCHIBUS –** Definidos os parâmetros necessários para a correta integração do modelo BIM na plataforma ARCHIBUS (Modelo FM), o resultado é um modelo 2D e 3D capaz de interagir com os utilizadores.

   O Gestor do Edifício poderá agora começar a introduzir a informação mais específica e definir os processos/procedimentos de manutenção para a gestão do edifício. Desta informação, é importante:

   - Definir localização geográfica;
   - Completar a informação dos equipamentos e espaços do edifício – Tipo de utilização; Custos de instalação, compra, reparação; Documentação – Fichas técnicas, manuais de utilização; Datas; fotografias do equipamento; ligações a sensores ou sistemas ERP; Garantias; Criar Sistemas de Equipamentos (se necessário);
   - Definir peças, produtos, acessórios, ferramentas e respetivos custos;
   - Definir profissionais, funcionários, equipas de trabalho, horários e custos de trabalho e a hierarquização dos profissionais no processo de intervenção da manutenção;
   - Definir fornecedores e possibilidade de ligação destes aos produtos que representam;
   - Definição e introdução da informação relativa aos procedimentos de manutenção preventiva (alertas para execução) e corretiva (Reporte de anomalias) e respetivos SLAs.
   - Definir níveis de autoridade dos diferentes intervenientes no processo;
   - Datas vencidas (alertas), descrição de serviços, custos dos serviços externos;
   - Informação dos consumos e custos com a energia e recursos.

   Com a integração do modelo BIM no ARCHIBUS o utilizador poderá:

   - Visualizar o modelo tridimensional do edifício a gerir;
   - Consultar o conteúdo e a designação dos espaços do edifício;

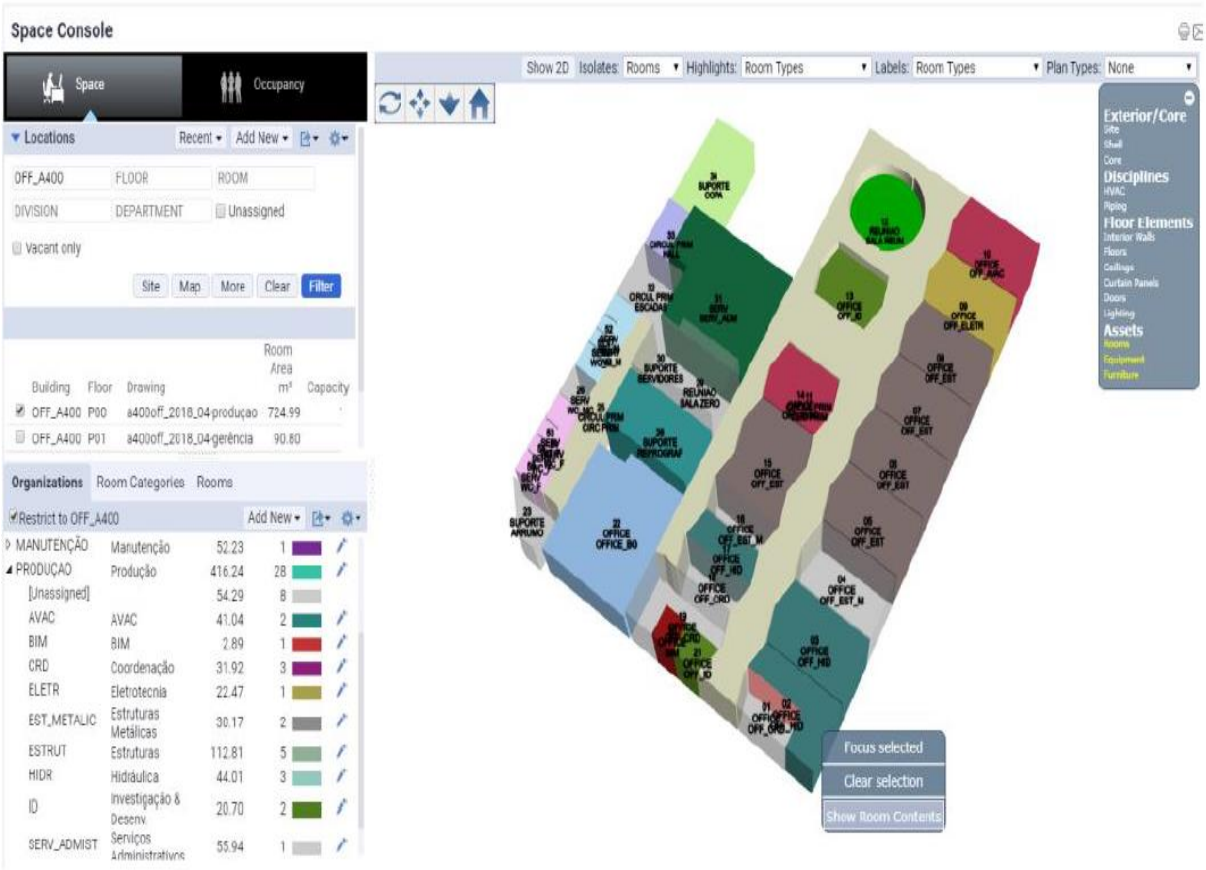


Figura 6 – ARCHIBUS – Conteúdo de espaços

- Reportar Problemas através da plataforma ARCHIBUS ou através de dispositivos móveis;

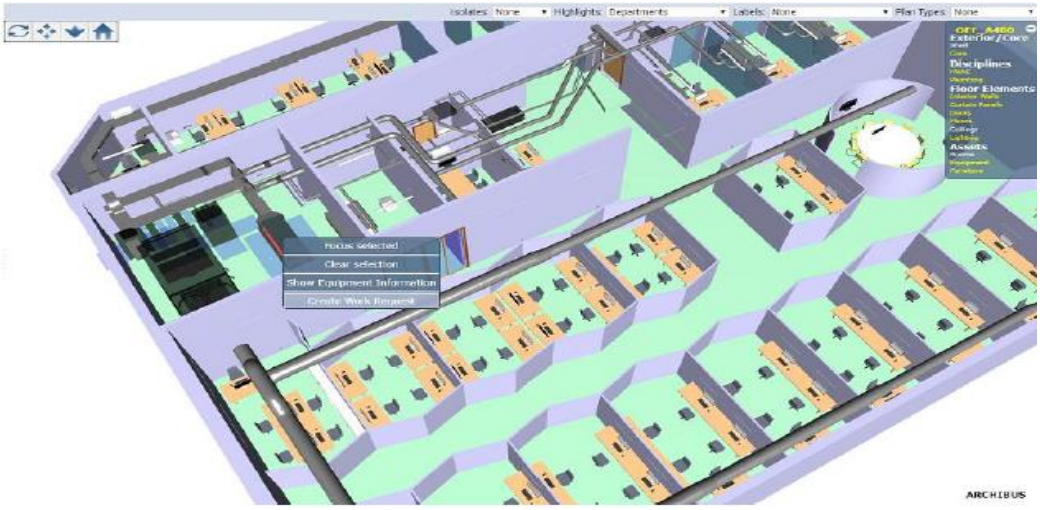


Figura 7 – ARCHIBUS – Modelo 3D do edifício – Reportar um Problema

- Visualizar informação técnica em detalhe à distância de um click;
- Agrupar os equipamentos por sistemas;
- Planear melhor o seu trabalho sem sair do seu lugar – Através do modelo 3D o Gestor de Edifício poderá localizar rapidamente o equipamento reportado, a envolvente em que este se situa, consultar a informação e o histórico de manutenções.

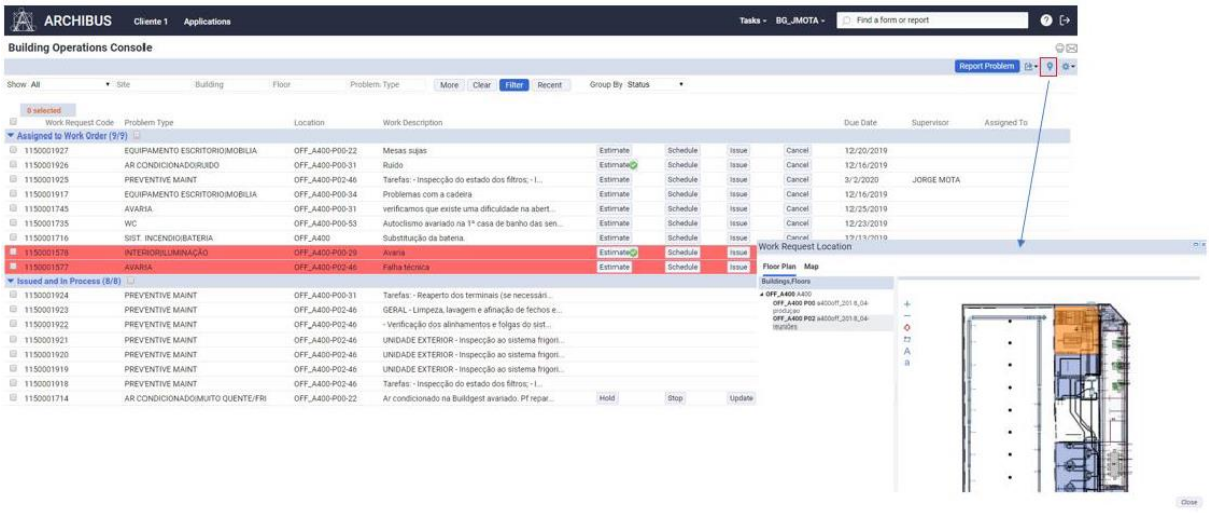


Figura 8 – Consola de Operações – ARCHIBUS

2.3. Relatórios de gestão e key performance indicators (KPI)

Os relatórios de gestão representam a qualidade, o controlo e a eficiência dos serviços prestados ao longo do ciclo de vida do ativo. Estes estão ao alcance de Gestores e Administradores, e têm como objetivo servir de suporte e apoio na tomada de decisões, organização de novas estratégias e objetivos. O ARCHIBUS proporciona uma plataforma digital capaz de interagir nas diversas áreas do Poder. Na área de Gestão e Administração do património, estes terão ao seu dispor Dashboards capazes de os apoiar em áreas como:

- Património a gerir;
- Controlo e Gestão da operação da manutenção;
- Monitorização do ciclo de vida dos ativos;
- Monitorização de consumos e custos com energia e Recursos (água, combustível).

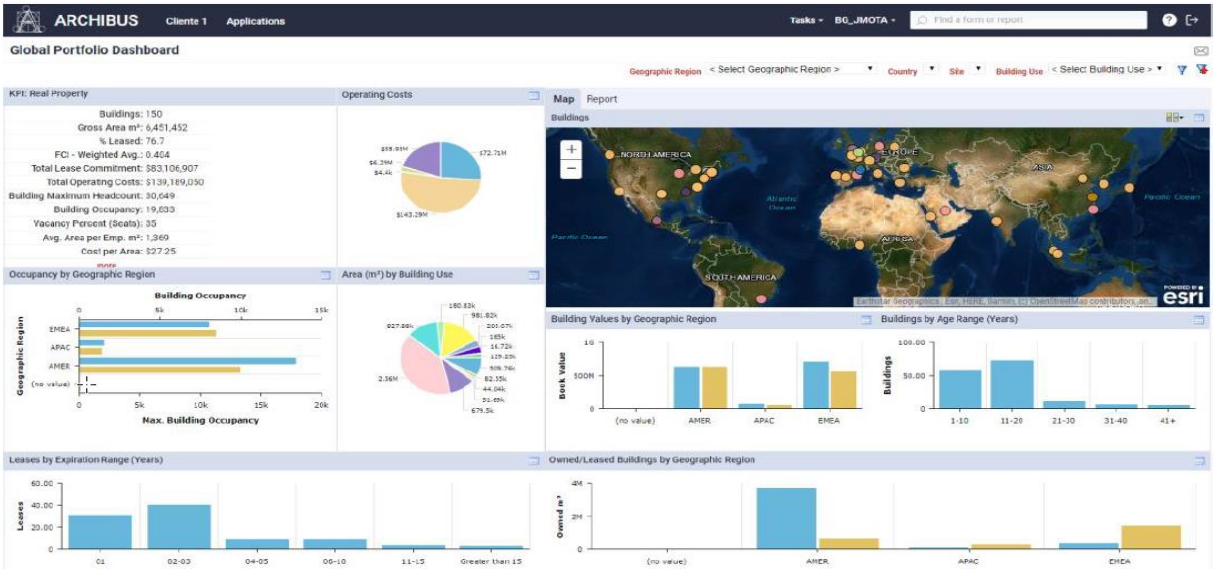


Figura 9 – Dashboard de Gestão de Património

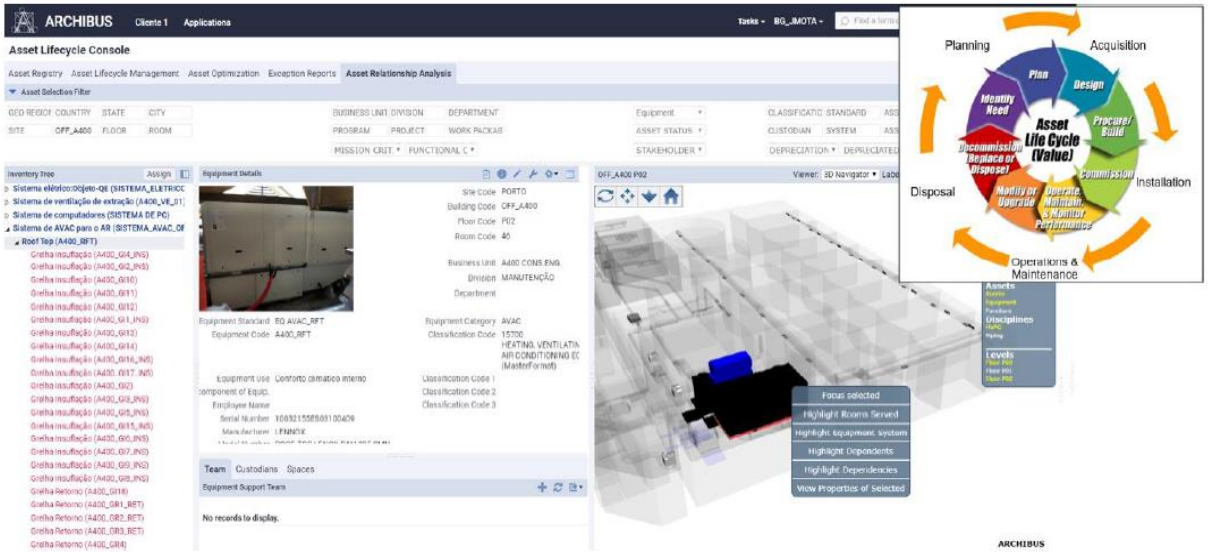


Figura 10 – Gestão do Ciclo de Vida do Ativo

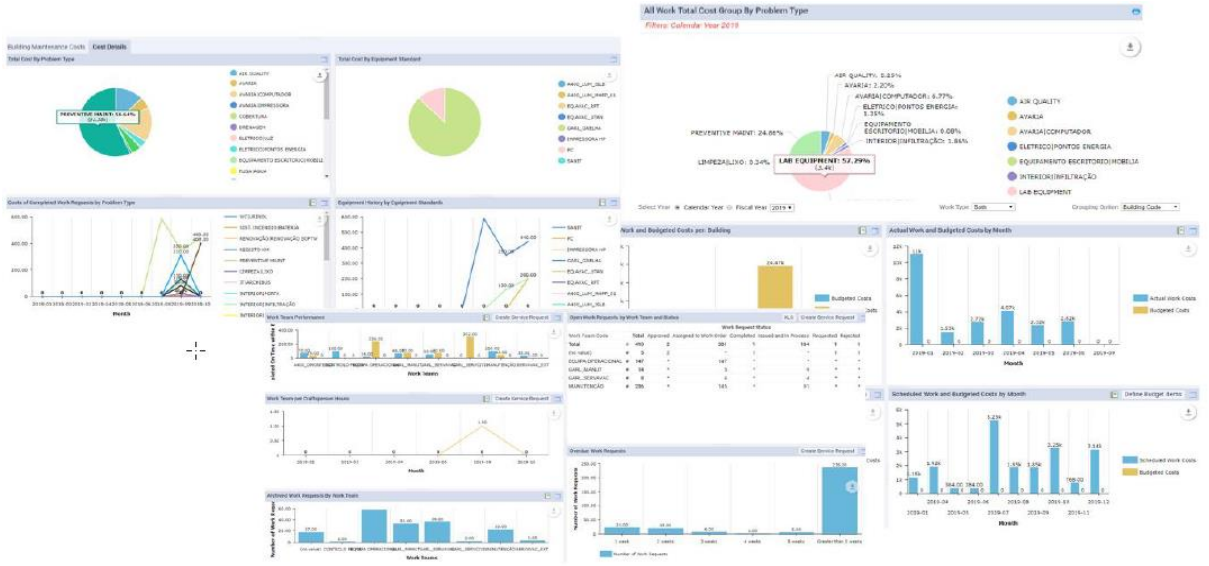


Figura 11 – Relatórios de Gestão de Operação e Manutenção

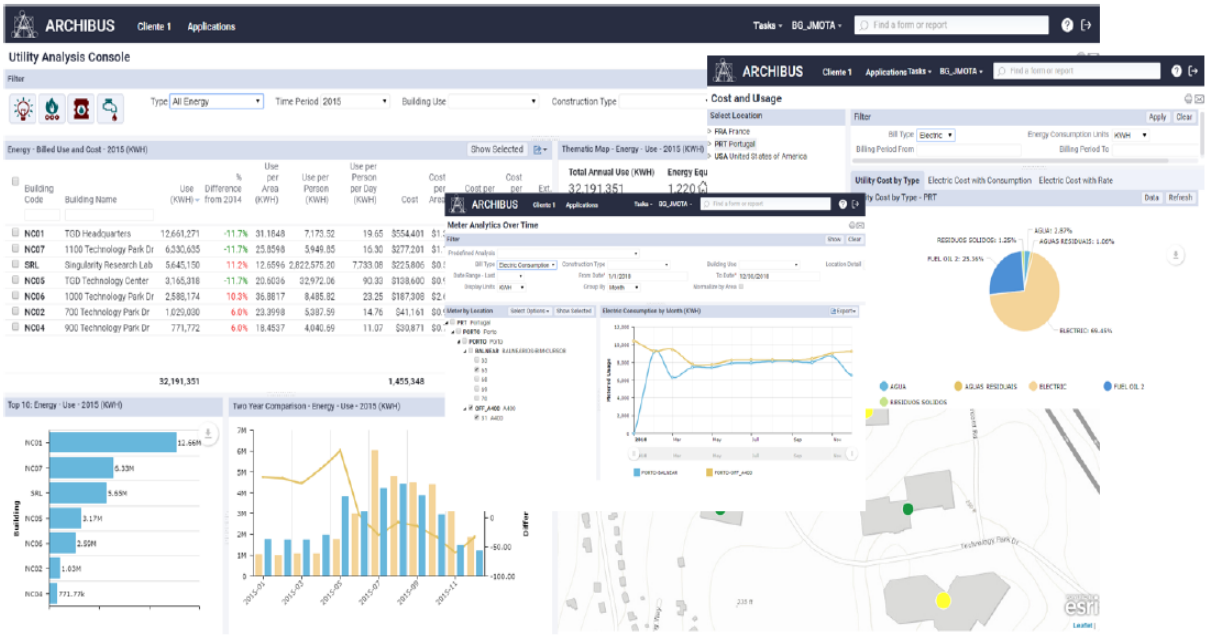
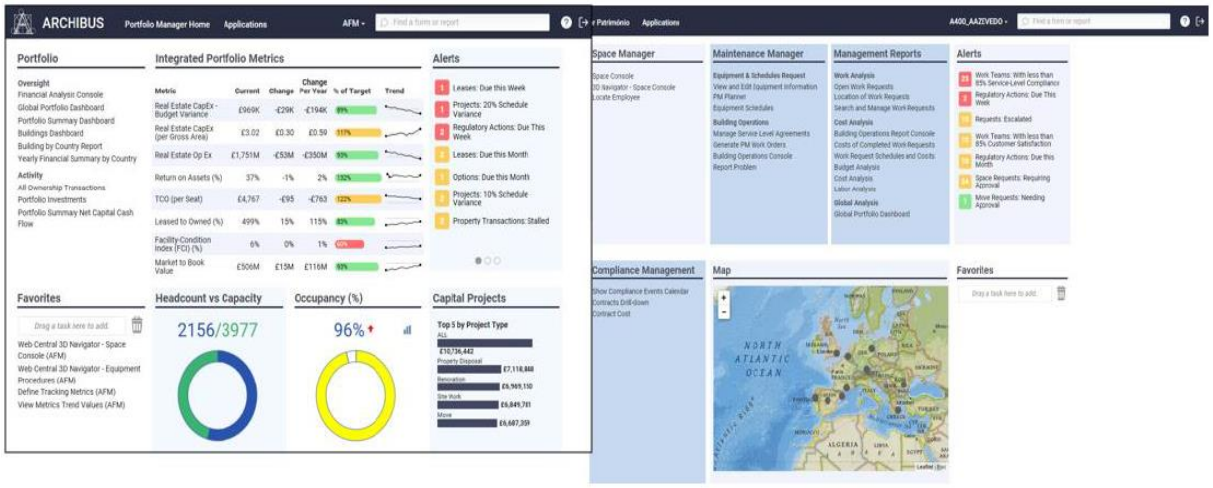


Figura 12 – Monitorização de consumos e custos de energia

2.4. Home pages

Como plataforma digital que é, o ARCHIBUS proporciona aos seus utilizadores diferentes níveis de acesso. Estes níveis de acesso diferenciam-se pelos tipos de serviços que desempenham, ou por diferentes níveis de autoridade e utilização. Assim o ARCHIBUS proporciona aos utilizadores, Home Pages personalizáveis de acordo com o nível de serviço que prestam ou que utilizam, seja para utilizadores, equipas operacionais, prestadores de serviços externos, Gestores de Edifícios e Administradores de topo.



3. CONCLUSÕES

A metodologia BIM-FM apresentada ao longo deste artigo confirma que esta simbiose não é ficção e que esta plataforma única representa o passado, o presente e o futuro. Através do Building Information Modeling é possível manter a informação dos modelos dos edifícios atualizados e o acesso à informação gráfica e não gráfica com especial atenção para com o desempenho dos espaços de trabalho, equipamentos das especialidades (AVAC, Hidráulica e Elétricos) e Mobiliário (diferentes Layouts). Com o Facility Management e através da plataforma ARCHIBUS conseguimos saber:

- O que é gerido e como esta é realizada;
- Os custos de exploração do edifício;
- Monitorização do ciclo de vida dos ativos e respetiva operação;
- Os consumos de recursos;
- Gestão dos serviços externos.

O ARCHIBUS como plataforma digital proporciona:

- Uma plataforma única e com a informação centralizada;
- Melhoria da comunicação no controlo das operações;
- Integração de modelos BIM, permitindo ao Gestor de Edifícios poder planear melhor o seu trabalho sem sair do seu lugar;
- Sistema de monitorização e inventário/Cadastro de ativos – localizáveis em planta e em 3D;
- À Gestão de Topo uma visão ampla da gestão do edifício e do património.

REFERÊNCIAS

KASSEM, Mohamad; KELLY, Graham; DAWOOD, Nashwan; SERGINSON, Michael; LOCKLEY, Steve, 2014 – **BIM in facilities management applications: a case study of a large university complex**. *Built Environment Project and Asset Management*. vol. 5, no. 3, pp. 261-277. https://doi.org/10.1108/BEPAM-02-2014-0011

HABITAÇÃO COLETIVA DE PROMOÇÃO COOPERATIVA, SUSTENTABILIDADE E AUTENTICIDADE

COLECTIVE DWELLING OF COPERATIVE PROMOTION, SUSTAINABILITY AND AUTHENTICITY





Vanda Matos [(1)], Carlos Alho [(2)]

(1) Faculdade de Arquitetura, Universidade de Lisboa; Portugal, vandapereirademattos@yahoo.co.uk
(2) Faculdade de Arquitetura, Universidade de Lisboa; Portugal, carlosalho10@gmail.com

RESUMO

Durante séculos a gestão territorial da cidade portuguesa definiu normativas legais, económicas e estéticas que determinaram a imagem interna e externa do seu edificado civil e, concretamente, do edifício de rendimento (século XVI a 1976), génese tipológica do edifício de habitação coletiva. A gestão do território, relacionada com a reabilitação urbana e a nova, tem um papel importante no desenvolvimento sustentável. Hoje é indiscutível que não há caminho para a sustentabilidade, a sustentabilidade é o caminho. Para responder à pergunta "Quais são os critérios de autenticidade na conservação e na reabilitação dos edifícios de habitação coletiva de promoção cooperativa?" construímos uma grelha referencial de critérios de autenticidade para Portugal, país europeu localizado na Península Ibérica, com frente para o Oceano Atlântico, imerso no património cultural da Bacia Mediterrânica, focado no objeto de estudo. Foi escolhido um caso pré-teste, o conjunto urbano de Caselas, em Lisboa, de Justino Morais, Menção Honrosa INH 1989, resultando seis critérios, que foram analisados em edifícios catalogados pelos prémios INH/IHRU como habitação plurifamiliar em banda. Assumindo que a autenticidade está relacionada com o uso e pode ser vista como uma questão de grau, sendo o mais alto, o mais próximo possível do projeto de autor, a avaliação dos casos de estudo foi expressa em três níveis de autenticidade: baixo (0% a 25%), médio (25% a 75%) e alto (50% a 75%). Da 3.ª ronda resultaram 4 critérios de autenticidade: enquadramento geográfico topo natural; enquadramento social; enquadramento arquitetónico construtivo e materiais; enquadramento funcional. Estes critérios finais foram testados e por dois casos de estudo um em Chelas, em Lisboa, e outro em Senhora da Hora, em Matosinhos, podendo ser aplicados a legado similar não referenciado, noutras cidades portuguesas, contribuindo assim para os processos de conservação e de reabilitação da habitação coletiva de promoção cooperativa.

Palavras-chave: Habitação Coletiva / Reabilitação / Sustentabilidade / Autenticidade

1. INTRODUÇÃO

Durante séculos a gestão territorial da cidade portuguesa definiu normativas legais, económicas e estéticas que determinaram a imagem interna e externa do seu edificado civil e, concretamente, do edifício de rendimento, permitindo estabelecer a génese tipológica do edifício de habitação coletiva.

A velocidade vertiginosa do século XX traria o projeto de autor e com ele os fundamentos da criatividade individual. Porém, a legislação, os padrões da família e as preocupações com a habitação, permitiriam traçar modelos e tipologias. No século XX estes deixaram de ser mensuráveis por séculos para serem legíveis por décadas. A definição de tipos é fundamental para estabelecer medidas para a preservação e reabilitação do edificado e garantir o seu correto reuso, essencial para um desenvolvimento sustentável.

No II Congresso Internacional de Arquitetura Moderna (CIAM), de 1929, sob o tema *Existenzminimum*. Walter Gropius, na sua comunicação, analisou as alterações introduzidas na estrutura familiar da sociedade de então, apontado o caminho para o desenvolvimento da habitação mínima. A habitação então existente não correspondia à nova condição social. A mulher tinha conquistado uma posição social independente e seu papel tinha sido alterado graças à máquina. A única estrutura urbana que respondia a estas exigências era, para Gropius, o bloco de habitação coletiva em altura. O III Congresso Internacional de Arquitetura Moderna (CIAM) teve lugar em 1930, sob o tema "Métodos da Construção Racional". Walter Gropius apresentou a comunicação "Construção Baixa, Média ou Alta?". Nela equacionou o problema das alturas racionais para a habitação coletiva em altura mantendo os princípios higiénicos de ventilação e de iluminação. Da sua análise conclui que, para ter o resultado económico mais favorável, o bloco com dez a doze pisos é o mais rentável. (cf. Fonseca; 2005; pp. 46-47; p. 49). Quanto a Corbusier, propunha dois modelos: um disperso e extenso, a cidade-jardim, e outro concentrado, a construção em altura. Para Corbusier este último modelo era o melhor, pois permitia concentrar 300 a 1000 habitantes por hectare em edifícios servidos por ascensores, podendo atingir até 150 m de altura. Nestes edifícios era possível incorporar serviços comuns que dariam liberdade à família, libertando-a da escravatura doméstica.

Em Portugal, o 1.º Congresso de Arquitetura Portuguesa de 1948 foi bastante influenciado pelo CIAM, em que, relativamente ao edifício de habitação coletiva, se conclui que as ilhas insalubres deveriam ser substituídas por "unidades de habitação" inspiradas no urbanismo moderno. As edificações e os planos de urbanização deveriam seguir a Carta de Atenas. A habitação deveria ser racionalizada, dando-lhe os requisitos impostos pela higiene e pelo nível cultural dos seus habitantes. Dever-se-ia facilitar a implantação de habitação coletiva em altura, criando imóveis de "*aposentamentos"*, e facilitar a aquisição ou o aluguer. Dever-se-ia organizar o abastecimento alimentar coletivo em lojas integradas nos edifícios de habitação coletiva. Dever-se-iam demolir as zonas insalubres e no lugar delas, criar espaços verdes e de recreio e, se possível, edifícios de habitação coletiva em altura (cf. Gonçalves; 2007; 83-84). Nuno Teotónio Pereira e Costa Martins, intervenientes no referido congresso, propunham a adoção edifício da habitação coletiva, proposto por Gropius em 1930 em grande escala, não como elemento isolado, mas como elemento repetível em função dos valores urbanos e de acordo com as características sociológicas da população para que era feito.

A habitação coletiva que sucederia ao edifício de rendimento, que estudámos através da análise da habitação coletiva de promoção cooperativa, teria doravante relevo cada vez maior no território urbano. Para caracterizar os seus períodos histórico-construtivos, suportámo-nos do estudo da habitação multifamiliar do século XX em Portugal, *Património Arquitetónico de habitação multifamiliar do século XX*, e recorremos a informação elaborada por nós, que compreende não só os edifícios gaioleiros, edifícios caracteristicamente de rendimento, até 2010, como edifícios já com preocupação de sustentabilidade.

Este estudo abrange uma diversidade de edifícios com diferentes conformações legislativas. O edifício de habitação coletiva é já mencionado no Regulamento de Construção Urbana para a Cidade de Lisboa de 1930, na sua segunda edição, embora com características diferentes das que tomou a partir de 1948. Este edifício é cuidadosamente regulamentado sob a designação de habitação *corrente* ou *habitação coletiva*, à medida que o termo *edificação multifamiliar*, vai caindo em desuso nas redições do RGEU de 1951 a 2009, e é adotado o termo *edifícios destinados a habitação*, para identificar esta tipologia, que depois o REGEU regulamenta quanto a características gerais e regras de natureza específica. A análise dos catálogos dos Prémios do Instituto Nacional da Habitação (INH) / Instituto da Habitação e Reabilitação Urbana (IHRU) entre 1989 e 2010 permite fazer um levantamento das tipologias existentes para os edifícios de habitação coletiva de promoção cooperativa. Estes catálogos referenciam e categorizam a habitação multifamiliar, ou edifício multifamiliar, definido pelo IHRU como um edifício de habitação concebido para albergar mais do que uma família, possuindo vários fogos. Nós adotaremos ao invés de habitação ou edifício multifamiliar a designação de edifício de habitação coletiva, ou simplesmente, habitação coletiva, definida no Dicionário de Construção Civil como edifício, ou parte dele, destinado a habitações permanentes multifamiliares.

O edifício de rendimento[1], enquanto edifício organizado verticalmente para diferentes famílias, remonta ao edifício de rendimento, que evoluiu ao longo dos séculos. Do século XVI à 1.ª metade do século XVIII, a divisão do espaço disponível da cidade em lotes urbanos está relacionada com um cuidadoso planeamento da área e do aparecimento de um edifício plurifamiliar, o edifício de rendimento. A legislação das Postura Antigas da Cidade de Lisboa definia quais os requisitos que determinavam o aluguer das habitações e as densidades ocupacionais mínimas. O documento de 1785 das posturas da cidade da Bahia para a edificação de casas indica-nos um tipo de edifício organizado verticalmente por loja/sobreloja/1.º andar/2.º andar similar aos edifícios em Lisboa no século XVI à 1.ª metade do século XVIII. No século XVI, o lote para o edifício urbano é usado como módulo-padrão, divisível ou agregável de acordo com o estatuto económico do seu comprador. Modelos e tipologias foram definidos e foi estabelecida uma imagem padrão que resultou em diferentes plantas distributivas estreitamente ligadas ao tipo de lote. As normativas definiram igualmente uma imagem padrão para a fachada do edifício e para o interior da habitação, como também materiais de construção. O quadro de realização de obras por empreitada, acompanhado pela Reforma dos Pesos e Medidas em 1499, resultou no edificado em medidas e ritmos precisos que moldavam as fachadas e a planta interna dos edifícios. O sentido de imagem padrão é reforçado pela legislação urbana: *que se faça tudo por uma planta única*; *conforme o delineamento do mestre das obras do senado*; não pode *haver vistoria alguma que não respeite ao ornato e simetria da cidade*.

Do século XVI a 1976 diferentes modelos de edifícios de rendimento surgiram: o edifício de pedra e cal (sec. XVI-1.ª metade século XVIII), o edifício pombalino (1758-1760), o edifício gaioleiro (1861-1930), o edifício estado novo (1930-1950) o edifício moderno (1951-1960), o edifício do período de re-examinação (1961-1976). (cf. Matos; 2017; Matos; 2019).

Nas décadas de 1950, 1960 e 1970, o arrendamento era predominante no território da cidade. O instituto da

[1] A designação edifício de rendimento foi usada primeiro por Carita (1994) no seu trabalho sobre o Bairro Alto, onde o autor tentou traçar as origens desta tipologia: O período Pombalino, pela primeira vez, estabelece um modelo de referência erudita para o edifício de rendimento. Até então o palácio era o único modelo da arquitetura civil, mas o seu simbolismo impediu-o de funcionar como um modelo de referência, com poucas exceções e apenas como difusor de tendências (Carita, 1994, p. 124). Os dados produzidos por (1999) sobre o urbanismo manuelino lisboeta permitiram-nos desenhar pela primeira vez, o quadro do edifício de rendimento das suas origens até à 1.ª metade do século XVIII (Matos 2003), e posteriormente, fazer a sua evolução até 1976, data de criação do sistema de crédito à aquisição de casa própria com juros bonificados. No século XX os edifícios apresentados à Câmara Municipal de Lisboa eram referidos como prédio de rendimento, isto é, propriedade para arrendar ou alugar. Considerando que prédio, significa tanto uma propriedade urbana como uma propriedade rústica (uma terra), mantivemos a designação usada por Carita em 1994.

propriedade horizontal, como designado no decreto-lei 40 333 de 14 de outubro de 1955 que o cria, abrirá portas para que se passe para uma cidade de proprietários de alojamento, marca dominante dos anos de 1991 e 2001. Este instituto, regulado de uma forma similar à do atual regime de propriedade horizontal, favoreceu alterações no modo de financiamento e promoção da construção das habitações e fez com que o Estado criasse uma possibilidade de acesso à posse de alojamento, através de regimes embrionários de crédito e de poupança-habitação feitos pela Caixa Geral de Depósitos, pelo Crédito e Previdência e por organismos na esfera do Ministério das Corporações e Previdência Social. O Crédito e Previdência, o mais utilizado, operava atribuindo empréstimos para a aquisição de habitação de acordo com o perfil socioprofissional do trabalhador. A este novo nicho de mercado corresponderam diversas empresas de construção e promoção de apartamentos para venda, um mercado selecionado e de difícil acesso. Nos dois anos que se seguiram ao 25 de Abril de 1974 houve um reforço da intervenção do Estado (promoção direta, programas de apoio e intervenção na política de solos). A partir de 1976 houve uma inflexão política: foi criado o sistema de crédito à aquisição de casa própria com juros bonificados. Sucessivamente a legislação introduziu alterações no regime de arrendamento urbano, na regulação dos investimentos estatais no setor público e nos sistemas de crédito para aquisição de casa própria. De 1950 a 2000 passou-se de um predomínio do mercado de arrendamento para o da compra através do crédito bancário; passou-se de um modo de investimento centrado no edifício de rendimento para o da promoção de habitação para venda, em que o investimento imobiliário era rentabilizado com base numa amortização a longo prazo através de uma renda cobrada ao inquilino, para uma rápida rotação de capitais investidos, financiados por fontes diversas em prazos relativamente curtos. A cidade de senhorios e inquilinos transformou-se assim numa cidade de proprietários com encargos de dívida e de instituições financeiras (cf. Silva Nunes; 2005). Contudo, a tipologia de um edifício organizado verticalmente para habitação de diferentes famílias tinha ficado e evoluiria até ao presente.

2. TIPOLOGIAS DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO COLETIVA DE PROMOÇÃO COOPERATIVA

A habitação coletiva pode dividir-se em diversas categorias: em banda, em torre, de gaveto (INH 1994) (ver Quadro 1). Quanto ao tipo de acesso, no que concerne à habitação em banda, pode ser independente e ter uma entrada direta para o fogo; pode ter um esquerdo/direito com dois fogos por piso, pode ser um edifício com galeria interior ou exterior; independentemente de ser esquerdo/direito, ou ter acesso por galeria, pode ter mais de dois fogos por piso. Existem, contudo, situações de tipologia em banda com apenas um fogo por piso. Um edifício composto por frações em propriedade horizontal é constituído por frações autónomas, que são independentes entre si e que podem ter uma saída própria para uma parte comum do edifício ou podem ter uma saída própria para a via pública. Neste último caso trata-se de habitações comumente designadas por independentes. Quando têm uma saída para uma parte comum do edifício podem ser ou em galeria, ou organizar-se em vários fogos por piso, sendo comum nestes casos nomear-se os fogos por letras em ordem alfabética, ou ainda numa solução frequentemente denominada por esquerdo/direito (ver Quadro 2). Quanto ao tipo de apartamentos cada fogo pode ter um único pavimento (andar), ou pode haver apartamentos com dois pavimentos ligados por umas escadas (duplex).

Quadro 1 – Tipos de edifícios de habitação coletiva

Tipo	Definição
Edifícios em banda	Os edifícios perfilam-se sequencialmente em fiadas, definindo ruas, por vezes cortadas por ruas transversais
Edifício de gaveto	O edifício resolve o cruzamento de duas ruas sendo o último lote urbano disponível desse cruzamento
torre	Pode ter mais que dois fogos por piso. A habitação multifamiliar isolada pode ter mais de dois fogos por piso, chegando a ter 6 fogos por piso. Pode ter situações de galeria

Quadro 2 – Habitação em banda

Tipo de acesso	Definição
Esquerdo/direito	Dois fogos por piso, o que implica uma entrada comum para todos os inquilinos. O fogo ou fração situa-se à esquerda ou à direita do patamar que chega a piso
Acesso por galeria	O acesso por galeria é frequentemente feito por uma varanda corrida, ou corredor comum ou incorporado na própria volumetria do edifício. Pode ser coberto e dá acesso a todos os fogos do piso.
Independente	O fogo tem uma entrada direta para o fogo

Os casos de estudo de conjuntos urbanos vistos, são, de acordo com designação do INH habitação coletiva em banda. Através das obras referenciadas pelo INH/IHRU entre 1989 e 2010 vemos que a habitação coletiva de promoção cooperativa abarca as tipologias de fogos desde o T1 ao T4 e, nalguns casos, os extremos T0 e T5. Quanto a nomes na arquitetura feita no país, sobressaem arquitetos, hoje reconhecidos no panorama internacional, como Siza Vieira, participaram ainda jovens na construção de habitação cooperativa. O cuidado no desenho, o apuro na pormenorização e talvez uma maior capacidade organizativa e porventura uma melhor articulação com os moradores conseguiram manter arquitetos de qualidade associados à habitação cooperativa. As Escolas de Arquitetura do Norte e do Sul traçaram percursos distintos, definindo culturas arquitetónicas díspares que conformam o valor cultural da habitação cooperativa feita no Norte e Sul de Portugal. Entre os nomes que se destacaram no sul é de referir Justino Morais e Lopes da Costa, e no Norte, para além de Siza Vieira, o nome de arquitetos como Pedro Ramalho. São de referir as seguintes obras, o projeto de Vale Formoso de Cima, dos arquitetos António Piano e Eduardo Campelo de 2006, e o projeto, dos arquitetos Souto Moura e Adriano Pimenta para São Miguel, nos Açores, de um conjunto de habitações a custos controlados, datado de 2012.

O conjunto habitacional cooperativo de Vale Formoso de Cima, em Lisboa, é o símbolo da cidade cooperativa que se edificou em Marvila. Este conjunto cooperativo reúne diversos edifícios de diferentes projetistas para distintas cooperativas e uniões de cooperativas integradas no conjunto. Quanto ao projeto de Souto Moura e Miguel Pimenta, os arquitetos procuraram que as habitações de dois pisos expressassem elementos característicos das tipologias do nordeste micaelense e simultaneamente assegurassem uma racionalidade projetual por forma a garantir a satisfação do exercício das atividades da vida familiar. Este é um projeto que procura responder às necessidades atuais numa parceria feita com Souto Moura, um arquiteto de renome internacional, profundamente ligado à Escola do Porto. A variedade de tipologias habitacionais e a qualidade dos empreendimentos engloba um universo diverso de população, dos mais desfavorecidos às classes médias. Estas últimas são, como refere Marques Pereira (2012), timoneiras das mudanças sociais, radicalizando-as, caricaturando-as por vezes, condensando-as, no sentido da modernização e particularmente na que ocorre na habitação.

Quanto à tipologia, a generalidade das plantas dos catálogos dos Prémios INH/IHRU, representa o tipo de matriz moderna. Contudo, a planta da tipologia T3 do Prémio INH 1999, empreendimento, de Vítor Seabra, em Matosinhos, é de tipo privatização conjugal contígua, isto é, apresenta manutenção da matriz moderna com a focagem da zona privada exclusivamente na área conjugal. Os restantes quartos indiferenciados partilham uma instalação sanitária comum. Igualmente a planta tipo, do empreendimento de 44 fogos no Viso, na Rua cidade do Recife, no Porto, Prémio INH 2002, dos arquitetos Moura da Costa e Rui Guimarães, tem na tipologia T3 o tipo privatização conjugal contígua. O mesmo sucede com as tipologias T4 e T3 da Menção Honrosa INH 2006, empreendimento de 181 fogos em Santo António, em Faro, de Jenifer Silva Pereira e Rogério Paulo Inácio. À alteração para a tipologia T4 não correspondeu uma multiplicação do número de suites. Na Menção Honrosa INH 1989 não a surge instalação sanitária social. Contudo, já é um elemento no Prémio INH de 1990, nas tipologias T3 e T4, do empreendimento na Senhora da Hora em Matosinhos, com as características de lavabo, demarcando a área privada da área social. De 1989 a 2010 a instalação sanitária social não aparece sempre nos projetos de arquitetura dos Prémios INH/IHRU. Na generalidade dos casos é um elemento que está ligado às tipologias mais altas, pois estas permitem um maior grau de privatização do espaço do indivíduo. Não há elementos dissonantes, como seja a copa. Há sim, no Prémio IHRU 2009 uma compartimentação da sala de jantar e da sala de estar que aqui ressurgem substituindo a sala comum. A Menção Honrosa IHRU 2010, em Montes dos Burgos, em Matosinhos, de Vitor Seabra, centra-se na sala comum excluindo a sala de jantar e de estar. A oferta tipológica está sobretudo focada na família nuclear. A predominância tipológica centra-se no T3; assim, a tipificação da estrutura familiar não abrange a diversidade social existente. No que se refere aos aspetos construtivos, o período histórico-construtivo dos edifícios com estrutura de betão armado da terceira fase (c.1980-c.1990) abarca as estruturas destes edifícios, que obedecem, na sua generalidade, ao Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, datado de 1983. Este período corresponde, no edifício de habitação multifamiliar, à maturidade do sistema construtivo baseado no binário betão/ bloco cerâmico: as fundações, a estrutura, o pavimento e cobertura são em betão, e o preenchimento vertical em bloco cerâmico. Os vãos apresentam caixilharia em alumínio. Este sistema construtivo passa a ser assumido como tradicional em Portugal (cf. VIEIRA & LACERDA (coords.); 2010; pp. 11-12).

O período histórico-construtivo dos edifícios de estrutura de betão armado e de construção sustentável (c.1990-c.2010) é marcado pelo Regulamento das Características de Comportamento Térmico em edifícios de 1991 (RCCTE) que, no entanto, teve uma aplicação pouco eficiente até 2007. A construção sustentável tem como paradigma em Portugal a construção da 2.ª fase empreendimento da Ponte da Pedra, em Matosinhos, concluído em 2006.

3. HABITAÇÃO COLETIVA DE PROMOÇÃO COOPERATIVA REABILITAÇÃO URBANA E SUSTENTABILIDADE

As preocupações com a sustentabilidade desenvolveram-se desde a década de 1970 *(Limits of Growth Report*, 1972, Club of Rome), sendo uma necessidade presente. Para um desenvolvimento sustentável um equilíbrio deve ser alcançado (Alho 2016). A gestão do território, relacionada com a reabilitação urbana dos edifícios existentes e com os edifícios a ser construídos nos espaços residuais e vagos da cidade, tem um papel importante no desenvolvimento sustentável, uma vez que o setor da construção é responsável por uma quantidade enorme de desperdício e de poluição. Um compromisso entre os ambientes construído e o ambiente natural deve ser alcançado sem obstar ao desenvolvimento. O desenvolvimento sustentável deve ter como foco principal as pessoas. As ações integradas de desenvolvimento sustentável estão relacionadas com o Relatório de Bruntdland e as estratégias desenhadas por cada país para lidar com as alterações climáticas, uma realidade presente. A gestão de território tem aí um papel fundamental. Quanto à arquitetura, nomeadamente ao reuso dos recursos construídos existentes, a política dos 3 Rs (Reusar, Reciclar, Reabilitar), a nova arquitetura sustentável tem uma

palavra a dizer. A questão não é não haver alterações climáticas mas ser menos penalizado por elas: não há caminho para a sustentabilidade, a sustentabilidade é o caminho. As alterações climáticas são fator de pressão na perda da biodiversidade, fundamental para o equilíbrio do ecossistema no qual o habitat humano está incluído. Os grandes desafios são reduzir o consumo de energia fóssil, através da poupança e utilização eficiente de energia, o uso de energias e de tecnologias de produção de energia sustentáveis de modo a conduzir à descarbonização da economia mundial (Santos & Miranda, 2006; 33-39). Assim, deve-se procurar preservar os recursos e o património do passado. É necessário preservar o património natural a par do construído para que o possamos legar às gerações futuras. O património sustentável e a necessidade de ter cidades de baixo carbono assume a maior importância e a reabilitação urbana torna-se um elemento determinante para atuação no edificado existente para que possamos fazer uma gestão sustentada e eficiente do território e dos recursos construídos. Neste quadro a reabilitação urbana tornou-se o território da nova habitação coletiva e sustentável. Presentemente não basta que os edifícios sejam apelativos esteticamente, é necessário também que sejam sustentáveis e os seus sistemas construtivos devem permitir a sua reabilitação depois do seu uso inicial, pois temos *apenas uma Terra para habitar* (*Only One Earth,* 1972, em Estocolmo). É neste quadro que, em Portugal, se construíram desde a década de 1990, no setor da habitação coletiva de promoção cooperativa, empreendimentos de habitação sustentável, de que são expressão a Torre Verde (1997), em Lisboa, do Atelier Tirone Nunes, e, em Matosinhos, os empreendimentos de Ponte da Pedra, 2.ª fase, de Carlos Coelho, Prémio IHRU 2007, de Guifões, de Fernando Rocha e Celestino Machado, Prémio IHRU 2008 e de Monte dos Burgos (2010), Menção Honrosa IHRU 2010, de Vitor Seabra. Este desenvolvimento tem o seu paralelo na arquitetura espanhola de habitação social, de que são exemplos as habitações sociais em Carabanchel (2009), em Vallecas (2006); em Terrassa (2010) e as habitações protegidas em Mieres (2010).

Quanto ao empreendimento Ponte da Pedra, 2.ª fase, construído pela Cooperativa NORBICETA é um caso emblemático da arquitetura sustentável no quadro da habitação coletiva de promoção cooperativa, pelo que o abordaremos mais pormenorizadamente. No conjunto urbano de Ponte da Pedra, que substituiu uma área industrial degradada de Matosinhos, foi valorizado o local de implantação, dado que se fez ação de regeneração ambiental e urbana como parte intrínseca do projeto. O projeto tinha como objetivo demonstrar a viabilidade da construção sustentável sob os aspetos económico, ambiental, social e cultural, sendo construído com materiais locais.

Ponte da Pedra foi construída em duas fases: na 1.ª construíram-se seis blocos habitacionais com 150 fogos, um equipamento educativo e cultural e outro de desportivo, no centro da área residencial, e na 2.ª fase construíram--se dois blocos com 101 fogos, um espelho de água com uma peça escultórica, um parque infantil, zonas ajardinadas e zonas pedonais que se articulam com os edifícios e o projeto da 1.ª fase. Houve uma alteração de uso do solo, anteriormente destinado à indústria, definida através de um plano de pormenor. O projeto de Ponte da Pedra 2.ª fase recebeu o Prémio IHRU 2007 e o Prémio Europeu de Energia Sustentável 2007 (”Energia Sustentável na Europa 2005-2008”). Para um habitar mais sustentável vários requisitos foram equacionados. O solo deveria ser preservado e a sua permeabilidade assegurada. Deveria haver coberturas verdes nos edifícios e revestimento verde nos solos. Para reduzir o consumo de água nas habitações, haveria torneiras de fluxo reduzido e depósitos de duplas descargas nos sanitários, conservar-se-ia a água potável e reciclar-se-ia água cinzenta das chuvas. Os materiais de construção seriam amigos do ambiente e recicláveis. Neste quadro usaram-se materiais locais, preferencialmente das zonas Norte e Centro, com certificado de qualidade, distando aproximadamente de um raio de 100 km. Foi feita a separação e reciclagem dos resíduos da construção dos edifícios para minimizar os impactos da obra no local de implantação e assumir o conceito de sustentabilidade no ciclo de vida do empreendimento. Quanto à gestão energética adotaram-se sistemas de aquecimento e de arrefecimento de baixo consumo e técnicas de arrefecimento passivo, sistemas solares ativos e passivos. A ventilação sem ares condicionados, permitiu um ambiente interior mais saudável. A iluminação natural é

adequada e generosa, favorecida por janelas de dimensões amplas. As medidas de energia solar passiva usadas aumentaram o conforto térmico no interior dos fogos. Foram adotados sistemas de sombreamento, para um maior conforto visual. O reforço do isolamento acústico nas paredes exteriores e áreas de quartos deu maior a qualidade da vida doméstica. Foi feito um modelo de custo total para os diversos projetos-piloto, para analisar o custo real, através de monitorização, e assim desmistificar os custos sobrelevados associados a um projeto sustentável. Fez-se um manual de utilização detalhado do edifício e seus equipamentos, que foi completada com a monitorização da situação social com envolvimento de todos os moradores de Ponte da Pedra 2.ª fase e dos utilizadores finais. A simulação e monitorização dos desempenhos ambiental e energético estão dependentes dos protocolos com as entidades científicas que cooperam com as organizações de Habitação Social promotoras e analisam os dados finais (*cf.* NORBICETA, 2007; p. 12; pp. 24-26).

4. CRITÉRIOS DE AUTENTICIDADE NA HABITAÇÃO COLETIVA DE PROMOÇÃO COOPERATIVA

As normas de construção vigentes foram concebidas sobretudo para a construção nova. Uma vez que o parque edificado tem idades diversas, por vezes elas estão desajustadas, nomeadamente quanto à imposição de dimensões espaciais, ou mesmo alterações na organização de espaços em edifícios antigos. Os profissionais têm tentado aperfeiçoar as normas de construção e salvaguardar a excecionalidade que se coloca aos edifícios mais antigos. Os critérios de autenticidade estão estreitamente ligados à realidade construtiva dos edifícios e sua capacidade de adaptabilidade à vida contemporânea. A sua integridade estrutural e o seu enquadramento com a envolvência, devem ser salvaguardados. No seu programa Habitacional (1999) João Branco Pedro explana diversos níveis de exigência quanto aos critérios de intervenção em edifícios antigos e quanto à habitabilidade, segurança e exigências de uso, estéticas e de economia (*cf.* Appleton. 2005; pp. 131-135). Na intervenção em edifícios antigos deverá haver um compromisso entre o ideal e o possível, viabilizando a habitabilidade do edifício, sem desvirtuar o objeto arquitetónico. Tendo em consideração a Carta de Cracóvia, 2000, em que a autenticidade é considerada como o "somatório das características substanciais, historicamente provadas, desde o estado original até à situação atual, como resultado das várias transformações que ocorreram no tempo", procuraram-se definir critérios de autenticidade. Foram definidos critérios de cariz generalista, procurando captar aspetos gerais que se possam aplicar à generalidade dos casos do tipo patrimonial abordado, dado que na realidade de campo cada caso é um caso e precisa de procedimentos relativos ao próprio edifício ou conjunto urbano a ser intervencionado/ reabilitado/ conservado. Estes critérios pretendem articular-se com os regulamentos locais de cada município, e os procedimentos usuais nas boas práticas de conservação e de reabilitação urbana. Destinam-se a ser usados pelos técnicos que operam nas áreas de conservação e de reabilitação urbana (Matos; 2018).

Para responder à pergunta de pesquisa "Quais são os critérios de autenticidade na conservação e reabilitação dos edifícios de habitação coletiva de promoção cooperativa?", equacionada em Matos (2018), em cujo trabalho nos vamos basear, foi adotada uma metodologia de estudo de caso múltiplo, que nos permitiu refinar uma grelha referencial de critérios de autenticidade. Definimos os critérios através da análise de documentos internacionais – como a Carta de Veneza (1964) e o Documento de Nara (1994), as *UNESCO Operational Guidelines* de 2012, os critérios do US Parks Service de 1995 –, e com base no trabalho desenvolvido por Alho (2000). Para estabelecer os critérios utilizou-se o método de Delphi. Este é um método de análise em que um grupo de especialistas é consultado a propósito de uma determinada problemática através de um questionário que vai sendo afinado nas sucessivas rondas como resultado das inferências retiradas dos comentários e respostas dos painelistas a cada uma das perguntas. O processo termina geralmente quando as respostas ficam estáveis. O processo de Delphi caracteriza-se por requerer no mínimo de duas rondas. Apesar de poder continuar indefinidamente, são raros os

estudos que têm mais do que três rondas de questionários. Para reduzir o número de variáveis para o estudo da habitação coletiva de promoção cooperativa foram analisados os conjuntos urbanos catalogados pelos prémios INH/IHRU como habitação plurifamiliar em banda. Porque a autenticidade está relacionada com o uso dos que habitam e vivenciam o espaço, a autenticidade pode ser vista como uma questão de grau. A autenticidade é o grau mais próximo possível do projeto de autor. A avaliação dos casos de estudo foi feita numa escala de três níveis de autenticidade: baixo (0% a 25%), médio (25% a 75%) e alto (50% a 75%).

A primeira e a segunda ronda caracterizaram-se pela dominância de painelistas da Academia enquanto a terceira ronda teve um forte domínio de Arquitetos. A primeira ronda teve com objetivo definir o primeiro grupo de critérios para os edifícios de habitação coletiva de promoção cooperativa a ser submetidos aos painelistas e para aferir posteriormente os referidos critérios. Resultaram critérios ainda focados na realidade de um património elegível como património mundial da UNESCO: Forma e conceção, Materiais e substância, Tradição e técnicas, Sistemas de gestão, Uso e função, Localização e enquadramento, Espírito e impressão. O contacto como especialistas, resultando do método de Delphi, permitiu redefinir os critérios de autenticidade no contexto de Portugal, um país europeu localizado na Península Ibérica, com frente para o Oceano Atlântico, mas imerso no património cultural da Bacia Mediterrânica, para o legado em estudo. Para testar esta 2.ª ronda de critérios de autenticidade foi primeiro escolhido um caso pré-teste, o conjunto urbano de Caselas, em Lisboa, de Justino Morais, Menção Honrosa INH 1989. Deste caso pré-teste resultaram seis critérios: localização/enquadramento; fator vicinal, solução urbanística e arquitetónica; envelope da peça arquitetónica/forma/função; materiais e técnicas construtivas e, apropriação dos edifícios. Para confirmar e reforçar os critérios revistos à luz do método de Delphi foram testados em casos de estudo não referenciados de habitação coletiva de promoção cooperativa. Estes critérios foram depois aplicados a um conjunto de casos desenhando uma série geográfico-temporal do País. Foram escolhidos como casos de estudo ilustrativos do período em análise: o conjunto urbano em Matosinhos (2.ª fase), Prémio INH 1992, dos arquitetos Jorge Moniz e José Figueiredo; o conjunto urbano em Faro, do arquiteto Lopes da Costa, Menção Honrosa 1992; o empreendimento em Massarelos de 1995, Prémio INH 1996, dos arquitetos Francisco Barata e Manuel Fernandes Sá; o plano Integrado de Almada, 2000, dos arquitetos Cruz Henriques e Marcelo Galego, Menção Honrosa INH 2001; o Plano Integrado do Zambujal do arquiteto Carlos Carvalho, Prémio INH 2004; Ponte da Pedra (2.ª fase de construção); 2006, do arquiteto António Carlos de Oliveira Coelho, prémio INH/IHRU 2007; o edifício em Santiago, Aveiro, Prémio IHRU 2009, do arquiteto Francisco Ferreira Simões.



Figura 1 – Caselas, Menção Honrosa INH1989

Da 2.ª ronda de Delphi resultou a redução dos seis critérios anteriores a quatro e da sua clarificação. A 3.ª e última ronda redefine e sintetiza os critérios de autenticidade. Estes critérios foram definidos em Matos (2018),

e que passaremos apresentar:

a) Enquadramento geográfico topo-natural: Envolvente geográfica e topográfica do edifício ou conjunto urbano dentro do aglomerado urbano ou zona rural em que se insere. Zona de expansão imediata que, sendo palco de ações e de intenções, é capaz de alterar o propósito original da imagem arquitetónica do conjunto urbano ou edifício e as características paisagísticas e naturais do lugar.
b) Enquadramento social: Características das envolventes arquitetónicas, estabelecedoras de ligações espacio-comportamentais que influem no seu estado de conservação/ preservação e de apropriação do edifício ou conjunto urbano. Características socioculturais da geografia humana do lugar e da envolvente que constituem uma identidade particular. Características sensoriais e culturais do local. Forma de tornar pessoal o construído, de modo a satisfazer modos de uso particulares, refletindo uma identificação individual e sociocultural.
c) Enquadramento arquitetónico-construtivo e materiais: Imagem urbana do edifício ou conjunto residencial e sua articulação com os espaços exteriores (quando existem), produzindo uma frente com determinado grau de urbanidade e cariz vicinal, resultando em tipo(s) específico(s) de espaço(s) público(s), i.e., modo como o edifício ou conjunto urbano ocupa o solo, adequação do(s) edifício(s) ao relevo do terreno, morfologia da massa edificada e da malha das infraestruturas urbanas e das zonas verdes adjacentes às habitações, arruamentos e estacionamentos locais. Processos construtivos usados decorrentes do período histórico em que o edifício ou conjunto urbano foi construído, reunindo as técnicas e modos de fazer de então, construindo a identidade física, visual e estética do edifício.
d) Enquadramento funcional: Relação entre o invólucro do edifício ou conjunto urbano, a sua forma e o uso a que se destina. A forma define geometrias, modelações, claros-escuros, proporções, volumetrias e gramáticas da peça arquitetónica, construindo de uma identidade visual e estética do objeto arquitetónico. Esta relação é definidora de tipologias edificatórias identificáveis no tempo, decorrentes de correntes arquitetónicas, estados civilizacionais e contextos geográficos distintos. Nesta relação se afere os usos dados pelos habitantes ao edificado ou fração horizontal e o grau de continuidade do uso original ou usos compatíveis no conjunto urbano ou edifício.

Na 3.ª ronda os critérios finais foram apresentados a um painel de especialistas. Nesta ronda, a Academia reforçou os resultados da 2.ª ronda. Para confirmar e reforçar os critérios revistos à luz do método de Delphi, foram testados em casos de estudo não referenciados de habitação coletiva de promoção cooperativa, e aplicados a um conjunto de casos, cronologicamente distintos, situados em zonas diferentes de Portugal Continental, assim desenhando uma série geográfico-temporal do País. Os critérios de autenticidade finais foram testados por dois casos um em Chelas, em Lisboa e outro em Senhora da Hora, em Matosinhos, dando uma boa ilustração dos critérios de autenticidade para a conservação e reabilitação deste património, não eleito como património Mundial da UNESCO. Os critérios utilizados podem ser usados em outros casos não referenciados, noutras cidades portuguesas, em legado similar, contribuindo para os processos de conservação e de reabilitação destes edifícios.

5. CONCLUSÕES

Durante séculos a gestão territorial da cidade portuguesa definiu normas legais, económicas e estéticas que determinaram a imagem interna e externa do seu edificado civil e, concretamente, do edifício de rendimento (século XVI a 1976), génese tipológica do edifício de habitação coletiva. Este último, sucedendo ao primeiro, à medida que a cidade de inquilinos e senhorios ia dando lugar à cidade de proprietários com encargos de dívida e de instituições financeiras, é abordado neste artigo através do edifício de habitação coletiva de promoção cooperativa. Analisando os catálogos dos Prémios do Instituto Nacional da Habitação (INH) / Instituto da

Habitação e Reabilitação Urbana (IHRU) entre 1989 e 2010 foi construída uma grelha de critérios para responder à pergunta "Quais são os critérios de autenticidade na conservação e reabilitação dos edifícios de habitação coletiva de promoção cooperativa?". Os critérios finais alcançados podem ser aplicados a outros casos não referenciados, noutras cidades portuguesas, em legado similar e contribuindo para os processos de conservação e de reabilitação deste património, um edificado que moldado a cidade, com caráter identitário próprio, que se afirma, no contexto europeu, como caminho para a sustentabilidade ambiental e urbana.

REFERÊNCIAS

ALHO, C., 2016 – **Towards sustainable architecture and urbanism.** In Proceedings of The international Conference on Sustainable Smart Manufacturing (S2M). Lisbon; Portugal, 20-22 October 2016. Silva, F. M.; Bartólo, H.; Bartólo, P. *et al*. –*Challenges For Technology Innovation: An Agenda for the Future*. UK: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017.

ALHO, C. A. A., 2000 – **Authenticity Criteria for the conservation of historic places**. Salford: University of Salford.

APPLETON, J. G. 2005 **– Reabilitação de edifícios "Gaioleiros"**. Alfragide: Edições Orion.

FONSECA, J. P. E. C., 2005 – **Forma e estrutura no bloco de habitação, património moderno em Portugal**. Porto: Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto.

NORBICETA, 2007 – **O primeiro empreendimento cooperativo de construção sustentável em Portugal, da velha fábrica à cidade cooperativa da Ponte da Pedra**. Germina. ISBN978-989-95038-1-6

MATOS, V. P., 2018 – **Habitação coletiva de promoção coletiva de promoção cooperativa, critérios de autenticidade na sua conservação e reabilitação**. Lisboa: Faculdade de Arquitetura Universidade de Lisboa.

MATOS, V. P., 2019 – **From the city of tenants to a city of owners 1861-2006**. *In* Amoêda, R.; Lira, S.; Pinheiro, C. – REHAB 2019– *Proceedings of the 4th International Conference on Preservation, Maintenance and Rehabilitation of Historic Buildings and Structures*. pp. 365-374. Barcelos: Green Lines Institute ISBN (PRINTED) 978-989-8734-41-9,ISBN (PDF) 978-989-8734-42-6.

MOURÃO, J., PEDRO, J. B., 2012 – **Princípios de edificação sustentável**. Informação Técnica de Arquitetura, ITA 11. Lisboa: LNEC. ISBN: 9789724922430.

LAPUERTA, J., GÁRCIA-GERMAN, J., 2019 – **Vivienda y clima/housing and climate 1999-2019**. Biblioteca TC. Valencia, Espanha: General Ediciones de Arquitectura. ISBN 978-84-17753-02-3

SANTOS, F. D.; MIRANDA, P. (editores), 2006 – **Alterações climáticas em Portugal, cenários, impactos e medidas de** adaptação. Projecto SIAM II. Lisboa: Gradiva.

SILVA NUNES, J. P., 2005 – **Uma cidade de proprietários? Mudanças na distribuição dos estatutos de ocupação na área metropolitana de Lisboa entre 1950 e 2001**. *Forum Sociológico*. N.º 13/14 (2.ª série), pp. 113-135.

VIEIRA, J.; LACERDA, M. (coords.) 2010 – **Kit património, kit 02, património arquitectónico habitação multifamiliar do século XX**. Lisboa: IHRU/IGESPAR.

CONCEITOS E METODOLOGIAS NAS INTERVENÇÕES DA WORLD MONUMENTS FUND, EM PORTUGAL

CONCEPTS AND METHODOLOGY IN THE INTERVENTIONS OF THE WORLD MONUMENTS FUND, IN PORTUGAL

José Delgado Rodrigues [(1)], Isabel Cruz Almeida [(2)], A. Elena Charola [(3)], Fernando M. A. Henriques [(4)], Teresa Veiga de Macedo [(5)]

(1) LNEC (Ap.), Portugal, delgado@lnec.pt
(2) World Monuments Fund Portugal, Portugal, icalmeida@wmfportugal.pt
(3) Smithsonian's Museum Conservation Institute, USA, charolaae@si.edu
(4) Universidade Nova de Lisboa, Portugal, fh@fct.unl.pt
(5) World Monuments Fund Portugal, Portugal, teresaveigamacedo@gmail.com

RESUMO

A World Monuments Fund Portugal (WMFP) apoia intervenções em património desde a década de 1990. As suas acções têm sido dirigidas, embora não exclusivamente, a património classificado, de que são exemplos a Torre de Belém, o Mosteiro dos Jerónimos e a estátua equestre a D. José I, em Lisboa. A WMFP participa nestas intervenções como principal financiador e assume as funções de responsável pela condução dos estudos, pela selecção dos operadores e pela gestão das intervenções. Na prática, actua como figura de "dono-da-obra", estando as autoridades de tutela (como seja, a DGPC) sempre presentes nas comissões de acompanhamento e fiscalização. Como linha orientadora, a WMFP exige que os problemas existentes sejam antecipadamente estudados e discutidos e que toda a intervenção seja implementada de forma rigorosa e transparente, assumindo-se que cada intervenção possa servir como modelo e orientação para intervenções futuras em situações semelhantes.

As obras realizadas cabem no conceito de intervenções de manutenção extraordinária; de manutenção porque são acções que se devem repetir periodicamente, e extraordinária porque a profundidade, amplitude e custos pressupõem repetições a prazos da ordem das dezenas de anos. São intervenções complexas que exigem meios humanos e recursos materiais muito significativos. Dentre as metodologias mais relevantes, salienta-se a permanente exigência de qualidade em todas as fases da intervenção, que se materializa na forma como se elaboram os estudos preparatórios, no recurso a pareceres de uma Comissão Científica Permanente (CCP), no estreito acompanhamento das acções e na publicação dos resultados alcançados. O recurso a apoio mecenático é a fonte de receita para financiamento das intervenções, prática que implica um estrito controlo de custos e uma total transparência nos processos e nas decisões. O cumprimento dos orçamentos e a escassíssima quantidade de "trabalhos a mais" são não só requisitos éticos e profissionais, mas também formas de credibilizar as actividades da WMFP face aos seus patrocinadores.

Palavras-chave: Conservação / Património Cultural / Metodologia de Intervenção / Contratação / WMFP

1. INTRODUÇÃO

A World Monuments Fund (WMF) é uma ONG sem fins lucrativos, com sede em New York, com extensões regionais, de direito local, em várias partes do Mundo. Em Portugal, ela está representada pela Associação World Monuments Fund Portugal (WMFP), uma organização regida pelo direito privado, que recentemente comemorou os seus 25 anos de existência.

Nestes anos de actividade em Portugal, a WMFP apoiou cerca de 15 intervenções, que vão desde obras relativamente modestas como seja o órgão da igreja do Espírito Santo, em Évora, até intervenções de grande vulto, tais como na Torre de Belém (Figura 1), diversas intervenções no Mosteiro dos Jerónimos, na Sé do Funchal, no Palácio Nacional de Queluz e na estátua equestre a D. José I.



Figura 1 – Torre de Belém, Lisboa. A intervenção de conservação na Torre de Belém foi a primeira liderada pela WMFP, em Portugal, e constituiu um marco como modelo de preparação, execução e supervisão de empreitadas de conservação e restauro em património edificado em Portugal (foto 1997)

Como órgão da sociedade civil, tem como objectivo específico contribuir para a preservação e promoção do património cultural da Humanidade, actuando como interlocutor, facilitador e promotor de contactos e colaborações entre os múltiplos actores, gestores e tutelas, com o objectivo de encontrar os meios e preparar as condições para que acções de preservação e de promoção sejam definidas, decididas e implementadas.

Estas organizações vivem e actuam com o suporte financeiro de donativos privados, sendo por isso muito sensíveis às conjunturas económicas e sociais. Em Portugal, os donativos locais têm rondado cerca de um terço dos custos das intervenções, pelo que outra parte dos financiamentos tem sido angariada através da WMF internacional. A débil estrutura empresarial do País, as crises económicas e a escassa sensibilização para a defesa do património cultural têm sido obstáculos sérios ao desenvolvimento da actividade da WMFP; por sua vez, o insuficiente enfoque das políticas do património nas actividades de conservação e os dilemas da preservação/reabilitação/renovação não criam ambientes favoráveis à defesa do bem comum e à promoção da qualidade na protecção do património cultural, com a consequente dificuldade na sensibilização da sociedade

civil para obtenção dos financiamentos necessários.

Esta comunicação pretende dar a conhecer o modelo de acção que tem presidido às intervenções onde tem colaborado, na perspectiva de que dele possam ser tiradas ilações que contribuam para melhorar a qualidade das intervenções e para sensibilizar as autoridades públicas e os agentes privados para a necessidade de seguir procedimentos exemplares quando está em causa a preservação do nosso património cultural. Não se trata, pois, de exaltar a acção desta organização, antes se procura evidenciar os aspectos positivos deste modelo e potenciar o que um de nós chamou "efeito WMF", como factor "de grande relevância positiva, na qualidade das intervenções que hoje são realizadas em Portugal" (Rodrigues, 2011).

2. O MODELO WMFP

Quando as intervenções vão além de simples acções de pouca monta, de fácil definição e de concretização simples, assume-se que é necessário proceder de forma faseada, com etapas bem definidas e com metodologia inspirada nas melhores práticas nacionais e internacionais nesta matéria. Toda a intervenção é iniciada pelo gestor/tutela do objecto patrimonial que submete um pedido/consulta para apoio da WMFP. Nos casos aceites para integrarem o portfolio da WMFP, segue-se um procedimento relativamente uniforme, ainda que necessariamente adaptável às circunstâncias específicas de cada caso concreto. Em termos simples, o formato que tem servido de base à preparação e implementação das intervenções é o seguinte:

i. Contactos com o gestor/tutela (que simplificadamente designaremos como "promotor") do objecto patrimonial para elencar e analisar as preocupações existentes e para apreender as expectativas e os planos existentes quanto ao seu futuro.
ii. Estabelecimento de protocolo de entendimento que permitirá à WMFP conduzir os trabalhos preparatórios e implementar as acções necessárias, definindo o envolvimento do promotor e as formas de participação nas tomadas de decisão, no acompanhamento e na fiscalização das intervenções.
iii. A WMFP dispõe de uma Comissão Científica Permanente (CCP) para dar resposta às tomadas de decisão sobre o que fazer e como fazer para resolver os problemas e implementar as acções de conservação adequadas. No entanto, em determinadas circunstâncias, pode ser necessário contratar outros consultores em áreas que sejam pertinentes e não estejam devidamente cobertas no âmbito da CCP, alargando-se desse modo as competências científicas em função do âmbito e complexidade da intervenção.
iv. Assume-se que, em regra, os valores do objecto estão identificados e declarados, mas a WMFP não dispensa o sua própria análise e ponderação sobre esses valores e sobre a forma como os problemas e as possíveis soluções podem vir a interferir com eles, seja de forma negativa ou positiva.
v. Preparação de documentação para lançamento do concurso da empreitada, selecção do adjudicatário e assinatura do respectivo contrato. Por regra, apenas empresas com qualificações específicas neste ramo de actividade, com experiência firmada em intervenções de conservação e restauro e com supervisão de conservador-restaurador são admitidas a concurso.
vi. Acompanhamento regular da intervenção pela CCP, supervisão directa pela WMFP e seus parceiros, e fiscalização da implementação do plano de segurança e saúde em obra por empresa credenciada.
vii. Obtenção dos relatórios finais sobre os trabalhos executados e elaboração de recomendações para acompanhamento futuro das operações executadas.
viii. Sempre que possível, elaboração e publicação de documentos sobre o objecto e sobre a intervenção.

Na fase inicial, decorre uma acção muito importante de promoção da intervenção junto de potenciais patrocinadores para obtenção de financiamento, sem a qual não é possível prosseguir as etapas subsequentes. Na maior parte das intervenções realizadas até ao presente, a WMFP tem angariado dois terços do

financiamento, requerendo ao promotor a sua comparticipação com o valor restante.

2.1. Questões de natureza cultural e técnica

As intervenções em património cultural têm uma natureza diferente das praticadas noutras situações. Se bem que a sua implementação decorra do uso de soluções técnicas, neste caso concreto, os valores culturais devem ser bem avaliados, sobrepondo-se e condicionando as soluções técnicas viáveis. De forma lapidar poder-se-ia afirmar que a conservação do património é uma actividade cultural com implicações técnicas e não uma actividade técnica com implicações culturais, uma vez que todos os procedimentos a adoptar devem estar sujeitos a uma prévia validação cultural em termos da teoria de conservação que seja aplicável ao contexto cultural em apreço, notando-se que esses contextos são diversos mesmo dentro do restrito espaço da União Europeia. Daí que uma das grandes inovações que a WMFP introduziu em Portugal tenha sido precisamente a justa valorização do papel primordial da teoria da conservação em todas as intervenções que tem patrocinado. Nada é feito nessas intervenções sem passar pelo crivo prévio duma análise detalhada das implicações que decorram da aplicação da teoria no caso que esteja em análise. Tratando-se de um tema pouco estudado em Portugal, ele pode ser olhado como sendo algo estranho e irrelevante. No entanto, a experiência do último quarto de século mostra que não é assim. As várias intervenções patrocinadas pela WMFP podem ser questionadas (como tudo na vida), mas dificilmente poderão ser desqualificadas, não só pelo rigor dos procedimentos adoptados, mas sobretudo pela robustez das análises de suporte em termos da teoria de conservação que os enforma e justifica.

A necessidade de obtenção de informação técnica varia de caso para caso, em função da natureza e complexidade da intervenção e do nível de informação já existente sobre o objecto em causa. Assim, quando a informação existente é considerada suficiente, pode avançar-se imediatamente para a definição das acções e sua implementação, mas, quando são identificadas lacunas relevantes nessa informação, pode justificar-se uma fase inicial de diagnóstico para complemento da identificação e caracterização dos problemas e das suas causas. Tem-se, como norma, que só com base no conhecimento aprofundado dos problemas é possível a encontrar as soluções apropriadas.

Para além dos conhecimentos que a CCP põe à disposição de cada empreendimento, a WMFP contrata outros colaboradores e instituições cujas competências estejam na linha crítica para ajudar a resolver os problemas identificados e para desenvolver possíveis linhas de acção prática. O Laboratório Nacional de Engenharia Civil, a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, outras universidades, bem como profissionais ou empresas do sector têm sido chamados a colaborar nas várias intervenções lideradas pela WMFP.

Sempre que os problemas identificados configurem situações de difícil entendimento e explicação, a WMFP contrata pequenos projectos de investigação ou convida instituições a utilizarem os casos em apreço para desenvolverem ou implementarem as suas próprias linhas de investigação. Os resultados da investigação reflectem-se em melhores soluções para os problemas e também em publicações científicas, teses, workshops, etc.

No âmbito estrito da intervenção em causa, importa ter bem presente que o objectivo principal é preparar adequadamente a intervenção, de modo a implementar as soluções encontradas para cada problema identificado. A transposição das soluções para acções concretizáveis será, porventura, a etapa mais delicada de toda a fases preparatória e é, por isso, necessário entender que ter uma solução é importante, mas não é suficiente, para resolver um problema. Um problema de instabilidade estrutural terá como **solução** um reforço, mas a forma, dimensões, materiais, e procedimentos a usar, são os elementos que configuram as **acções** que as irão concretizar. Uma superfície pétrea com perda de coesão poderá ter como **solução** a consolidação, que se

concretizará em **acções** como aplicação de um dado produto, de uma determinada forma e numa dada quantidade, com fixação de fragmentos, colmatação de fracturas, etc., conforme a situação concreta.

A clara identificação das **soluções** é uma atribuição essencial e exclusiva da equipa técnica, seja a CCP ou alargada a elementos do promotor e colaboradores. Por sua vez, as **acções** apenas podem ser tipificadas, já que a sua concretização prática não pode estar dissociada dos meios humanos e materiais e das competências que o futuro empreiteiro terá à sua disposição para as implementar. Esta perspectiva assume que uma intervenção de conservação do património cultural não pode ser delineada *a priori* em todos os seus ínfimos pormenores, pois a componente operacional, a que finalmente "põe as mãos na massa", para o bem, ou para o mal, terá um último e decisivo papel na qualidade da acção implementada.

A tipificação das acções consiste na definição das grandes linhas da operação, onde cabe a indicação de procedimentos críticos, se os houver, mas também de restrições a ter em conta, sempre que identificadas, e, sobretudo, tornando claro, quais os objectivos a atingir com essa acção. Assim, numa solução de limpeza a concretizar numa superfície pétrea, mais do que indicar o método de limpeza e a forma de o implementar, importa indicar claramente como devem ficar as superfícies após essa limpeza, isto é, qual o objectivo último dessa operação. As restrições a ter em conta podem incluir, por exemplo, a proibição de usar jacto de partículas abrasivas; um exemplo de procedimento crítico a recomendar poderia ser o uso obrigatório de limpeza por ablação LASER nas superfícies decoradas cobertas com crostas negras.

Para cada acção tipificada deve ser obtida uma planificação para a sua concretização, mas essa tarefa já deve ter a participação do futuro empreiteiro, que a submete como proposta da forma como se propõe executar a empreitada a que vai concorrer. Esta tarefa é de capital importância e, como se verá na secção seguinte, ela deve ser devidamente valorada entre os critérios a utilizar na selecção da equipa operacional.

2.2. Os concursos e a selecção do empreiteiro

A WMFP tem a convicção firmada de que a seleção do empreiteiro é um acto decisivo para atingir a qualidade final desejada da intervenção. Um bom empreiteiro pode colmatar algumas insuficiências da fase preparatória, mas um mau empreiteiro pode por em causa toda essa preparação, por melhor que ela tenha sido. Por ser entidade de direito privado, a WMFP não está obrigada a seguir o critério de entregar a empreitada pelo preço mais baixo, pelo que tem sempre incluído, como critério, a majoração dos parâmetros de qualidade das propostas e valia das equipas operacionais.

Cientes da dificuldade de avaliar com rigor propostas de intervenções de conservação, procura-se que os candidatos invistam na preparação das suas propostas de forma a melhor fazer transparecer as suas competências e os seus métodos de acção. Como acima se refere, as soluções são identificadas e as acções são tipificadas pela equipa técnica, sendo os concorrentes solicitados a explicitar, para cada acção, os métodos e os materiais a usar bem como a atitude que terá perante essa solução ou acção. Não são aceitáveis declarações vagas de "seguimento das boas práticas" ou semelhante, sendo a qualidade e clareza da descrição elementos essenciais da valoração.

No primeiro concurso efectuado seguindo esta metodologia, na intervenção do claustro do Mosteiro dos Jerónimos, apareceram 3 concorrentes. Uma empresa italiana, de boa reputação e com excelentes colaboradores, que, mais tarde confessaria, investiu pouco e apressadamente na fase de preparação, tendo submetido uma proposta relativamente incipiente e pouco esclarecedora. Um segundo concorrente provinha do sector da indústria da construção e apresentava-se como se o caderno de encargos fosse igual ao que habitualmente se usava em situações equivalentes; usava e abusava das indicações de boas práticas e assumia que qualquer alternativa seria aceitável, como propor a eliminação da colonização biológica com jacto de areia, ainda que tal possibilidade estivesse excluída do caderno de encargos. O terceiro concorrente cumpria os

requisitos e executou a empreitada.

Naturalmente, o preço tem peso na avaliação, mas nunca é o critério essencial, nem muito menos único. Quando devidamente analisado, ele também pode ser elemento de avaliação da qualidade e das expectativas que cria sobre a futura intervenção. Por exemplo, um preço excessivamente baixo para uma operação de limpeza, que se sabe ser operação de mão de obra intensiva, sugere que o concorrente não tenciona dedicar muito tempo a essa acção e, se tal não estiver expressamente proibido no caderno de encargos, é muito possível que se disponha a utilizar um método industrial de grande produtividade, como o jacto de areia.

2.3. O acompanhamento, a fiscalização e a divulgação

Na lógica assumida de que todo o investimento feito na preparação é posto à prova na fase de implementação, a WMFP dedica grande importância a esta fase, disponibilizando a sua CCP para acompanhar todo o processo como assessor e interlocutor directo com as equipas operacionais, sempre que questões de natureza técnica sejam levantadas. A prática dos diversos casos onde interveio tem mostrado que, quer os objectivos a atingir, quer os meios e os métodos a utilizar podem ter ajustamentos na fase de obra, sendo de grande valor o diálogo entre as componentes técnica e operacional.

A logística, o desenrolar das operações, o cumprimento de prazos e de custos são directamente fiscalizados pela WMFP, eventualmente complementada por empresa especializada, nos casos mais complexos.

Uma intervenção de conservação é sempre uma operação de validade temporária, mas variável de caso para caso e conforme os tipos de acções executadas. Importa, pois, que a uma intervenção se siga uma fase de monitorização e de possíveis ajustes, sempre que necessário. Como corolário das intervenções que promove, a WMFP elabora um conjunto de recomendações de seguimento e de manutenção para servirem de guia ao gestor/tutela do bem cultural em causa. Infelizmente, a prática da manutenção não é uma regra que entusiasme os promotores e as autoridades responsáveis, pelo que muitos dos casos até hoje intervencionados pela WMFP carecem da implementação das recomendações oportunamente elaboradas e postas à disposição dessas entidades.

A compilação dos resultados dos estudos e a documentação das operações realizadas são as fases conclusivas das empreitadas, que sempre que possível culminam com a divulgação pública dos aspectos mais relevantes das intervenções. A divulgação tem assumido a forma de publicação escrita, a realização de workshops, participação em encontros, publicações em revistas científicas, entre outras.

3. ALGUMAS NOTAS SOBRE CASOS PRÁTICOS

A importância dos bens patrimoniais intervencionados e o rigor posto na condução das intervenções têm justificado a publicação de bibliografia específica, que se encontra disponível, pelo que aqui se fazem apenas breves referências aos aspectos mais salientes, e se introduz a bibliografia mais relevante.

- **Torre de Belém**

Tratou-se da primeira intervenção em Portugal liderada pela WMFP, onde teve a valiosa colaboração da WMF internacional, nas fases de preparação e de implementação. A coordenação geral esteve a cargo do Prof. John Stubbs e a coordenação da equipa científica foi liderada pela Dr. Elena Charola. Após conclusão da obra, esta equipa científica viria a ser confirmada como Comissão Científica Permanente, tendo a Dr. Elena Charola assumido, desde então, a sua coordenação.

Nas acções preparatórias da intervenção foi incluído o estudo dos materiais pétreos, foram ensaiados alguns tipos de tratamentos de consolidação, e foram estudadas algumas argamassas candidatas ao preenchimento das

juntas deterioradas. Durante as operações de limpeza foram caracterizadas as águas residuais.

A pedra de Lioz é o material utilizado na Torre, pelo que estes estudos serviram também como ponto de partida para outras intervenções futuras, nomeadamente no mosteiro dos Jerónimos, sempre que matérias semelhantes estejam presentes. A metodologia de preparação, de condução da intervenção e de supervisão foram enormes mais-valias que serviram como ponto de partida para definição da metodologia WMFP de intervenção em património que agora se pretende ilustrar.

Os aspectos essenciais desta intervenção e os resultados dos estudos estão compilados em publicação do IPPAR (AA.VV., 2000) e publicados em revistas da especialidade (Aires-Barros; Ascaso; Charola; Henriques; Rodrigues, 1998). Dez anos após a sua conclusão, foi efectuada uma operação de vistoria de inspecção a esta intervenção, cujos resultados foram igualmente publicados (Charola, 2004).

- **Claustro e igreja do Mosteiro dos Jerónimos**

O conjunto do claustro e igreja do Mosteiro dos Jerónimos foi aceite como projecto de acção, mas a envergadura dos investimentos necessários obrigou ao seu faseamento por diversas intervenções. A primeira grande intervenção foi dedicada ao claustro, enquanto a igreja foi dividida em etapas, algumas já concluídas (Dezembro 2019) e outras aguardando oportunidade.

A intervenção no claustro beneficiou dos ensinamentos recolhidos na Torre de Belém e permitiu avançar noutros aspectos igualmente relevantes. Assim, nos estudos preliminares, foi incluído um levantamento arquitectónico completo, dado que não existiam elementos gráficos de qualidade para apoiar as diversas necessidades de mapeamento. Foi testada aqui um novo procedimento para selecção da equipa operacional e, pela primeira vez em Portugal, foi executada uma extensa campanha de limpeza com ablação Laser nos arcos das galerias do piso térreo que se encontravam em piores condições de conservação. Foi apoiado um estudo histórico sobre o mosteiro e uma investigação específica sobre a colonização biológica que cobria de forma muito intensa largas áreas do claustro. Os resultados desta intervenção foram divulgados em volume temático dos Cadernos IPPAR (AA.VV., 2006) e em artigos de revista (ASCASO, 2002; Rodrigues, 2003).

O entendimento do microclima no interior da igreja foi estudado sob protocolo com a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, de onde resultou uma tese de doutoramento (Silva, 2019a) e artigos de divulgação (Silva, 2019b).

- **Sé do Funchal**

A acção da WMFP na Sé do Funchal foi dirigida, numa primeira intervenção, à estrutura de alvenaria e à sua funcionalidade. Foram realizadas inspecções e avaliada a segurança das estruturas, em particular da sua torre sineira, e foram feitas recomendações para enfrentar os problemas e dar-lhes as soluções necessárias. Por se ter considerado urgente resolver problemas mais prementes no pórtico da fachada principal, foi preparada e executada uma intervenção específica de conservação e restauro dirigida a este elemento. Por se tratar de um material pétreo muito específico desta região, as rochas vulcânicas, foram adoptados métodos diferenciados e foi patrocinada a vinda de um especialista alemão (Dr. Eberhard Wendler) para preparar argamassas de restauro especiais para serem aplicadas em situações de extrema deterioração. Desta intervenção foram publicados alguns artigos de divulgação (Charola, Wendler, Silveira, Freitas, Proença, 2009).

Uma segunda colaboração foi dirigida à conservação do políptico e ao cadeiral da capela mor. Sendo duas especialidades insuficientemente cobertas pela CCP, a WMFP agregou diversos especialistas em História da Arte (Prof. Vítor Serrão e Prof. Joaquim Caetano) e em conservação e restauro de pintura sobre madeira (Prof. Mauro Matteini, Prof.ª Anna van Grevenstein, Dra. Elsa Murta e Dra. Mercês Lorena) que se juntaram aos especialistas indicados pelo promotor, a Direcção Regional de Cultura da Madeira. Os estudos de diagnóstico do estado de

conservação e arqueométricos foram realizados pelo Laboratório Hércules, da Universidade de Évora.

- **Jardins do Palácio Nacional de Queluz**

A intervenção da WMFP foi dirigida aos diversos conjuntos escultóricos que ali se encontram, onde se inclui um conjunto de valor excepcional de esculturas em chumbo produzidas pela oficina do escultor John Cheere, que constitui o maior conjunto in loco, no Mundo, de obras deste escultor. As restantes esculturas são em mármore e alguns elementos em pedra de Lioz.

As esculturas em chumbo levantavam problemas de conservação muito específicos para os quais não existia competência técnica, seja no entendimento dos problemas seja na componente de conservação e restauro. Em colaboração com a WMF Britain, foi contratado um especialista em conservação e restauro de esculturas em chumbo (Rupert Harris) que tratou duas esculturas especificamente deslocadas de Queluz para o seu atelier no Reino Unido. Esta contratação incluía a formação de conservadores-restauradores portugueses que permaneceram no seu atelier durante a intervenção nessas esculturas. Esses conservadores foram subsequentemente integrados na equipa que fez a intervenção nas restantes esculturas existentes nos jardins.

Após a sua conservação as duas esculturas foram exibidas em Londres, na National Gallery, antes de serem reenviadas para o seu local original, em Queluz.

As esculturas em pedra tinham a intensa colonização biológica como seu principal problema e sofriam das más práticas ali habituais de limpeza com métodos muito agressivos, como seja o jacto de areia. A WMFP patrocinou um estudo para avaliação da acção de biocidas, do qual foi elaborada uma tese de mestrado (Anjos, 2007). Dos estudos e da análise da situação dos jardins, ressaltou a conclusão de que a limpeza drástica era um erro grave e mesmo a repetição frequente de limpezas moderadas seria um risco desnecessário. Os testes realizados mostraram que a eliminação da colonização pode ser obtida de forma satisfatória aplicando um biocida específico sem qualquer acção mecânica de limpeza. Para preparar o pessoal de manutenção dos jardins e dar a conhecer este procedimento, foram realizados diversos workshops abertos ao público em geral onde se transmitiram as bases teóricas para suportar este procedimento e para treinar os operadores nesta prática virtualmente inócua de lidar com a colonização biológica.

As recomendações elaboradas continham sugestões para tratamento da água de circulação nos jogos de água e para tratamento da colonização biológica. Infelizmente, passados mais de 10 anos sobre a sua elaboração, as limpezas agressivas regressaram aos jardins e o tratamento das águas ainda aguarda implementação.

Os aspectos essenciais da intervenção foram agrupados em publicação da WMFP (AA.VV., 2012), e divulgados sob outros formatos (Charola, 2008; Rodrigues, 2011).

- **Estátua equestre a D. José I, em Lisboa**

Este grupo escultórico, da autoria de Joaquim Machado de Castro (Figura 2), é um dos expoentes da arte escultórica em Portugal e é um exemplo notável da arte da fundição em bronze, pois todo o grupo metálico foi fundido num único jacto, o que constitui proeza muito rara, mesmo a nível internacional. A intervenção foi realizada com protocolo tripartido ente a Câmara Municipal de Lisboa (como promotor), a Direcção Geral do Património Cultural como tutela e a WMFP como patrocinador e actuando como dono-da-obra.



Figura 2 – Estátua equestre a D. José I, em Lisboa, antes e após a intervenção. Esta foi uma das mais recentes intervenções lideradas pela WMFP, segundo um protocolo entre a autarquia, a tutela e a WMFP. A intervenção foi dirigida a todo o monumento, incluindo os elementos em liga metálica e em pedra (fotos 2012 e 2013)

A intervenção foi dirigida aos elementos em liga metálica, mas também ao pedestal e aos grupos escultóricos em pedra de Lioz. O estudo da liga metálica e da sua patologia foi realizado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil e a definição das soluções de conservação teve a assistência do Prof. Mauro Matteini.

Salientam-se, ainda, os ensaios realizados com o georradar, pela Universidade do Minho, para identificar a presença de elementos metálicos ligando os blocos do pedestal, informação relevante para explicar algumas fracturas de apreciável dimensão que ali se manifestavam.

A intervenção teve a preocupação de preservar ao máximo as pátinas mais estáveis que cobriam os elementos metálicos, deixando uma imagem coerente e respeitadora de todo o passado deste conjunto escultórico (Figura 2). Os elementos essenciais desta intervenção estão compilados em volume publicado pela CML (AA.VV) e divulgados em artigos (Rodrigues, Matteini, 2016).

REFERÊNCIAS

AA.VV.– **Estátua equestre D. José I. Intervenção de conservação e restauro**. Lisboa: Câmara Municipal de Lisboa.

AA.VV., 2000 – **Torre de Belém. Intervenção de conservação exterior**. Cadernos. Lisboa: IPPAR.

AA.VV., 2006 – **Mosteiro dos Jerónimos. A intervenção de conservação do claustro**. Cadernos. Lisboa: IPPAR.

AA.VV.,2012 – **The gardens of the National Palace of Queluz: conservation intervention.** Lisbon: Associação World Monuments Fund Portugal World Monuments Fund.

AIRES-BARROS, L. *et al.*, 1998 – **Cleaning of the Tower of Belem**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. ISSN 0947-4498. vol. 4, no. 6.

AIRES-BARROS, L. *et al.*, 1998 – **Stone deterioration on the Tower of Belem**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. ISSN 0947-4498. vol. 4, no. 6.

ANJOS, M. Vale, 2007 – **A estatuária de pedra dos jardins do Palácio Nacional de Queluz. Formas de degradação, enquadramento, tratamentos e avaliação**. Évora: Universidade de Évora.

ASCASO, C. *et al*., 2002 – ***In situ* evaluation of the biodeteriorating action of microorganisms and the effects of biocides on carbonate rock of the Jeronimos Monastery (Lisbon).** *International Biodeterioration & Biodegradation*. vol. 49, no. 1, pp. 1-12.

ASCASO, C.; WIERZCHOS, J.; RODRIGUES, J. Delgado; AIRES-BARROS, L.; HENRIQUES, F. M. A.; CHAROLA, A. E., 1998 – **Endolithic Microorganisms in the biodeterioration of the Tower of Belem**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. ISSN 0947-4498, vol. 4, no. 6, pp. 627-640.

CHAROLA, A. E.; HENRIQUES, F. M. A.; J.; RODRIGUES, Delgado; AIRES-BARROS, L., 1998 – **The Tower of Belem exterior conservation project**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. ISSN 0947-4498. vol. 4, no. 6.

CHAROLA, A. E.; HENRIQUES, F. M. A.; RODRIGUES, J. Delgado; AIRES-BARROS, L. ,2004 – **The Tower of Belem: half a decade after the exterior conservation intervention**. *In 6th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin THE*. no. May, pp. 626-631.

CHAROLA, A. E.; HENRIQUES, F. M. A.; RODRIGUES, J. Delgado; AIRES-BARROS, L. , 2009 – **The conservation project of the Funchal Cathedral. Part I: Problem description and intervention framework**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. ISSN 1864-7251. vol. 15, no. 6, pp. 387-394.

CHAROLA, A. E.; RODRIGUES, J. Delgado; ANJOS, M. Vale, 2008 – **Disfiguring biocolonization patterns after the application of water repellents**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. vol. 14, no. 5, pp. 365-372.

CHAROLA, A. E.; RODRIGUES, J. Delgado; HENRIQUES, F. M. A.; Aires Barros, L., 2009 – **The conservation project of the Funchal Cathedral. Part II: reasons and rationale for the intervention of the decorative stonework**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. vol. 15, no. 6, pp. 407-416.

FREITAS, D.; ABRANTES, A. F., 2009 – **Recent conservation interventions at the Cathedral of Funchal, Madeira.** *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. vol. 15, no. 6, pp. 395-405.

HENRIQUES, F. M. A. A.; CHAROLA, E.; AIRES-BARROS, L.; RODRIGUES, J. Delgado, 1998 – **The masonry of the Tower of Belem and its repointing**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. ISSN: 0947-4498. vol. 4, no. 6.

MATTEINI, M.; RODRIGUES, J. Delgado; FONTINHA, R.; CHAROLA, A. E., 2016 – **Conservation and restoration of the Don José I monument in Lisbon, Portugal. Part II: metal componentes**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. vol. 22, no. 2-3, pp. 81-87.

PROENÇA, N.; COGHI, P.; RAPOSO, M.; VIANA, A., 2009 – **The conservation of the Portal, Rose Window and the Terrace Balustrade of the Holy Sacrament Chapel in the Cathedral of Funchal**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. vol. 15, no. 6, pp. 417-429.

RODRIGUES, J. Delgado; CHAROLA, A. E.; HENRIQUES, F. M. A., 2016 – **Conservation and restoration of the Don José I monument in Lisbon, Portugal. Part I: stone components**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. vol. 22, no. 2-3, pp. 75–80.

RODRIGUES, J. Delgado, 2011 – **A conservação do património arquitectónico em Portugal no final do século XX. Será legítimo invocar um efeito WMF?.** *In Simpósio Património em Construção: Contextos para a sua preservação*. pp. 191-198.

RODRIGUES, J. Delgado; CHAROLA, A. E., 2011 – **Conservation approach diversity to address the decorative elements in the gardens of the National Palace of Queluz, Lisbon, Portugal**. *In 14th Study Days of the SFIIC – Jardins des Pierres, Conservation of Stone in Parks, Gardens and Cemeteries*. pp. 72-82.

RODRIGUES, J. Delgado; VALERO; J., 2003 – **A brief note on the elimination of dark stains of biological origin**. *Studies in Conservation*. vol. 48, no. 1, pp. 17-22.

RODRIGUES, J. Delgado; PINTO, A. P. Ferreira; CHAROLA, A. E.; HENRIQUES, F. M. A., 1998 – **Selection consolidants for use on the Tower of Belem**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. vol. 4, pp. 653-666.

SILVA, H. E.; COELHO, G.; Henriques, F. M. A., 2019 – **Climate monitoring in world heritage list buildings with low-cost data loggers: the case of the Jerónimos Monastery in Lisbon (Portugal).** *Journal of Building Engineering.* vol. 28, no. 1.

SILVA, Hugo Entradas da, 2019 – **Indoor climate management on cultural heritage buildings: climate control strategies, cultural heritage management and hygrothermal rehabilitation**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.

SILVEIRA, A. C., 2009 – **The Cathedral of Funchal, Madeira. A historical overview**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. vol. 15, no. 6, pp. 381-386.

WENDLER, E.; HENRIQUES, F. M. A.; CHAROLA, A. E. – **Technical and scientific support for the conservation intervention of the Funchal Cathedral decorative elements**. *Journal for the Restoration of Buildings and Monuments*. vol. 15, no. 6, pp. 431-443, 2009.

CASA DO REGALO, GABINETE DE EX-PRESIDENTE

REGALO HOUSE, FORMER PRESIDENT´S OFFICE




Pedro Vaz [1], Bárbara Massapina [2]

(1) Secretaria-Geral da Presidência da República, Portugal, pedrovaz@presidencia.pt
(2) Faculdade de Arquitectura Universidade de Lisboa, Portugal, blvaz@fa.ulisboa.pt

RESUMO

No meio da Tapada das Necessidades existe um pavilhão que teria sido mandado construir pelo Rei D. Carlos para ateliê de pintura da Rainha D. Amélia. Em 2005 encontrava-se desocupado e num estado de conservação de abandono, pelo que foi protocolada a sua cedência do Património do Estado para a instalação de gabinete de Ex-Presidente.

O pavilhão original apresenta uma planta retangular próxima do quadrado com alçados simétricos, pés-direitos generosos, com espaços interiores muito modestos e despidos de ornamentação. Após a República o edifício conheceu várias utilizações e algumas adições espúrias no pequeno "cercado" que lhe está associado.

A intervenção substituiu o telhado adulterado na década de 40 do século XX, as caixilharias metálicas possivelmente alteradas na mesma data, demoliu os anexos desqualificados e removeu a proliferação de vegetação invasiva no "cercado". No interior foram introduzidos sanitários e todo o edifício foi equipado com as infraestruturas esperadas num edifício de serviços contemporâneo de serviços, aproximando a construção existente das exigências regulamentares ao nível de acessibilidades, comportamento térmico passivo da construção, segurança contra risco de incêndio e intrusão.

A volumetria fundamental do edifício, bem como cantarias, pavimentos, tetos e todos os valores originais ainda presentes foram conservados. As novas edições materializaram-se com inevitável contemporaneidade, assegurando a evidente distinção cronológica pelo esclarecimento estilístico, ainda que integradas e dialogantes.

Ao encontrar uma função útil e simbolicamente adequada a um edifício patrimonial, a Secretaria-geral da Presidência da República transforma um requisito legal – alojar o Ex-Presidente, numa oportunidade concreta de participar na reabilitação do Património construído e de lhe garantir uma continuidade conservativa futura, fruto da exigência natural que uma função como esta exige.

Palavras-chave: Casa do Regalo / Reabilitação de Património / Função Útil

1. INTRODUÇÃO

A antiga *Cerca das Necessidades* anexa ao antigo Palácio Real foi doada por D. João V ao anterior Convento da Congregação do Oratório de S. Filipe de Néri em 1745. As sucessivas adições de propriedades adquiridas pelo rei a particulares nos anos seguintes tornariam os cerca de 11 hectares da *Cerca das Necessidades* na maior cerca conventual de Lisboa. Tendo resistido intacto ao terramoto de 1755, o convento converte-se na sede do Oratório em Lisboa.

Após a extinção das ordens religiosas em 1833-34, o convento dos Oratorianos e a *Cerca* foram integrados nos bens da Coroa e o Palácio torna-se residência oficial de D. Maria II, data a partir da qual se começa a desenhar os jardins da tapada. Mas seria apenas em 1889, no ano da sua coroação, que D. Carlos manda construir/reconstruir a Casa do Regalo na sua configuração conhecida, supostamente para ateliê de pintura da rainha D. Amélia, utilização da qual não se conhecem evidências.

Com a implantação da República em 1910, o palácio ficou desabitado até 1916 (Bragança, 2016). Os jardins terão conhecido momentos de abandono até serem entregues em 1939 à Direção-Geral dos Recursos Florestais e Agrícolas, iniciando um caminho de tutela independente do palácio e convento.

Seguindo a "tradição" (*Idem, ibid*.) da sua suposta génese, a Casa do regalo foi cedida a artistas plásticos para nela instalarem os seus estúdios. Os primeiros locatários foram o pintor Adriano Sousa Lopes e Júlio Vaz Júnior seguidos pelo pintor Domingos Rebelo e o arquitecto Joaquim Costa Rebocho, terminando com escultor João Afra que ali permaneceu até 2000.

Por auto de cessão de 11 de Maio de 2005, a Direção-Geral do Património afetou a Casa do Regalo à Secretaria-Geral da Presidência da República para aí instalar o futuro gabinete de Ex-Presidente Dr. Jorge Sampaio previsto na Lei para o final do mandato do Chefe de Estado.

Durante o século XX existem registos de duas intervenções no edifício, em finais da década de 60 e em 1991-93. Contudo, em 2006 a casa apresentava diversas patologias e urgia intervir.

2. SITUAÇÃO EXISTENTE CASA DO REGALO

2.1. Caracterização

Em 2006 a geometria da planta original da Casa do Regalo mantinha a sua distribuição simétrica em relação ao eixo do conjunto lago circular/estufa do ripado/*grotto*, orientado segundo um eixo Norte/Sul, com traçado de paredes definindo espaços ortogonais, de estrutura regular e hierarquizada própria dos revivalismos neoclássicos do século XIX. O espaço interior era composto por uma grande sala a Norte, e três outras de menores dimensões a Sul, cuja soma iguala a dimensão da primeira. Não apresentava áreas de circulação, sendo as salas ligadas entre si por portas implantadas ao centro de cada parede.

A decoração interior apresentava-se simples e modesta, com leve ornato nas carpintarias. A sala situada a Norte era marcada por dois conjuntos de duas pilastras suportando uma viga, com dois modilhões generosos, cada um com duas volutas simétricas. Esta viga era composta por vigamento de madeira empalmado por barras de aço a trabalhar como treliça, forradas a fasquiado e terminado a estuque, num tabique vulgar.

Os vãos exteriores eram em caixilharia de ferro corrente, com cruzetas entre pinázios e folhas de vidro simples, guarnecidos a cantaria de lioz, com vergas em arco de volta perfeita com tríglifo na pedra de fecho, enriquecidos por elementos decorativos em argamassa a definir frontões apoiados em volutas sobre as vergas. A única exceção era o vão envidraçado a Nascente da sala que foi destinada a gabinete do Ex-Presidente.

No exterior, os cunhais e frisos nas esquadrias fundamentais dos volumes eram demarcados por pilastras falsas, executadas em reboco e pintadas a branco. As mesmas pilastras surgiam a intercalar os vãos exteriores, criando uma marcação ritmada no alçado. O ático continuado que escondia a cobertura repete o motivo decorativo dos quadrifólios encontrado em todos os muros do Jardim do séc. XVIII, com o cimalhete guarnecido por estatuária. Com exceção feita aos leões guardiães, à coroa, e aos brasões do Rei D. Carlos e da Rainha D. Amélia, das Casas de Bragança e Orleãs respetivamente, que coroam a grande janela virada a Nascente, toda a restante estatuária é de pequena dimensão e média ou baixa qualidade.

A sala central virada a Sul é encimada por um torreão com miradouro no seu interior, cujo único acesso se processa pela cobertura, através de uma janela. Este espaço tinha um acabamento de paredes, teto e pavimento muito rudimentares, idêntico a uma fase de toscos. O seu maior interesse reside no efeito escultórico exterior, no papel de remate e pontuação da centralidade do edifício face ao eixo culminante no lago Joanino.

Na cobertura de telha marselha existiam testemunhos de uma configuração diferente da encontrada, afigurando-se próxima do terraço, ainda que não fosse possível concluí-lo em definitivo antes da obra. As suspeitas fundaram-se em desarticulações técnico construtivas que só assim se explicariam, a saber:

- os contrafortes que estabilizavam o ático e que serviam de apoio às estátuas de remate do cimalhete apresentavam-se sutadas na base, com cortes desiguais e remates irregulares com a superfície interior do ático, solução provavelmente encontrada para garantir a continuidade de uma caleira em zinco periférica introduzida mais recentemente;
- as águas do telhado intersectavam o volume do miradouro central cortando transversalmente frisos e ornamentos exteriores, sendo o apoio da estrutura de asnas e madres executada com soluções improvisadas, com entregas em nichos escavados na parede acabada, rematadas por argamassa sem acabamento;
- ressaltava a diferença de qualidade entre o aparelhado da estrutura de madeira que suspendia o fasquiado do teto interior com o tosco barrote de apoio do guarda pó do telhado.

A estas considerações acrescia que paredes exteriores encontradas sob a telha apresentavam um reboco ocre pigmentado como acabamento final, aplicado sobre reboco de cal, totalmente diferente do acabamento de reboco bastardo e pintura a tinta plástica rosa encontrado em todas as paredes exteriores visíveis. Esta realidade escondida indiciava tratar-se do reboco original, não alterado por economia de esforço, permitindo conhecer a coloração original dos paramentos exteriores.

2.2. Diagnóstico do estado de conservação

Construtivamente, a Casa do Regalo caracteriza-se por paredes de alvenaria pobre estruturais, rebocadas e pintadas no exterior, e estucadas e pintadas no interior, tetos em tabique pintado, pavimento em taco de riga e castanheiro e carpintarias interiores pintadas a esmalte de cor lisa. O edifício apresentava um razoável estado de conservação, com estrutura estabilizada, sem assentamentos ou desaprumos, e com os revestimentos interiores protegidos pela cobertura que se reconhecia mais recente, resultado de uma intervenção na cobertura que lhe desenhara uma geometria diferente da original.

Pavimentos e carpintarias encontravam-se sãos, sem vestígios de parasitas na madeira, apenas com episódios pontuais de podridão cúbica dos elementos nos rodapés da parede Norte. Os estuques interiores à base de cal, acabados sobre rebocos de cal, apresentavam-se na maioria consolidados. Somente a parede Norte se reconhecia coberta por microrganismos, fruto do permanente escorrimento de águas provenientes da caleira na cobertura, e com algumas eflorescências de sais junto aos rodapés. Os fasquiados dos tetos estavam razoáveis, com um caso único de destacamento do estuque, sem gravidade.



Figura 1 – Exemplo de podridão cúbica em rodapés

Os revestimentos exteriores apresentavam-se consistentes, com algumas zonas com rebocos em destacamento e fendilhação superficial. Encontravam-se diversas áreas com a tinta em escamação, com o pigmento amortecido pelo sol.

Nas cantarias do ático e de emolduramento da grande janela a Nascente reconheciam-se poeiras e depósitos terrosos, com alguns exemplos de crosta negra e colonização biológica ativa, fruto de décadas sem limpeza, à mercê da intempérie e da poluição urbana. A estatuária de menor qualidade, executada em pedras mais brandas, apresentava maiores sinais de erosão superficial, com forte atenuação dos baixos-relevos e do trabalho decorativo.

2.3. O Jardim "privativo" da Casa do Regalo

No exterior, a Nascente do edifício, surge uma pequena cerca que destaca um jardim de características privativas, sacralizando uma área confinada de jardim no interior da Tapada das Necessidades, oferecendo-o ao usufruto privilegiado da Casa do Regalo. A linguagem do traçado da cerca utiliza os mesmos quadrifólios e frisos decorativos utilizados nos muros da Tapada, e que se repetem na cobertura.

No interior deste jardim, lateralmente à construção original, e em data que se pressupõe posterior, surgiam duas construções de características diferenciadas.

A primeira conformava um vestíbulo de entrada, utilizando uma semântica decorativa muito semelhante à do edifício original, ainda que ligeiramente mais pobre, já que os arcos em cantaria eram executados em três peças de cada lado do vão, em vez de peças únicas como nos originais. Este apêndice perturbava os princípios de simetria estabelecidos no traçado inicial, e confundia o reconhecimento da peça original. O seu encosto ao edifício antigo era deselegante, escondendo as pilastras dos cunhais e os frisos de ornato da fachada em posições sem critério.

A segunda construção surgia como um anexo clandestino, construído como prolongamento do vestíbulo espúrio, com um desenho e acabamentos muito desqualificados, degradantes da cerca e do equilíbrio do jardim.

O estado selvagem da vegetação e espécies arbóreas existentes denunciava o abandono a que estava votado este jardim, possivelmente agravado pela cerca que, ao destacá-lo da restante Tapada, o desvinculava da manutenção regular do INIA, a entidade que se encontrava responsável pela Tapada das Necessidades.



Figura 2 – Anexo de génese ilegal existente dentro do "jardim privativo"

Sob a Casa do Regalo existiam antigos caneiros de encaminhamento de águas para o "*grotto*", desenhados pelos muros de fundação da construção. O pequeno labirinto de corredores estava acessível por uma abertura lateral, que foi fechada pelo projeto com uma porta de segurança, mas que permitiu fazer os atravessamentos longitudinais entre salas das infraestruturas elétricas, telecomunicações, de águas e esgotos.

3. A PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

3.1. Vetores definidores da solução

Da análise dos elementos existentes, considerou-se que a má qualidade construtiva e arquitetónica do anexo impunha a sua remoção. Do mesmo modo, o volume do vestíbulo, com a sua pretensa unidade estilística com o edifício original, retirava-lhe a pureza do traçado simétrico, a clarividência do seu perímetro, e iludia o observador quanto à autenticidade do objeto original, já que representava uma fraca adição, com um aparente erro de escala nos vãos, na altura do teto e na dimensão do volume exterior, menores valias pautadas por uma notória inferior qualidade construtiva.

Assim, a intervenção teve como vetores estruturantes:

- A demolição do anexo no interior do jardim "privativo", incluindo o vestíbulo de linguagem mimética;
- A remoção do telhado na sua forma encontrada, já que eram evidentes os sinais de que não correspondia à cobertura original;
- Intervenção no interior concentrada na sala grande a Norte, com soluções mistas de paredes de alvenaria de tijolo nas áreas de canalizações e fixação de revestimentos pétreos de grande dimensão e de paredes de gesso cartonado isolado acusticamente por lã de rocha.



Figura 3 – Anexo do "jardim privativo" demolido, deixando reposta a geometria base da casa

3.2. A Proposta no “jardim privativo”

Para responder às exigências do programa e assumindo que a intervenção procura a harmonia estilística e não unidade estilística, propôs-se a edificação de um volume no local da construção anterior, de linguagem monolítica, geometria pura e simétrica. Um corpo edificado silencioso no seu pousar, mas marcante na contemporaneidade do gesto. Propôs-se um volume sem vãos de janelas nas fachadas, como que um cenário, pano de fundo para as árvores existentes a manter no jardim “privativo”, sendo simultaneamente parede de proteção dos ventos de Norte e abrigo para garantia de privacidade do jardim face ao caminho público da Tapada. Tal hermeticidade morfológica era claramente adequada à função de arquivo projetada para o espaço interior deste volume, onde as prateleiras se estenderiam ao longo de todas as paredes, do chão ao teto, sem interrupções.

O encontro do objeto projetado com o edifício existente original aconteceu formalmente pela desmaterialização do monolitismo característico deste volume, dando lugar a uma transparência e leveza conferidas pelas paredes que apresentam vidro como acabamento principal. Este desligamento formal conforma o vestíbulo projetado para entrada quotidiana, que se garantiu coberta por uma pala em lioz, para conforto da sua utilização em dias de chuva. O vestíbulo estabelece a passagem para a sala de espera, para o jardim “privativo” e para a área de arquivo, e acomoda todos os quadros de comando elétrico e mecânico dos diversos equipamentos instalados.



Figura 4 – Maqueta da solução proposta. A branco demarcam-se as adições contemporâneas



Figura 5 – Volume do arquivo dentro do “jardim privativo”, alçado Nascente

O encontro entre edifícios do séc. XIX e séc. XXI processado desta forma procurou demarcar com clareza a fronteira entre o novo e o existente, tornando-a percetível tanto do exterior como do interior. Na clareza da leitura ressalta a autenticidade de cada um dos elementos, estabelecendo-se uma dialética entre os volumes

edificados, em que o novo ganha no proveito que retira da proximidade da carga histórica e arquitetónica do antigo, e o antigo ganha o implante regenerador que o projeta na contemporaneidade.

3.3. A Proposta na cobertura

A intervenção na cobertura considerou a demolição do telhado existente e da sua estrutura, reparando as paredes danificadas do miradouro aquando da execução desta alteração. No seu lugar propôs-se um telhado em camarinha de zinco, pré-patinado à cor da folha de chumbo (cinza escuro mate), assente sobre feltro pára-vapor apoiado em estrutura metálica forrada a chapas de madeira "sandwich", com isolamento térmico de 70 mm no interior.

Definiu-se uma caleira periférica para circulação a toda a volta da cobertura, com o acabamento em zinco, mas com juntas agrafadas para que não constituíssem objeto de tropeço. Os tubos de queda e pinhas de recolha de águas pluviais existentes nos quatro vértices do edifício, foram rebaixados no pavimento da caleira, e em seguida protegidos por gradil galvanizado, assente de modo a garantir a cota de circulação sem desníveis.



Figura 6 – Silhueta do telhado encontrado de recorte agressivo contra o torreão. Notar que a pintura rosa do exterior não confere com o amarelo original encontrado sob o telhado

Para acesso ao espaço interior do miradouro existente na cobertura, projetou-se um passadiço metálico, com perfis de bordadura e pavimento em chapas folha de oliveira. A guarda deste passadiço é estruturalista, executada em barra de simples corrimão, com variações junto à entrada do miradouro para amparar a subida e descida no acesso ao interior. Este passadiço serve também para esconder as fugas de ventilação dos sanitários e da copa, evitando o aparecimento de chaminés.



Figura 7 – Cobertura de zinco final com passadiço de acesso ao torreão central escondendo chaminés

Os contrafortes que servem de apoio às estátuas de remate do cimalhete que se apresentavam sutados na base foram recompostos, calçados com alvenaria e acabados em reboco integrado na restante superfície. A estatuária e as cantarias decorativas do vão Nascente do gabinete principal foram objeto de limpeza de micro-organismos e crosta negra por empresa de Conservação e Restauro, especializada em cantaria.

3.4. A Proposta no interior

No interior focalizou-se a intervenção no salão grande a Norte. O programa funcional requeria um número de compartimentos cujo cumprimento implicaria sempre a subdivisão dos espaços disponíveis, já que propunha um maior número de divisões de dimensões mais pequenas que as existentes. Assim, optou-se por concentrar a subdivisão necessária num só espaço, escolhendo para tal a sala Norte, a maior das salas existentes e a menos interessante do ponto de vista hierárquico, por se situar a Norte e junto à entrada do mesmo. Reunia assim condições para responder às áreas mais funcionais do programa, libertando as salas de exposição ao quadrante Sul para as funções mais nobres e com exigências de maior privacidade.

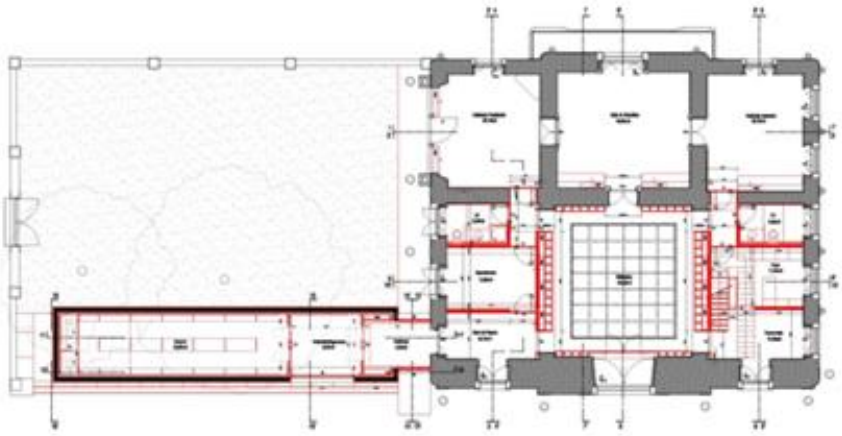


Figura 8 – Planta com as subdivisões da sala grande a Norte marcadas a encarnado

A geometria da divisão dos compartimentos procurou respeitar a simetria original da planta. A Sul foram mantidas as três salas existentes. Definiu-se uma instalação sanitária e duas salas de cada um dos lados da sala Norte original, deixando ao centro uma biblioteca, respeitando a posição da claraboia existente. Partindo de um traçado totalmente simétrico, a compartimentação dos topos Nascente e Poente evoluiu em pequenas diferenças de conteúdo para responder aos requisitos específicos de cada espaço e função.

As caixilharias de aço e as de madeira existentes foram substituídas por caixilhos novos, com perfis compósitos de aço e madeira: uma estrutura executada em perfis de madeira com bom comportamento dimensional em contextos exteriores, reforçada no interior com perfis e barras em aço inoxidável AISI 316. Os vidros simples foram substituídos por vidros reflectantes e baixo-emissivos com leve butiral gris, para acentuação da sombra dos vãos nos alçados. Os topos dos perfis foram colmatados, nas zonas de batente, com bandas de borracha em fiada tripla, para garantir a estanquicidade do sistema.

A Sul, sala principal do topo Nascente teve uma intervenção silenciosa mas relevante na superfície envidraçada da janela virada ao jardim privativo. A caixilharia em ferro com múltiplos frisos em ferro forjado foi recuperada e reforçada pelo interior com soluções de corte térmico. Todos os vidros simples foram integralmente substituídos por vidros duplos reflectantes e baixo-emissivos, com butiral gris para sombreamento do vão. A proteção solar foi completada com um duplo jogo de estores de rolo microperfurado e rolo de "*black-out*", a trabalhar de modo independente com controlo remoto elétrico.

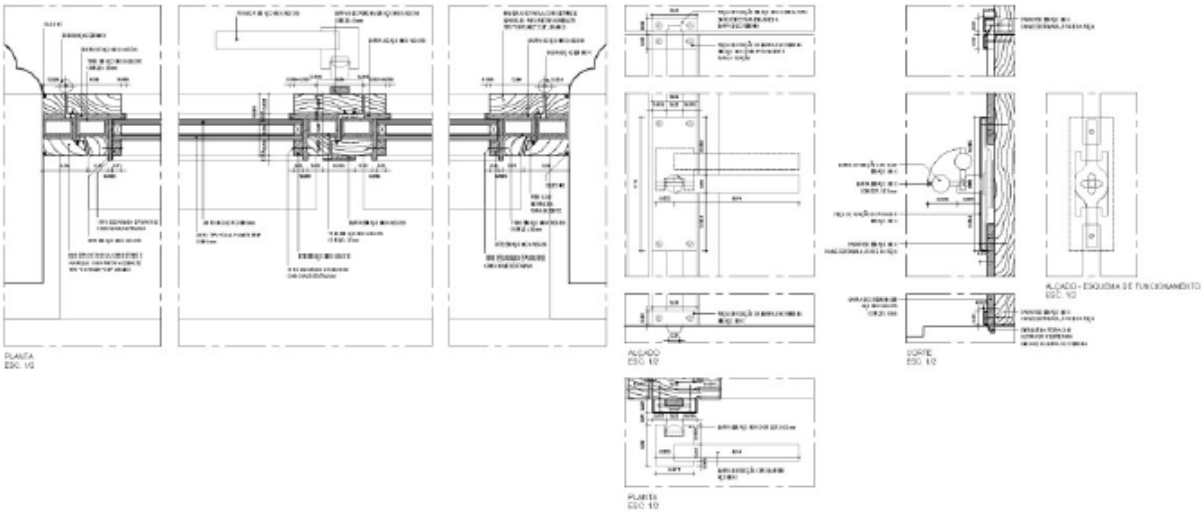


Figura 9 – Pormenor dos novos caixilhos compósitos de aço e madeira



Figura 10 – Caixilho da Sala Sul reforçado com corte-térmico, vidros reflectantes e baixo-emissivos

A sala central projetava-se para sala de reuniões, retirando proveito da centralidade e do usufruto da varanda que se desenvolve sobre a antiga "estufa do ripado", ligando o "*grotto"* ao lago joanino. No topo Poente eliminou-se uma instalação sanitária precária e espúria existente, devolvendo à sala a sua configuração original, destinada a gabinete de trabalho.

Nas salas a Norte, ficou ao centro uma sala de biblioteca generosa de planta quadrangular, fruindo da luz coada proveniente da majestosa claraboia existente no interior que abrange o teto na totalidade, por sua vez iluminada por uma claraboia nova com dimensão e geometria igual à anterior em memória da claraboia existente, agora protegida da incidência solar por vidros duplos reflectantes solares e baixo-emissivos, seguidos de sobrecéu existente e recuperado, com vidros novos foscados. O perímetro da sala ficou definido por armários para acomodação de livros, abraçando as quatro pilastras dos dois pórticos existentes na sala original.

3.5. Opções construtivas gerais

Como princípio construtivo fundamental, optou-se por intervir com paredes em placas de gesso cartonado, entendendo-as como versão contemporânea do tabique tradicional, próprio do sistema construtivo das paredes interiores do pombalino. Os tetos dos novos pequenos compartimentos foram utilizados como áreas técnicas para esconder condutas e tubagens.

Todo o equipamento de mobiliário foi integrado nas paredes novas, conferindo-lhe um reforço estrutural adicional. As unidades interiores de ar condicionado são integradas no mobiliário projetado, de modo a

escamotear todo o equipamento de climatização. Os caminhos de cabos e tubagens circulam pelas paredes novas, de modo a minimizar os "toques" nas estruturas e paredes originais. Os atravessamentos longitudinais das infraestruturas de águas, esgotos, ventilação e climatização foram efetuados pelos túneis existentes sob o pavimento térreo, picando nas prumadas onde necessário.

Toda a iluminação projetada é indireta, em sancas ou no topo dos armários. Esta opção surgiu como a mais adequada ao destaque da espacialidade dos tetos de masseira a seis metros de altura, permitindo ainda total liberdade para a escolha dos futuros candeeiros de pé e de mesa.

O jardim foi igualmente iluminado para garantir a segurança e a operacionalidade dos sistemas de videovigilância, permitindo em simultâneo o usufruto noturno, conferindo um ambiente projetado ao cair da tarde e noite.



Figura 11 – Área do "jardim privativo" iluminado com luz indireta



Figura 12 – Alçado Norte após a reabilitação

4. CONCLUSÕES

Nos primeiros anos do século XX a Casa do Regalo esteve sem funções atribuídas. O cenário repetiu-se nos primeiros anos do século XXI. Com a extinção do seu valor de uso, abre-se a porta ao apelidado ciclo cultural na vida do edifício, que não é necessariamente melhor que o ciclo funcional. A opção pela esterilização funcional pode no limite conduzir à acumulação museológica do edificado, e será desinteressante sempre que o valor de uso possa permanecer sem danos para o edifício, usufruindo da mais-valia resultante do contexto histórico e

simbólico ancestral.

A consciência da importância funcional dos edifícios remonta aos primórdios da teoria da Conservação e Restauro. Em meados do século XIX Viollet-le-Duc defendia «*D'ailleurs le meilleur moyen pour conserver un édifice, c'est de lui trouver une destination, et de satisfaire si bien à tous les besoins que commande cette destination, qu'il n'y ait pas lieu d'y faire des changements.*» (Viollet-le-Duc, 1854), afirmação categórica que sintetiza a problemática da função aplicada com extrema actualidade.

Na Carta de Atenas para os Monumentos Históricos de 1931, publicada pelo Serviço Internacional de Museus criado em 1926 no seio da Sociedade das Nações, acordou-se na utilidade da ocupação funcional dos edifícios. Nos seus Princípios Gerais enunciava com clareza: «*The Conference recommends that the occupation of buildings, which ensures the continuity of their life, should be maintained but that they should be used for a purpose which respects their historic or artistic character.*» (ICOMOS, 1931)

Na Carta de Veneza retoma-se o tema da *utilitas* no seu artigo 5.º: «A conservação dos monumentos é sempre favorecida pela sua afetação a uma função útil à sociedade: tal afetação é pois desejável mas não deve alterar a disposição ou a decoração de edifícios. É dentro destes limites que se devem conceber e que se pode autorizar as adaptações exigidas pela evolução dos usos e dos costumes.» (ICOMOS, 1964).

Em todos se reconhece uma prosa de cautela para evitar que a pressão funcional agrida o edificado, na sua inevitável necessidade de atualização e mudança, mas sempre a promover e aconselhar a procura de uma utilidade para os espaços da arquitetura, afinal uma das suas condições de beleza.

Neste contexto, ao transformar um requisito legal de criar um gabinete de Ex-Presidente para a saída de funções do Chefe de Estado (no final de um ou dois mandatos) numa oportunidade de reabilitar um edifício histórico do Estado com valor arquitetónico e cultural, a Secretaria-Geral da Presidência da República está a contribuir ativa e objetivamente para a preservação do património edificado, garantindo-lhe uma utilidade real que lhe assegurará a conservação futura.

REFERÊNCIAS

CASTEL-BRANCO, Cristina (*Dir. Ed.*); CARREIRAS, José (*Coord. Ed.*), 2001 – **Necessidades. Jardim e cerca**. Lisboa: Livros Horizonte e Jardim Botânico da Ajuda. ISBN 972-98439-2-9.

BRAGANÇA, José Vicente; VAZ, Pedro: MASSAPINA, Bárbara, 2016 – **Casa do Regalo**. Lisboa: Museu da Presidência da República. ISBN 978-972-8971-81-6.

VIOLLET-LE-DUC, Eugène, 1854-1869 – **Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle**. Paris: Edition BANCE-MOREL.

Créditos fotográficos: Pedro Vaz e Bárbara Massapina

ICOMOS, 1931 – **The Athens Charter for the restoration of historic monuments**. Adopted at the First International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments, Athens.

ICOMOS, 1964 – **Carta de Veneza**. Carta Internacional sobre a Conservação e Restauro dos Monumentos e Sítios, Veneza.

CONVENTO DO SACRAMENTO, GABINETE DE EX-PRESIDENTE

BLESSED SACRAMENT CONVENT, FORMER PRESIDENT´S OFFICE




Pedro Vaz [(1)], Bárbara Massapina [(2)]

(1) Secretaria-Geral da Presidência da República, Portugal, pedrovaz@presidencia.pt
(2) Faculdade de Arquitectura Universidade de Lisboa, Portugal, blvaz@fa.ulisboa.pt

RESUMO

O mosteiro do Santíssimo Sacramento, construído no séc. XVII, pertence ao Estado. Afeto ao Ministério dos Negócios Estrangeiros, foi protocolada a cedência de um décimo da sua área para a instalação de gabinete de Ex-Chefe de Estado.

O gabinete situa-se num canto do claustro do antigo convento, ocupando dois pisos com a mesma área, confinado por corpos de escadas já existentes no edifício. A área intervencionada corresponde à parte demolida e reconstruída num gaioleiro corrente para alargamento da Rua de Sacramento a Alcântara. Os acabamentos interiores do existente, modestos e despidos de ornamentação, foram mantidos na sua sobriedade, sendo adicionada uma arquitectura contemporânea, funcional e adequada à função de gabinete de Ex-Chefe de Estado, com as valências orgânicas necessárias ao desenvolvimento da função.

Alguns pavimentos do piso térreo, que apresentavam patologias estruturais sem garantir capacidade de carga foram substituídos. Núcleos de sanitários foram necessariamente introduzidos, e todo o edifício foi equipado com as infraestruturas esperadas num edifício de serviços contemporâneo para cumprimento cabal da sua função.

A espacialidade das divisões principais, bem como pavimentos, tetos e todos os valores originais foram conservados e integrados na solução arquitetónica. As novas edições de compartimentação e mobiliário fixo desenharam-se com evidente contemporaneidade, depurada e elegante. As exigências regulamentares ao nível de acessibilidades, comportamento térmico passivo da construção, segurança contra risco de incêndio e intrusão foram atendidas, aproximando a construção existente dos padrões exigidos por lei.

A Secretaria-geral da Presidência da República transforma deste modo um requisito legal – alojar o Ex-Presidente no final do mandato, numa oportunidade concreta de participar na reabilitação do Património construído da cidade de Lisboa, oferecendo a manutenção continuada que uma utilização deste tipo necessariamente requer.

Palavras-chave: Convento do Sacramento / Reabilitação de Património / Critérios

1. PREÂMBULO

O Convento do Sacramento foi objeto de trabalho de investigação intitulado "*Monografia histórica e artística do Convento e Igreja do Santíssimo Sacramento*" de Rui Manuel da Silva Matos, encomendado pelo Ministério dos Negócios Estrangeiros. Na mesma data foi executado o levantamento do edifício. Em 2006 inicia-se uma primeira intervenção coordenada pelo Professor António Lamas de substituição das coberturas e a reabilitação dos paramentos e caixilharias, opção fulcral para suspender a degradação.

Em 2007 desenvolve-se o "Projeto de Reabilitação e Adaptação do Convento do Sacramento" coordenado pelo Arq. João Seabra Gomes, e o estudo "*Convento do Santíssimo Sacramento de Alcântara (Lisboa): Análise preliminar dos espaços arquitectónicos*", de Maria Magalhães Ramalho, de Agosto de 2008, ambos do IGESPAR, resultado de um protocolo estabelecido com o MNE para a instalação do seu Arquivo Histórico, ao abrigo do qual se efetuaram as demolições espúrias e o restauro filológico do singular interior da igreja, por falta dos montantes necessários para progredir com o projeto global. Terminado o protocolo, os futuros desenvolvimentos do projeto foram suspensos por tempo indeterminado.

2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

2.1. Da fundação à República

O mosteiro do Santíssimo Sacramento, situado na Rua do Sacramento, n.ºs 43 a 51, foi fundado por escritura de doação dada em Évora em 20 de Outubro de 1605 pelos condes de Vimioso D. Luís de Portugal e D. Joana de Castro e Mendonça, destinado a religiosas da Ordem de S. Domingos (Dominicanas). A construção do Mosteiro inicia-se a 7 de Janeiro de 1612. Quatro anos depois está concluído o dormitório, na Ala Sul, e são instaladas as primeiras religiosas.

Em 1620 termina a construção da igreja de uma só nave, alta e escura, anterior à atual. Nesta data o convento tem 35 freiras, 30 de véu preto e 5 conversas, máximo da sua capacidade de alojamento. Em 1635, o novo Vigário do convento, João de Vasconcelos, decide demolir a igreja com apenas 15 anos e construir uma nova no seu local, por considerar que a igreja não tinha a dignidade necessária. A atual igreja é construída no mesmo local, com planta de cruz grega encimada por uma cúpula semiesférica de pé-direito alto, com a cabeceira virada a Nascente e três capelas laterais iguais.

Com a extinção das Ordens Religiosas em 1834 deixam de ser admitidas noviças.

A entrada a partir da *Rua Direita do Sacramento* processava-se pelo *Largo do Sacramento*, com a qual confinava um primeiro pátio, que controlava as entradas e ligações com o exterior. Um portão (Figura 4) permitia a entrada para este pátio onde ocorriam as trocas de géneros com o mundo exterior. No canto Sudoeste do pátio abria-se uma porta para o claustro da clausura, onde apenas se moviam religiosas. O *Cerrado do Sacramento*, o campo de cultivo e criação de animais para sustento das irmãs, confinava diretamente com o Rio Tejo. A Sul do perímetro de vedação situava-se a casa do Vigário desde a fundação.

Em 1859 já viviam apenas 13 religiosas, 8 pupilas e uma secular no convento, com grandes dificuldades. Em 1889 o convento cede espaços para associações de solidariedade, e em 1895 cede parte da propriedade para alargamento da Rua do Sacramento, a dois anos de falecer a última freira.

Em 1871 projetam-se os novos eixos viários e o aterro sobre o rio que se iriam desenvolver até 1911. A "Planta anexa do auto da troca da posse de terrenos celebrada entre o ministério da marinha e a camara municipal de Lisboa em 29 de Agosto de 1888" mostra que a abertura da Rua Tenente Valadim, que desce para a então Rua 24 de Julho implicou o corte de uma fatia sul ao Cerrado do Convento. O fato da troca se efetuar com o Ministério

da Marinha sugere que eram já os militares que tomavam conta do perímetro. Em documento da secretaria da Direção Geral das Obras da Câmara Municipal de Lisboa datado de 1895 surge o "Projecto de alargamento e rectificação da Rua do Sacramento a Alcântara na parte que entesta com o extinto Convento do Sacramento", que elimina o corpo que prolonga a Nascente o claustro, e representa o Largo do Sacramento cortado pelo gradeamento na continuidade da nova rua.

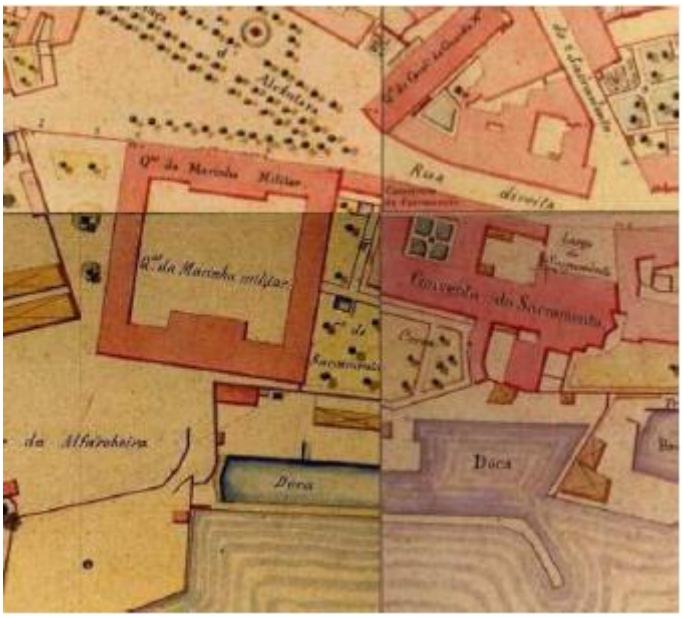


Figura 1 – Planta Topográfica de Lisboa, Filipe Folque, 1856-1858. Aqui surge claramente representado o interior do claustro com a geometria idêntica à atual, possivelmente da origem do convento. O primeiro pátio existe ainda no alinhamento da Ala Norte do claustro, até ao Largo do Sacramento.

2.2. O Convento na República

Após a demolição do lado Norte do Convento para alargamento da rua do Sacramento, é edificado um novo corpo mais esbelto para garantir uma maior largura para a via pública, sem o corpo que se prolongava até ao Largo do Sacramento.

Seguindo a prática corrente de intervenção em edifícios existentes, o novo corpo mais alto assumia uma nova linguagem, coeva do seu tempo, sem procurar acompanhar o restante convento. Os espaços apresentavam novas dimensões, acabamentos em tabiques com baixos-relevos decorativos, pés-direitos mais altos que não concordavam com as cotas da galeria no claustro, janelas mais largas e mais altas, com guarnecimentos em cantaria de melhor qualidade, revelando características de gaioleiro bem construído.

No âmbito da atribuição de novas funções para os edifícios do Estado, entre 1911 e 1916 a Ala Poente do Convento é ocupada pela Academia das Ciências de Portugal, data em que os militares aqui instalam o Depósito Geral de Material de Aquartelamento do Exército. Na década de 1940 é efetuado um levantamento do convento, onde surgem representados como existentes as garagens do primeiro pátio e os dois dos finalmente três blocos de armazéns no Cerrado do Sacramento. Na mesma data do levantamento militar terá sido efetuada a fotografia do claustro, mostrando que a galeria superior ainda mantinha os gradeamentos de varanda, denunciando ter sido anteriormente um espaço aberto ao exterior, sem caixilharia. Igualmente se reconhecem os medalhões circulares entre arcos, dentro dos códigos decorativos do Tratado de Serlio, que terão sido removidos posteriormente. Igualmente se verifica que os elementos de ancoragem dos tirantes já existiam nesta data, e que a sua posição evitava a sobreposição aos medalhões.



Figura 2 – Fotografia da DGEMN, anos 40 do século XX

3. DESCRIÇÃO DOS ESPAÇOS. DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO

3.1. Áreas comuns

As áreas de circulação utilizáveis pelo futuro gabinete e pelos serviços do MNE, tal como os pátios da entrada e do claustro foram denominadas por áreas comuns. Estes espaços apresentam algumas paredes revestidas com silhares de azulejo em diferentes estados de conservação, geralmente degradados, com cripto eflorescências de sais, destaque da camada vidrada e destacamento dos próprios azulejos, até à real ausência das peças por roubo ou extravio. Os conjuntos mais significantes da área de intervenção pareciam ser os silhares de padronagem azul da antiga entrada no claustro e o da escadaria conventual de acesso ao claustro superior, incluindo os corredores envolventes, ilustrativos da transição do período Joanino para o Rococó. No patim intermédio encontram-se dois painéis de heráldica religiosa compostos por azulejos do segundo período da azulejaria Rococó, com armas da Ordem de S. Domingos e um rosário da invocação da Irmandade de Nossa Senhora do Rosário, segundo Rui de Matos.



Figura 3 – Silhares de azulejos na antiga entrada do convento de ligação do pátio logístico ao claustro

Em obras anteriores foram introduzidos quadros elétricos sobre silhares de azulejos do séc. XVII na antiga entrada para o claustro, construídos armários para contadores de água e gás no primeiro pátio, emparedados vãos de porta do piso térreo para o claustro na década de 70 do séc. XX, e conduzidas tubagens de águas e de eletricidade ao longo dos tetos e paredes, principalmente no claustro. Onde foi considerado necessário, os

militares abriram novas portas nas paredes do claustro para aceder a sanitários de serviço que abriam diretamente para a galeria. A perspetiva expedita da resolução de cada problema ou nova vontade sem preocupação estética conduziram a subtis perdas de elegância que foram desvirtuando a unidade e sobriedade conventual, e que transformaram o edifício num somatório de adulterações que careciam de correção.

O pavimento térreo do claustro era executado numa betonilha com um desenho ingénuo, repetitivo, muito desgastado e cheio de irregularidades. Pela sua fraca qualidade, vários poços de sondagens arqueológicas haviam sido abertos removendo a betonilha de modo irreversível. A galeria do claustro superior apresentava-se encerrada com meias paredes em alvenaria até 1,10 m de altura e caixilhos de madeira com rede de capoeira no exterior, claramente para evitar a entrada de pombos para a galeria nos muitos vidros partidos ou desaparecidos. Os caixilhos estavam muito degradados e qualquer opção passaria por os substituir ou remover totalmente. O pavimento da galeria superior é executado em laje aligeirada, com vigotas de betão com abobadilhas de tijolo, esclarecendo tratar-se de uma solução recente. Talvez por isso o teto da galeria inferior fosse tão simples, em reboco areado fino, e o acabamento do piso em tijoleira tradicional, sem rodapé nas paredes. No teto da galeria do piso superior encontrava-se um teto de saia-camisa em pinho tratado, sem coloração ou pintura, acabado de instalar na intervenção do arq. João Seabra Gomes nas coberturas e por isso em perfeito estado de conservação.

A definição dos canteiros no jardim do claustro efetuava-se por muretes de alvenaria de tijolo pintado, solução modesta e de inferior qualidade ao da cantaria da fonte central, igualmente existente. A materialidade dos canteiros parecia recente, embora respeitasse o desenho representado na planta de Filipe Folque de 1856. Os caminhos envolventes e de acesso à fonte central apresentavam-se em betonilha regularizada à colher, fissurada e desnivelada em muitos sítios. Este jardim, de acabamentos modestos, de pouca elegância e bastante degradados, tinha a virtude de apresentar uma drenagem de águas pluviais eficiente que seria útil no futuro.

O pátio da entrada mostrava um pavimento de calçada de vidraço simples, feita de várias qualidades e dimensões de pedra, recortada em diferentes painéis deixados entre as fundações, ainda aparentes, das anteriores paredes dos armazéns aí construídos pela ocupação militar. Junto ao muro limite encontrava-se um dos pilares de cantaria que outrora definira a porta de entrada para o primeiro pátio de serviço logístico do convento.

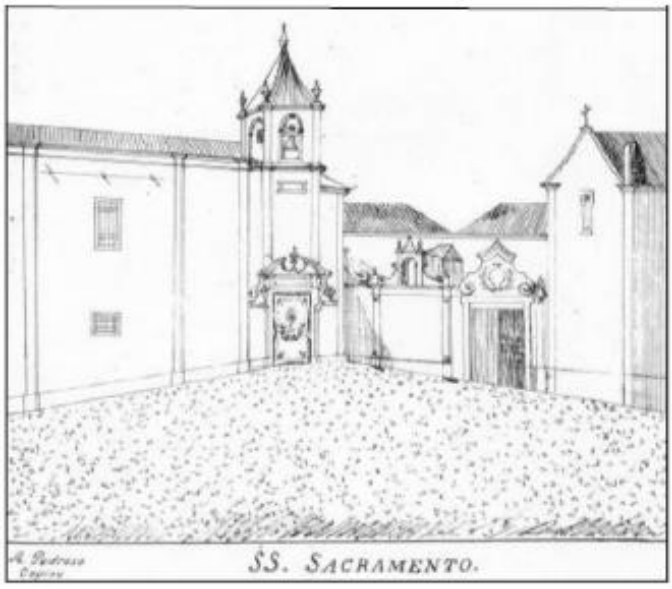


Figura 4 – Gravura de 1833: entrada do Pátio da Logística do convento a partir do *Largo do Sacramento*

No *Cerrado do Convento*, a Sul, encontrava-se o outro pilar de cantaria caído no chão, com o capitel partido e a esfera deslocada. Ao seu lado estava outra coluna cilíndrica com um capitel mais singelo e um coroamento em esfera, cujo local de implantação original não era possível determinar.

3.2. Espaço do gabinete

A área afeta a este projeto corresponde ao corpo alterado no final do séc. XIX, início do séc. XX. Por esta razão, e por ter sido objeto de substituição de coberturas e reparação de paramentos recentemente, o perímetro envolvente do edifício não aparentava problemas significantes. O conjunto parecia estável, sem sinais de assentamentos diferenciais ou fissuração de paredes exteriores ou interiores.

No piso térreo da área a intervencionar existiam alguns episódios de podridão cúbica das carpintarias junto ao solo, de rodapés e guarnecimentos de portas. A parede confinante com a Rua do Sacramento revelava-se a mais sacrificada em termos de podridão cúbica em rodapés, exigindo cautela na determinação do estado de conservação da estrutura dos pavimentos. A geometria topográfica da Rua do Sacramento implicava que a cota do passeio exterior se encontrava ligeiramente acima da cota do interior na área de intervenção, concordava a meio do edifício no local da porta com o número 51 e ficava mais baixa para Poente, garantindo uma caixa de ventilação sob o pavimento do piso térreo, importante para assegurar a sanidade da estrutura de madeira do piso. Embora genericamente sãos, em algumas salas da Ala Nascente era notório o esmagamento do pavimento, sendo de prever que as entregas dos barrotes do pavimento tivessem perdido a sua capacidade resistente.

Todo o interior desta ala do edifício estava fortemente carregado com caixotes, alguns com resmas de papel empilhado até 2.5 metros de altura, o que constituía um verdadeiro ensaio de carga para solicitações superiores ao que se esperavam da futura ocupação.

Os trabalhos de estuque sobre fasquiado nos tetos mostravam-se sãos no piso térreo. Registava-se apenas alguns episódios de podridão do fasquiado e perda de estuque no teto do piso superior, naturalmente devido a anteriores infiltrações. Segundo os responsáveis do Ministério dos Negócios Estrangeiros que visitavam amiúde o edifício, não havia notícia de novas entradas de água, sendo de considerar que o problema se encontrava sanado.

Numa primeira fase não foi possível detetar a existência de isolamento térmico específico sob a cobertura, que se confirmou em obra na formação dos painéis de chapa canelada. Os painéis cumprem igualmente a função de subtelha, assegurando os valores de isolamento térmico exigidos regulamentarmente.

A iluminação existente pendia dos tetos em armaduras de lâmpadas fluorescentes com balastros ferromagnéticos dentro dos modelos típicos dos anos setenta. Os sanitários em funcionamento eram acabados com azulejos brancos nas paredes, mosaico hidráulico no pavimento, loiças e torneiras de fábricas de Sacavém, tudo em gamas muito económicas e num estado de conservação envelhecido.

4. PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

4.1. Áreas comuns

O espaço no interior do gradeamento instalado pelos militares no início do séc. XX resulta da soma diluída do antigo *Largo do Sacramento* e do primeiro pátio do Convento. A requalificação desta área da entrada projetou-se fundamentalmente com elementos vegetais para disciplinar a geometria impura que se verificava. Propôs-se a plantação de um elemento de cedros podados em bloco, “arquitetados” na volumetria original do edifício que confrontou a *Rua Direita do Sacramento*, e outra sebe perpendicular à dita rua, conformando o antigo muro que separava o largo do pátio. Os pilares de cantaria reimplantaram o portão de entrada no mesmo local onde existira a entrada para o pátio da logística do convento. Com uma solução de total reversibilidade e absoluta contemporaneidade, recriava-se a escala original do primeiro pátio do convento, conferindo-lhe privacidade e recato. Ao mesmo tempo conforma-se a geometria do antigo largo público, então chamado *Largo do Sacramento*, separando a previsível e desejável futura utilização da igreja e do seu pátio de entrada, da utilização

mais íntima do gabinete.



Figura 5 – Novo Pátio da logística, materializado com cedros e reutilizando os pilares encontrados caídos

O antigo portão da logística do convento foi assinalado pela reposição das duas colunas de lioz, uma deslocada para próximo da sua posição original. Deu-se forma à metáfora do antigo, que relembra e repõe a entrada no local por onde se entrou neste edifício durante três séculos, usando os seus elementos originais e que se encontravam desprezados. Nesta operação propôs-se a remontagem da coluna cilíndrica em posição vertical, implantada como objeto escultórico no pátio reconfigurado, sem qualquer pretensão de intuir a sua posição original, apenas tirando partido da sua mais-valia estética e capacidade rememorativa.

Os silhares de azulejos dos corredores e da escada conventual foram objecto de restauro por empresa especializada. Procedeu-se ao levantamento de patologias, faltas, existências em depósito ou em caixas armazenadas no local. Como regra deu-se prioridade à manutenção dos azulejos nos locais encontrados, equacionando-se relocalizações apenas quando a deslocação poderia completar desenhos ou padrões, ou quando as lacunas se encontravam em painéis em locais muito expostos e os azulejos ficavam nas ombreiras do vão atrás da porta. Numa primeira fase foram procurados azulejos do séc. XVIII provenientes de demolições adquiridos em fornecedor idóneo e responsável. Em seguida foram definidos e escolhidos azulejos para reproduzir no sentido de preencher lacunas. Nas restantes situações optou-se por integração, primeiro volumétrica com argamassas à base de cal, seguidas depois de integração cromática com têmperas acrílicas para assegurar a continuidade das formas e dos desenhos, evitando o protagonismo da lacuna, dando cumprimento ao que Cesare Brandi nos ensinou.

No espaço do claustro a atitude foi mais interventiva, de certo modo corretiva e reconstrutiva. Em projeto definiu-se o alargamento dos canteiros e desenhados os caminhos em bago de arroz de mármore branco. A alimentação de água da fonte central foi colocada em circuito fechado. Para o pavimento térreo da galeria foi proposto chapas de lioz amaciado ao calço 1, com juntas abertas de 8 mm para desenhar com evidência a generosa estereotomia definida pelos alinhamentos dos cunhais e recortes dos diferentes elementos existentes no local. A estereotomia é assim utilizada como um argumento enfatizador das geometrias existentes, submetendo-se à realidade do local e utilizada para o revelar.

No piso superior foi decidido remover os parapeitos em alvenaria adicionados pela ocupação militar, tal como as caixilharias e as redes de capoeira, totalmente desadequadas ao ambiente do passado e do futuro do claustro. A remoção das alvenarias poderia ter revelado uma das antigas guardas de ferro dos varandins originais do claustro, ainda evidentes na fotografia de 1944. Porém, nenhum exemplar se encontrava no local e por isso novas guardas foram executadas com desenho inspirado na geometria que se intui na referida fotografia, mas com um

desenho inequivocamente contemporâneo.



Figura 6 – Galeria térrea e claustro interior, com vista geometria das cantarias no pavimento

Igualmente se propôs o repristino dos medalhões circulares removidos em data indeterminada por peças novas, da mesma escala e volumetria, uma vez mais em lioz pelos motivos enunciados. Esta opção pretendeu recuperar um pequeno elemento decorativo que completa a semântica de influência "serliana" – entenda-se do Tratado de *Sebastiano Serlio* de 1537, intitulado *"I sette libri dell'architettura",*– que teve a sua origem em Portugal no Claustro de D. João III, no Convento de Cristo em Tomar traçado por Diogo Torralva, entre 1558-1564, e continuado em 1584 por Filipe Terzi. A opção surge assim como uma estratégia de enfatizar uma qualidade singular do património em presença, aumentando a evidência dos seus atributos e das relações de família arquitetónica.

Sem qualquer tipo de iluminação, todo o claustro ficava às escuras ao cair da noite. A introdução da iluminação foi executada através de umas pequenas sancas em lioz nos capitéis das colunas do claustro, e no interior dos vãos das colunas. A opção definida consegue ser invisível durante o dia, e por isso sem expressão nem conflito com a imagem claustral da galeria, mas permitir que a luz surja com um ritmo pontuado pela geometria dos elementos significantes do existente.



Figura 7 – Galeria piso 1 e claustro interior, com iluminação nocturna

4.2. Espaço do Gabinete

A geometria global do gabinete foi pensada de modo a garantir as valências necessárias ao serviço com a mesma área de implantação nos dois pisos. No piso térreo desenham-se dois gabinetes e incluem-se duas áreas de arquivo, fundamentais no apoio logístico, uma copa para serviço e dois sanitários separados por género. No

sanitário é possível circunscrever uma circunferência de 1,50 m livre de obstáculos, para responder à exigência regulamentar do Decreto-Lei n.º163/2006. Para garantir acesso ao claustro superior e gabinetes do piso superior, instala-se um elevador com cabine útil de 1,10 m por 1,40 m.



Figura 8 – Escada interior de acesso entre pisos

Para manter total autonomia no interior do gabinete, cria-se um novo corpo de escadas interior em estrutura metálica e integralmente forrada a madeira. A estreiteza da empena do edifício original não permitia que a diferença de cotas se vença em dois lanços, implicando o seu desdobramento em quatro. A contingência tornou-se numa oportunidade de projeto; a dificuldade conduziu ao desenho de um patim intermédio que se abre como varandim sobre o corredor do piso térreo para tomada de vistas interiores.

No primeiro piso localizam-se dois gabinetes de trabalho e o gabinete principal, cujo espaço se divide em duas áreas distintas, uma de reuniões e outra de trabalho diário, divididas por uma estante para livros. No teto da área de trabalho deste gabinete foi colocado o florão e os elementos decorativos de canto que existiam numa das salas do piso inferior e cuja leitura se iria perder pela distribuição espacial prevista para o piso térreo. Apesar de se tratar de elementos relativamente correntes, a sua colocação neste espaço acentuou a singularidade do local e a individualidade da função. A opção de não reprodução vincou o facto de se tratar do reaproveitamento e dignificação de elementos existentes e não decoração adicionada para “alindamento” do espaço.



Figura 9 – Imagem entreportas do gabinete principal dividido apenas por uma estante que esconde iluminação e climatização e do corredor do piso 1, com a chegada da escada interior ao lado direito

Como o gabinete a cargo da Presidência da República ocupa apenas metade da Ala Norte, qualquer opção para melhoria do comportamento térmico e acústico das janelas deveria considerar a intervenção pelo interior para evitar alterações em metade da fachada, desequilibrando a sua imagem urbana. Por este facto, as janelas foram

reforçadas com um novo caixilho pelo interior, executado em madeira com vidro duplo baixo emissivos e com propriedades reflectantes, com juntas em borracha para isolamento acústico. O peitoril foi acrescentado e a parede de alvenaria por baixo reforçada acusticamente com manta de lã de rocha. As portadas existentes foram cortadas e tornadas articuladas, para poderem encartar na espessura das ombreiras. Sem alterações no exterior, as janelas confinantes com a via pública tornaram-se mais complexas e eficazes, mostrando-se elegantes e integradas.

5. EM SÍNTESE

No âmbito da Reabilitação, Conservação e Restauro são os conceitos subjacentes a cada ação que estrutura os fundamentos e que lhes dá suporte, enquadramento e razão de ser. Ainda que subjetivos por definição, nada têm de arbitrários e o seu esclarecimento condiciona e orienta as opções tomadas entre as muitas soluções tecnicamente possíveis, que elegem em cada momento os atributos que contam a história do edifício, ou as necessidades de alteração sentidas como inadiáveis.

Ao trabalhar sobre uma base edificada existente para a qual se "determina" uma história e um fundamento, o novo projeto, enquanto resultado múltiplo de uma existência e duma intervenção modificadora, passada pelo crivo cultural dos critérios e das potencialidades e limitações teóricas e materiais dos operadores, será sempre um produto híbrido, misto de múltiplas influências e circunstâncias que tornam cada ato criador num ato único e irrepetível, pela impossibilidade de reunir de novo os mesmos condicionamentos e potencialidades.

Cada projeto consegue ser em simultâneo uma proposta, uma ideia rebatida sobre o existente, ao mesmo tempo que já é uma proposta de alteração concreta, real, um juízo inevitável sobre o valor do existente, um destino proposto que joga momentos imaginados sobre as partes construídas, antevendo o seu diálogo com o futuro.

Cada ato de transformação sobre um edifício descobre um passado e uma potencialidade de futuro latente, entre múltiplas leituras do passado e incontáveis possibilidades de futuro. Descobre um "antes" e um "depois" ao edifício, sabendo que nenhum dos dois momentos é estático, nem o antes nem o depois, ambos passíveis de ser reinterpretados e transformados por novos parâmetros críticos. Depois de definido o caminho conceptual, as questões passam de facto a ser um problema de arquitetura, desejavelmente boa, com tudo o que isso implica e mobiliza.

As operações podem ser subtrativas ou aditivas, transformativas ou conservativas, de mudar quase nada à mudança radical. Enquanto as obras novas estão relacionadas com a originalidade da gestão da função e da forma do *novo*, em reabilitação a originalidade resulta do bom diálogo entre existente e proposto, da sua boa fundamentação e do cabal esclarecimento dos seus propósitos. O existente é o impulsionador e o projeto um ato hermenêutico de interpretação, de comunicação dinâmica, de eliminação do ruído e de re-acentuação legítima e produtiva, conduzindo o conjunto do existente mais projeto a novos significados.

A importância do contexto, da obra, do seu enquadramento histórico, social, condição física e qualidade estética aumenta a responsabilidade das opções, onde o Passado ao serviço da Fé e o Presente e Futuro ao serviço da Presidência da República são argumentos maiores, a conduzir e orientar soluções plenas de opções e sensibilidades subtis, de exigência de sínteses conjunturais e contextuais, mesmo quando enquadradas no pensamento doutrinar, obrigando finalmente ao Projeto cuidado e minucioso, síntese de todo o processo.

REFERÊNCIAS

MATOS, Rui Manuel da Silva, 2006 – **Monografia histórica e artística do Convento e Igreja do Santíssimo Sacramento**. Lisboa: Ministério dos Negócios Estrangeiros.

RAMALHO, Maria Magalhães, 2008 – **Convento do Santíssimo Sacramento de Alcântara (Lisboa): Análise preliminar dos espaços arquitectónicos**. Lisboa: Ministério dos Negócios Estrangeiros.

VAZ, Pedro, MASSAPINA, Bárbara, 2016 – **Convento do Santíssimo Sacramento. Lisboa: Museu da Presidência da República**. ISBN 978-972-8971-82-3

Créditos fotográficos: Figura 3 Pedro Vaz, Figuras 5 a 9 Luis Catarino

MANUTENÇÃO DE SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE SCI EM ESTABELECIMENTOS ESCOLARES DO 1.º CICLO

MAINTENANCE OF SCI SYSTEMS AND EQUIPMENT IN ELEMENTARY SCHOOL BUILDINGS





Sónia Raposo [(1)], António Leça Coelho [(2)]

(1) LNEC, Portugal, sraposo@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, alcoelho@lnec.pt

RESUMO

A atividade de manutenção dos edifícios tem uma importância inquestionável, facto que é reconhecido pelo enquadramento dado por um conjunto de textos regulamentares setoriais, como sejam o caso dos ascensores, das instalações de gás, das instalações de deteção, da prevenção e combate a incêndio, das instalações de eletricidade e das instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado. A importância da correta manutenção desses equipamentos é fundamental para otimizar o desempenho dos edifícios, aumentar a sua vida útil e diminuir os riscos para os utilizadores, nomeadamente em matéria de segurança ao incêndio. Como consequência dessa importância, é fundamental que a manutenção decorra não só da aplicação das condições legais existentes, mas também da aplicação de metodologias de análise que permitam selecionar o programa de manutenção mais adequado a cada um dos equipamentos existentes.

Na primeira parte do artigo é feita uma síntese sobre os princípios gerais da manutenção, com referência à normalização existente, tipos de manutenção e métodos de manutenção mais apropriado com vista a reduzir os custos e potenciar a otimização do desempenho do edifício. Para a escolha do programa de manutenção mais adequado, estão à disposição dos decisores metodologias diversas, umas de natureza qualitativa, outras quantitativas, devendo a decisão ser tomada com base numa análise do tipo multicritério como, por exemplo, a Fuzzy Analytic Hierarchy Process.

Na segunda parte do artigo são apresentados alguns dos fatores a considerar na manutenção dos equipamentos e dos sistemas de segurança contra incêndios (SI), nomeadamente em estabelecimentos de ensino básico do 1.º ciclo (EB1), cuja gestão é realizada pelas câmaras municipais, responsáveis pela manutenção das condições de SI e pela implementação das medidas de autoproteção aplicáveis.

O artigo termina com diversas conclusões e recomendações tendo presente as exigências legais existentes e as metodologias que podem ser utilizadas com vista a implementação da manutenção mais adequada a cada situação em concreto.

Palavras-chave: SCIE / Manutenção / Escolas EB1 / Custos / Métodos de Otimização

1. INTRODUÇÃO

A legislação em matéria de segurança ao incêndio (SI) em edifícios, obriga e responsabiliza as entidades gestoras de edifícios, a elaborarem, implementarem e manterem as condições de SI ao longo da fase de exploração dos edifícios, tornando-se necessário, para a generalidade dos edifícios a implementação das designadas medidas de autoproteção (RJ-SCIE, 2008), as quais visam garantir que os equipamentos e sistemas de segurança contra incêndios estão permanentemente em condições de operacionalidade e que em caso de emergência os ocupantes abandonam as instalações em segurança.

Desde 1 de janeiro de 2009 que estas medidas são obrigatórias em todos os edifícios e recintos, incluindo os previamente existentes, como é o caso da generalidade dos edifícios do parque edificado escolar das escolas básicas do 1.º ciclo da cidade de Lisboa.

Compete às entidades gestoras dos parques edificados escolares disponibilizarem os meios humanos, técnicos e financeiros, necessários à realização das atividades de manutenção dos sistemas e equipamentos de SCIE. Os registos associados à realização destas atividades de manutenção devem fazer parte do Plano de Segurança interno de cada estabelecimento.

A importância da correta manutenção desses equipamentos é fundamental para otimizar o desempenho dos edifícios, aumentar a sua vida útil e diminuir os riscos para os utilizadores, nomeadamente em matéria de SI. Como consequência dessa importância, é fundamental que a manutenção decorra não só da aplicação das condições legais existentes, mas também da aplicação de metodologias de análise que permitam selecionar o programa de manutenção mais adequado a cada um dos equipamentos existentes.

2. CARATERIZAÇÃO DAS ESCOLAS BÁSICAS DO 1.º CICLO DA CIDADE DE LISBOA

2.1. Considerações iniciais

O parque edificado escolar das escolas básicas do 1.º ciclo da cidade de Lisboa é caracterizado por uma grande heterogeneidade de estilos e diversidade tipológica, existindo dois períodos bem distintos e característicos da construção escolar, que correspondem aos edifícios construídos no âmbito do "Plano dos Centenários" do Estado Novo (entre meados de 1930 e 1970) e os que foram construídos com a filosofia das chamadas escolas de área aberta ou escolas P3 (entre meados de 1970 e 1980) (Raposo, 2011).

As escolas com épocas de construção anteriores a 1930 são constituídas na sua maior parte, por edifícios que foram construídos de raiz para habitação e adaptados posteriormente para o funcionamento de escola, e que apresentam assim os naturais condicionamentos funcionais e construtivos face às diversas exigências de desempenho dos estabelecimentos escolares atuais. Os edifícios construídos após os meados de 1980 situam-se em grande parte nas freguesias mais periféricas da cidade, sendo que a sua construção acompanhou o desenvolvimento e a expansão urbanística da cidade.

2.2. Escolas construídas antes de 1930

Muitas das escolas deste período funcionam em edifícios construídos de raiz para habitação e que foram posteriormente ocupados para a função de escola. São edifícios que se caracterizam por serem estruturalmente de alvenaria e madeira, embora apresentem já elementos em betão armado e estruturas metálicas resultantes de obras de beneficiação ou de construção de novos edifícios anexos ao edifício de origem, efetuados ao longo dos anos (Sousa, Ferreira, Sá *et al*., 2012). São edifícios que tipicamente apresentam dois ou mais pisos elevados e um piso enterrado ou semienterrado a acompanhar o declive natural do terreno. Alguns destes edifícios têm

uma ocupação que pode aproximar-se dos 200 efetivos, em que por vezes coexistem alunos do 1.º ciclo básico e alunos do pré-escolar.

As obras de beneficiação realizadas têm visado a adequação às exigências de segurança dos utentes (nomeadamente ao incêndio) e das acessibilidades a pessoas de mobilidade condicionada tendo em conta as especificidades construtivas e funcionais pré-existentes e o valor patrimonial e histórico destes edifícios, podendo observar-se na Figura 1 uma dessas intervenções ocorrida na escola Padre Abel Varzim, situada no Bairro Alto (Figura 1 – esq.), onde foram estudados e implementados os aspetos relativos a circulações e saídas de emergência, com a construção de uma escada metálica exterior de emergência (Figura 1 – dta.), sinalização, meios de ataque a incêndio e alarme.



Figura 1 – Escolas construídas antes de 1930: (esq.) Exterior da Escola Padre Abel Varzim e (dta.) recurso à construção de caminhos de fuga através de escada exterior

2.3. Escolas construídas entre 1930 e 1970

Estas escolas enquadram-se no chamado "*Plano dos Centenários*", destinado a ampliar a rede escolar do país. Datam desta época o desenvolvimento de projetos de escolas - tipo, em função da região do país e/ou do número de salas pretendido. São edifícios que incorporam materiais duráveis e que foram concebidas para ter em conta exigências de caráter técnico, saúde e pedagógico adequadas à prática do ensino. Em termos construtivos existe uma diferenciação entre os edifícios construídos até aos anos de 1950, com estrutura mista de alvenaria e elementos pontuais em betão armado, e os posteriores a essa data, já com estrutura em betão armado e lajes aligeiradas pré-fabricadas. Os edifícios construídos até aos anos de 1950 apresentam tipicamente dois pisos de construção e dois blocos de funcionamento distintos, um destinado às raparigas e outro aos rapazes (Figura 2 – esq.). Na década de 1950 foram construídas novas escolas, acompanhando o crescimento da cidade e o aparecimento de novos bairros situados nas atuais freguesias de Alvalade, Beato e Benfica (Figura 2 – dta.).

Estas escolas, que representam cerca de 50% do parque edificado, caracterizam-se pela sua boa construção e resiliência ao passar dos anos, sendo que muitas das obras de beneficiação realizadas se relacionam com a obsolescência e à necessidade de renovação das instalações elétricas, de gás e equipamentos, modernização de refeitórios e da criação das acessibilidades a pessoas com mobilidade condicionada. Também na área da segurança ao incêndio têm sido adotadas e reforçadas as medidas de segurança nestes edifícios, nomeadamente com a criação de circulações e saídas de emergência, sinalização adequada e existência de meios de ataque a incêndio e alarmes.

São escolas com elevados níveis de ocupação, com uma ocupação entre os 125 a os 300 alunos, do 1.º ciclo e

também em muitos casos de Jardim de Infância (com a construção de novos edifícios anexos ou com a adaptação dos edifícios existentes a esta valência).



Figura 2 – Escolas construídas entre 1930 e 1970: (esq.) Escola Ator Vale (1.ª fase de construção), (dta.) Escola São João de Brito (2.ª fase de construção) [fotografias retiradas do site CML]

2.4. Escolas construídas entre 1971 e 1980

Estas escolas, desenvolvidas ao abrigo do chamado "*Projeto Normalizado de Escolas Primárias*", foram projetadas em função de áreas de trabalho ou de ensino e não de um número específico de salas de aulas. São edifícios que originalmente eram menos compartimentados que as escolas tradicionais, incorporando grandes áreas de multiusos ou salas polivalentes. Apesar deste modelo de ensino não ter vingado e de hoje serem edifícios que apresentam a compartimentação normal, por salas de aulas, eles ficaram conhecidos por escolas de área aberta ou tipo P3. São escolas em que o edifício, normalmente de dois pisos, se desenvolve de acordo com o conceito de construção modular, existindo módulos funcionais que se podem agrupar e adaptar de acordo com a capacidade de alunos pretendida para a escola ou com as condições locais do terreno, podendo observar-se na Figura 3 partes da Escola de Carnide, a qual foi sujeita a obras de beneficiação recentes, que abrangeram a melhoria das condições de conforto térmico, de segurança e de acessibilidade.



Figura 3 – Escolas do tipo P3: (esq.) Exterior da Escola Básica de Carnide (dta.) refeitório-tipo

2.5. Escolas construídas depois de 1980

Estas escolas que representam cerca de 20% do parque edificado escolar, apresentam diversas soluções construtivas e arquitetónicas que não são tipificáveis. Muitas delas foram concebidas para integrarem de raiz as valências de Jardim de Infância e do 1.º ciclo do ensino básico (população escolar entre os 3 e os 9 anos) com

uma capacidade total dos estabelecimentos a rondar os 300-340 alunos (Figura 4). Sendo edifícios tendencialmente maiores acarretam a aplicação de um nível de exigências de segurança e saúde superiores a escolas de inferior dimensão.

São vários os estudos (Raposo, 2011) que evidenciam o acentuado estado de degradação que estas escolas apresentam, mesmo as que foram construídas no início dos anos de 2000, superior ao que seria expectável, decorrentes de má conceção e projeto, problemas de construção e também com a deficiente manutenção dos edifícios, o que se reflete no desempenho dos elementos construtivos, das instalações e dos equipamentos e no adequado uso dos espaços.



Figura 4 – Escolas construídas depois de 1980: (esq.) Escola EB1 e JI do Alto da Faia (dta.) Escola de São Bartolomeu

3. A IMPLEMENTAÇÃO DE PROGRAMAS DE MANUTENÇÃO NAS ESCOLAS BÁSICAS DO 1.º CICLO DA CIDADE DE LISBOA

3.1. Introdução

As escolas objeto de análise neste artigo apresentam diversas particularidades que exigem a definição e implementação de uma manutenção adequada a essa realidade.

Da caraterização feita na secção anterior ressaltam diversas evidências com reflexos na segurança ao incêndio e, consequentemente, no programa de manutenção que deve ser implementado, com destaque para as seguintes: (i) escolas construídas há dezenas de anos, algumas há mais de uma centena; (ii) escolas desenhadas para uma utilização distinta da atividade escolar; (iii) adaptações a um novo tipo de utilização, com mais exigências em matéria de SI do que a original; (iv) escolas construídas e adaptadas quando ainda não existia regulamentação de segurança ao incêndio e (v) população heterogénea e ocupação intensa (escolas com população escolar entre os 3 e os 9 anos e capacidade superior a 300 alunos) com todos os problemas e especificidades que isso representa em matéria de segurança.

Estas são algumas das particularidades que podem ser associadas ao parque escolar em análise e que fazem com que o risco de incêndio, em muitas delas, seja significativo.

Face a esta realidade, a questão da manutenção da capacidade de desempenho de todos os meios de SI existentes nas escolas, quer dos passivos, quer dos ativos, ganha ainda uma maior importância, sendo um objetivo inquestionável.

Essa manutenção deve ser feita de acordo com princípios e regras transversais a todos os envolvidos à sua implementação, de modo a tornar mais eficaz a sua operacionalização.

Assim, ganha uma particular importância a normalização aplicada à manutenção, e que vai desde a terminologia usada na documentação técnica até à regulação das empresas que exercem atividade nesta área.

Essa normalização pode contribuir para: (i) proteger quem adquire o serviço de manutenção, melhorando a qualidade desse serviço; (ii) reduzir os problemas de natureza técnica; (iii) melhorar a comunicação entre quem presta o serviço e quem o adquire; e (iv) disciplinar a atividade das empresas que prestam estes serviços.

No Quadro 1 apresenta-se uma síntese das várias normas existentes, nomeadamente no que se refere aos objetivos.

Quadro 1 – Síntese da normalização sobre manutenção

Norma	Objetivos
NP EN 13306:2010 Terminologia da manutenção	Uniformizar a linguagem utilizada de modo a não haver interpretações distintas sobre o significado de um determinado termo.
NP EN 13460:2009 Manutenção. Documentação para a manutenção	Estabelecer orientações para a elaboração de documentos de manutenção técnica com o objetivo de apoiar a manutenção (ex: manuais de operação, dados técnicos, lista de componentes e recomendação de sobressalentes, diagramas de circuitos, relatórios de ensaios e certificados.
NP EN 13269:2007 Manutenção. Instruções para a preparação de contratos de manutenção	Definir a estrutura-tipo dos contratos para serviços de manutenção.
NP EN 15341:2009 Manutenção. Indicadores de desempenho da manutenção	Estabelecer indicadores que servem para a avaliação e melhoria da eficiência de forma a se atingir as melhores condições de manutenção (ex.: realizar diagnósticos, identificar objetivos, definir metas a alcançar, planear ações de melhoria ou medir continuamente os resultados das modificações ao longo do tempo).
NP 4483:2009 Guia para a implementação do sistema de gestão da manutenção	Especificar os requisitos, para que os responsáveis pela manutenção, estabeleçam linhas orientadoras com vista a implementar e manter um sistema de gestão da manutenção e melhorar continuamente a sua eficácia
NP 4492:2010 Requisitos para a prestação de serviços de manutenção	Especificar os requisitos através dos quais os prestadores de serviço de manutenção devem demonstrar a sua capacidade para o desempenho das atividades em causa

Importa que os programas de manutenção adotados pelas escolas sejam estabelecidos seguindo os princípios gerais definidos neste quadro normativo.

3.2. Tipo de manutenção recomendada

Já se referiu anteriormente que face às condições do edificado em análise e aos meios de SI que as generalidades dos edifícios têm, o risco de incêndio é acentuado, pelo que se considera que as escolas devem adotar uma manutenção do tipo preventiva.

A manutenção preventiva consiste na observação e exame de todos os componentes dos equipamentos e sistemas de modo a que a manutenção ocorra antes da falha.

A implementação deste tipo de manutenção implica um maior investimento e, eventualmente, a aquisição de alguns dispositivos para realizar determinados testes, ou a adjudicação da manutenção de tudo o que envolve a segurança ao incêndio a empresas de prestação de serviços nesta área que estejam conformes a normalização portuguesa sobre esta matéria.

3.3. Metodologias de apoio à definição de métodos de manutenção

A seleção do programa de manutenção mais adequado a um conjunto de equipamentos e sistemas, como

acontece com os meios de SI, pode ser considerado como um problema de tomada de decisão multicritério, existindo diversas técnicas matemáticas que o permitem resolver, sendo uma delas a hierarquia analítica difusa (FAHP).

A FAHP é uma combinação do método hierárquico analítico (AHP) combinado com a teoria, ou lógica, difusa.

A AHP é uma ferramenta de apoio à tomada de decisão multicritério aplicada frequentemente para resolver problemas de seleção e avaliação de alternativas, ajudando o decisor a encontrar a resposta que melhor se adapta ao objetivo e à compreensão do problema. A aplicação do AHP implica uma decomposição do problema de decisão numa hierarquia de subproblemas mais facilmente compreendidos, cada um dos quais pode ser analisado de forma independente.

Por sua vez a teoria, ou lógica difusa, é uma ferramenta para tratar da incerteza das opiniões dos especialistas, em geral traduzidas em linguagem natural e convertê-las para um formato numérico, de fácil manipulação pelos computadores de hoje em dia.

3.4. Fatores a considerar na implementação do programa de manutenção

3.4.1. Aspetos gerais

A manutenção dos edifícios na perspetiva da segurança ao incêndio é traduzida nas medidas de autoproteção. Estas medidas devem estruturar a intervenção humana e contribuir para a implementação de uma organização de segurança com os objetivos de (i) prevenir a ocorrência de incêndios e estar preparado para, caso ocorra um incêndio, minimizar os seus efeitos, controlá-lo e extingui-lo; (ii) manter operacionais os equipamentos e sistemas de segurança e (iii) garantir uma evacuação em segurança.

As funções de manutenção devem ser realizadas de forma a responder ao objetivo de assegurar que as instalações, os equipamentos e sistemas sejam corretamente utilizados e estejam permanentemente em condições de ser operados. Relativamente aos produtos e equipamentos de SCIE, a sua instalação e manutenção deve ser feita por entidades registadas na ANPC (artigo 23.º do SCIE).

Para avaliar a precisão e a eficácia do Plano de Emergência Interno é necessário realizar simulacros periódicos. Nas utilizações – tipo IV deve ser sempre realizado um simulacro no início do ano escolar.

O programa de manutenção, que faz parte das designadas medidas de autoproteção, deve ser adequado aos componentes e sistemas que serão objeto de manutenção, atendendo a requisitos diversos com destaque para os seguintes: (i) custo; (ii) segurança; (iii) valor acrescentado; e (iv) flexibilidade.

Relativamente ao custo, importa que o programa de manutenção implementado conduza à sua otimização. Para a formação desse custo contribuem diversas parcelas que podem ir desde equipamento diverso necessário para monitorizar determinados sistemas e instalações, até software para implementar o programa de manutenção. A afetação de recursos humanos necessários para a implementação do programa de manutenção e a sua formação, é uma outra componente do custo que deve ser considerada.

Quanto à segurança ela estende-se às pessoas, aos equipamentos e ao meio ambiente. A segurança das pessoas é o objetivo fundamental da SI, pelo que a falha de um qualquer componente compromete sempre essa segurança. Relativamente aos equipamentos e sistemas, a sua importância na segurança global não é igual para todos, pois as consequências de eventuais falhas vão ser diferentes, dependendo do equipamento ou sistema que é afetado. Para alguns equipamentos ou sistemas, a falha num deles pode ter, ainda, consequências noutros, pelo que importa que o programa de manutenção reflita essa realidade. Quanto ao meio ambiente, a existência de um incêndio resulta em danos para o meio ambiente que serão tanto mais intensos quanto maior for a dimensão desse incêndio.

Relativamente ao valor acrescentado ele envolve a matéria de armazenamento de peças de substituição, a localização de falhas, a eficiência do equipamento e a eficiência dos recursos humanos. A questão do armazenamento de peças decorre da adequação do programa de manutenção implementado que deve conduzir a uma previsão da ocorrência e localização da falha, diminuindo assim o tempo de manutenção e aumentando, consequentemente, o tempo em que a globalidade dos equipamentos e sistemas de SI estão disponíveis. A eficiência do equipamento pode ser potenciada com adequadas ações do programa de manutenção. Finalmente, a existência de um adequado programa de manutenção evita ações excessivas, resultando numa utilização mais eficaz dos recursos humanos.

Quanto à fiabilidade do desempenho dos meios de SI, ela resulta de uma manutenção de manutenção recomendada na secção 3.2, pois a realização de ações preventivas pode evitar muitas falhas potenciais e aumentar, assim, a fiabilidade dos meios de segurança na sua globalidade.

Finalmente, no que concerne à flexibilidade ela incorpora a aceitação pelos utentes e a aplicabilidade de determinadas técnicas. Relativamente à aceitação pelos utentes, considerando as várias complexidades de programa de manutenção, a facilidade de entendimento por parte daqueles que de alguma forma estão envolvidos no programa de manutenção é importante para a sua efetiva concretização. Quanto à aplicabilidade das técnicas: propriedades intrínsecas de todos os sistemas e requisitos diferentes para a implementação de um programa de manutenção específico determinam se ele pode ser aplicado a um sistema específico.

3.4.2. Aspetos a observar no programa de manutenção

a) As instalações elétricas

As instalações elétricas são, muitas vezes, responsáveis pelo deflagrar de um incêndio, pelo que devem ser objeto de uma manutenção adequada com verificações diversas e regulares.

b) Instalações técnicas diversas

Encontramos nas escolas, com alguma frequência, instalações de preparação e conservação de alimentos, são, também que devem ser objeto de uma manutenção adequadas às suas caraterísticas.

c) Aparelhagem de aquecimento

O recurso a aparelhos de aquecimento, fixos, ou não, são muitas vezes responsáveis pelo início de incêndio pelo que têm de ser objeto de um adequado plano de manutenção e utilização.

d) Grupos de energia de emergência

Para estes grupos, necessários para fornecer energia numa situação de incêndio a determinados equipamentos e sistemas de SI, pela generalização a diversos tipos de ocupações, têm programas de manutenção bem definidos que devem ser adotados também nas escolas.

e) Sistema deteção alerta e alarme de incêndios

Estes sistemas, que podem ser mais ou menos complexos, são importantes para a segurança dos ocupantes, sobretudo quando localizados em espaços que não têm ocupação regular. O programa de manutenção deve estar adaptado à complexidade do sistema que pode ser bastante diversa. O sistema deve estar permanentemente operacional de forma a ser ativado e emitido o alarme em tempo oportuno. Devem ser realizadas inspeções periódicas para verificar que os sistemas de alarme de som não estão danificados, que as botoneiras não estão danificadas e obstruídas, que os detetores não estão danificados ou obstruídos e que as fontes de alimentação estão operativas. Os detetores de fumo devem ser limpos para eliminar o pó e sujidades

e devem ser calibrados e testados todos os anos. Deve verificar-se se desligando a fonte de alimentação normal, o sistema de alarme de incêndio funciona normalmente com a fonte de alimentação de emergência.



Figura 5 – Vista de componentes de um sistema automático de deteção de incêndio

f) Rede de incêndios armada

O responsável de segurança deve efetuar inspeções de rotina a todos os carretéis do estabelecimento, de modo a garantir que cada carretel respeita as seguintes condições: (i) esteja situado no local designado e bem sinalizado; (ii) esteja desobstruído, visível e as instruções de funcionamento se encontram legíveis; iii) não esteja defeituoso, corroído ou apresente fugas; (iv) não possua prisões nos armários, quando existirem, e que as portas dos armários abram facilmente. Anualmente, os carretéis devem ser sujeitos a inspeções e manutenção, trabalhos que devem ser efetuados por pessoal competente.

g) Extintores

A inspeção visual permite verificar rapidamente se os extintores estão nos locais previstos, que não estão obstruídos, se estão em bom estado de conservação e em condições de serem utilizados.

Deve haver contrato de manutenção de extintores com empresa devidamente qualificada devendo verificar-se a validade dos selos e a manutenção, a acessibilidade e sinalização adequadas e eventuais ações de vandalização. A manutenção inclui um exame exaustivo às partes mecânicas do extintor, ao agente extintor e aos meios propulsores. Cada extintor terá uma identificação que será coincidente com a do registo de manutenção. A vida útil de um extintor varia em função de diversos fatores, tais como o meio ambiente em que está inserido ou o manuseamento incorreto.

h) Iluminação e sinalização de emergência

A iluminação e sinalização de emergência deve estar de acordo com as exigências regulamentares e serem objeto de verificação regular, nomeadamente no que se refere ao nível de iluminância, à fotoluminescência, aos sinais em falta ou vandalizados e às plantas de emergência.

Nos aparelhos de iluminação de emergência é necessário verificar periodicamente o estado das baterias, os níveis de luminosidade e substituir as lâmpadas fundidas.

i) Caminhos de evacuação e portas corta-fogo

Os caminhos de evacuação devem desobstruídos, adequadamente sinalizados e iluminados, e as portas devem

estar a funcionar adequadamente, com particular destaque para as que têm barras antipânico.

Deve-se inspecionar e verificar que as portas corta fogo não estão danificadas e se se podem movimentar livremente e não se encontrem bloqueadas por objetos que impeçam o seu correto funcionamento.

Nas portas corta-fogo é necessário verificar as molas de reposição de fecho, o estado dos fechos, funcionamento das barras antipânico e seletores de fecho. Os principais testes aos retentores eletromagnéticos consistem na verificação do acionamento pela CDI e do funcionamento dos botões manuais.

j) Hidrantes exteriores

Se estes hidrantes estiverem no interior da propriedade privada, devem estar incluídos no programa de manutenção. A inspeção aos hidrantes exteriores consiste num exame visual para verificar que estão em boas condições de funcionamento, livres e sem danos estruturais. A inspeção deve verificar a ausência de fugas e comprovar a adaptação das saídas verificando que estão operacionais. Anualmente (Roberto, Castro, 2010) deve realizar-se um teste ao caudal, abrindo-o totalmente durante um minuto. Lubrificar as partes móveis do hidrante anualmente, para uma abertura rápida.

4. CONCLUSÕES

No presente artigo foram apresentados alguns dos fatores a considerar na manutenção dos equipamentos e dos sistemas de segurança contra incêndios (SI), nomeadamente em estabelecimentos de ensino básico do 1.º ciclo (EB1). As instalações de deteção, prevenção e combate a incêndio encontram-se abrangidas por legislação específica que determina muitas das condições de realização dos trabalhos de manutenção, nomeadamente ao nível da qualificação do pessoal e acreditação de empresas, aspetos a inspecionar e respetivas periodicidades.

Os sistemas e equipamentos de segurança contra incêndio desempenham um papel fundamental para a segurança dos utilizadores das escolas, sendo que a minimização da probabilidade da ocorrência e propagação do incêndio e das consequências por ele produzidas, só é possível quando os produtos, equipamentos e sistemas de segurança são corretamente instalados e mantidos em estado de operacionalidade adequado. As entidades gestoras têm que prover anualmente os recursos humanos, técnicos e financeiros necessários à correta manutenção destas instalações nas escolas, sendo que esta atividade, pelas suas características, não pode ser adiada. Em face dos condicionamentos orçamentais disponibilizados para a manutenção de equipamentos escolares, é necessário continuar a estudar a aplicação de metodologias de análise que permitam selecionar o programa de manutenção mais adequado a cada um dos equipamentos existentes.

É necessário que os utilizadores dos edifícios escolares tenham formação geral e específica em matéria de SCIE, nomeadamente de procedimentos genéricos de prevenção contra incêndios, cumprimento dos procedimentos de alarme e procedimentos gerais de atuação em caso de emergência nomeadamente de evacuação e da instrução de técnicas básicas de utilização dos meios de primeira intervenção, nomeadamente os extintores portáteis.

REFERÊNCIAS

DECRETO-LEI n.º 220/2008 – **Regime jurídico de segurança contra incêndio em edifícios (RJ-SCIE).** Diário da República, 1.ª Série. N.º 220 (2008-11-12) pp. 7903-7922.

DNP CEN/TS 54-14: 2014 – **Sistemas de deteção e de alarme de incêndio. Parte 14: especificações técnicas para planeamento, projeto, instalação, colocação em serviço, exploração e manutenção**. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

LI, Y.; HAN, X.; XU, B.; WANG, Y., 2015 – **A condition-based maintenance approach to an optimal maintenance strategy considering equipment imperfect maintenance model**. In 2015 5th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT). 1466-1471.

NP 4413:2019 – **Segurança contra incêndio. Manutenção de extintores.** Caparica: Instituto Português da Qualidade.

NP EN 529:2008 – **Aparelhos de proteção respiratória. Recomendações para seleção, utilização, precauções e manutenção. Documento guia**. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

NP EN 671-3:2013 – **Instalações fixas de combate a incêndio. Sistemas armados com mangueiras. Parte 3: manutenção das bocas de incêndio armadas com mangueiras semirrígidas e das bocas de incêndio armadas com mangueiras flexíveis**. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

PORTARIA n.º 1532/2008 – **Regulamento técnico de segurança contra incêndio em edifícios**. Diário da República, 1.ª Série. N. º 250 (2008-12-29) pp. 9050-9127.

RAPOSO, S., 2011 – **A gestão da atividade de manutenção em edifícios públicos. Modelo e definição de estratégias para uma intervenção sustentável**. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico/Universidade Técnica de Lisboa. 376 p.

ROBERTO, A.; CASTRO, C., 2010 – **Manual de exploração de segurança contra incêndio em edifícios**. Associação Portuguesa de Segurança. 168 p.

SOUSA, M.; FERREIRA, M.; SÁ, F.; SOUSA OLIVEIRA. C.; RAPOSO, S. *et al*., 2012 – **Quantitative seismic risk evaluation and mapping: cases of schools and residential facilities in Lisboa and Algarve. Conference Proceedings**. 15th World Conference on Earthquake Engineering 2012. Lisboa, Portugal.

UĞURLU, Ö., 2015 – **Application of Fuzzy Extended AHP methodology for selection of ideal ship for oceangoing watchkeeping officers**. *Int. J. Ind. Ergon*., vol. 47, 132-140.

WANG, L.; CHU, J.; WU, J., 2007 – **Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process**. *Int. J. Prod. Econ*. vol. 107, no. 1, 151-163.

ZAERI, M.; SHAHRABI, J.; PARIAZAR, M.; MORABBI, A., 2007 – **A combined multivariate technique and multi criteria decision making to maintenance strategy selection**. IEEE Int. Conf. Ind. Eng. Manag., 621-625.

MEDIDAS PREVENTIVAS E CORRETIVAS DE ANOMALIAS RELACIONADAS COM A DURABILIDADE DE EDIFÍCIOS DE VALOR PATRIMONIAL COM ESTRUTURA DE BETÃO ARMADO

PREVENTIVE AND CORRECTIVE MEASURES OF ANOMALIES RELATED TO THE DURABILITY OF BUILDINGS OF PATRIMONIAL VALUE WITH REINFORCED CONCRETE STRUCTURE.

José Miranda Dias [(1)], Maria Paula Rodrigues [(2)], Sónia Raposo [(3)], Maria João Henriques [(4)], Luís Matias [(5)]

(1) LNEC, Portugal; mirandadias@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal; mprodrigues@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal; sraposo@lnec.pt
(4) LNEC, Portugal; mjoao@lnec.pt
(5) LNEC, Portugal; lmatias@lnec.pt

RESUMO

No contexto da preservação de edifícios do património edificado nacional, constata-se a necessidade de intervenção sobre esse património, sobretudo nos casos de crescente degradação dos seus elementos construtivos.

Em particular, na parcela mais recente desse património, construída no século XX e constituída na sua maioria por edifícios com base em estrutura de betão armado (estrutura mista de betão armado e alvenaria ou estrutura integral de betão), verifica-se, frequentemente, que as respetivas paredes de fachada de alvenaria e elementos confinantes de betão armado estão sujeitos a ações agressivas que comprometem a sua durabilidade e se traduzem na necessidade de ações preventivas e/ou corretivas de forma a prevenir a sua degradação prematura, em especial nos edifícios com valor patrimonial.

Pretende-se analisar, nesta comunicação, as possíveis medidas preventivas e/ou corretivas relativamente aos problemas mais correntes de durabilidade que afetam, em particular, os revestimentos e pinturas das paredes e os elementos estruturais confinantes de betão armado de edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado atrás descrita, no contexto da respetiva manutenção e reparação. Visa-se, ainda, avaliar a potencial utilização de técnicas não destrutivas (em particular, os ensaios de Ultrassons, a Análise Termográfica e a Fotogrametria), no âmbito da verificação da eficácia das ações de manutenção e de reparação de revestimentos e pinturas de paredes e dos elementos estruturais confinantes de betão armado desses edifícios, realizadas com vista a conferir aos elementos reparados, as caraterísticas de durabilidade adequadas face ao respetivo valor patrimonial.

Palavras-chave: Durabilidade / Paredes de Alvenaria / Betão Armado / Património/ Técnicas de Inspeção não Destrutivas / Reparação

1. INTRODUÇÃO

No contexto da preservação de edifícios do património edificado nacional, constata-se a necessidade de intervenção sobre esse património, sobretudo nos casos de crescente degradação dos seus elementos construtivos. Em particular, na parcela mais recente desse património, construída no século XX e constituída na sua maioria por edifícios com base em estrutura de betão armado (estrutura mista de betão armado e alvenaria ou estrutura integral de betão), verifica-se, frequentemente, que as respetivas paredes de fachada de alvenaria e elementos confinantes de betão armado estão sujeitos a ações agressivas que comprometem a sua durabilidade e se traduzem na necessidade de ações preventivas e/ou corretivas de forma a prevenir a sua degradação prematura, em especial nos edifícios com valor patrimonial, ou seja os edifícios de betão armado classificados como património de interesse cultural e os edifícios de betão armado que, embora não enquadrados nessa classificação, têm valor cultural, histórico ou utilidade pública. Pretende-se analisar, nesta comunicação, as possíveis medidas preventivas e/ou corretivas relativamente aos problemas mais correntes de durabilidade que afetam, em particular, os revestimentos e pinturas das paredes e os elementos estruturais confinantes de betão armado de edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado atrás descrita (doravante designados de edifícios EVPba), no contexto da respetiva manutenção e reparação. Visa-se, ainda, avaliar a potencial utilização de técnicas não destrutivas (em particular, os ensaios de Ultrassons, a Análise Termográfica e a Fotogrametria), no âmbito da verificação da eficácia das ações de manutenção e de reparação de revestimentos e pinturas de paredes e dos elementos estruturais confinantes de betão armado desses edifícios, realizadas com vista a conferir aos elementos reparados, as caraterísticas de durabilidade adequadas face ao respetivo valor patrimonial.

2. ANOMALIAS MAIS CORRENTES DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS RELACIONADAS COM A RESPETIVA DURABILIDADE

2.1. Considerações iniciais

Na avaliação da vida útil adequada para um edifício de valor patrimonial conviria que se estabelecesse a prévia diferenciação entre a avaliação da vida útil dos elementos da estrutura e a dos elementos não-estruturais, como sejam as paredes de alvenaria, sendo que aos primeiros se exige que não seja menor que a vida útil do edifício total, que, em geral, se considera superior a 50 anos (pretende-se considerar nesta exigência, sobretudo, os edifícios que, embora não sendo classificados como património de interesse cultural, têm valor cultural, histórico ou utilidade pública, atendendo a que se prevê, para os edifícios classificados como património de interesse cultural, uma vida útil claramente superior a 50 anos), e simultaneamente se preconiza que, excluindo situações excecionais (exemplo: inundações anormais), não se verifique, durante esse período de vida útil, a necessidade de ações profundas de manutenção ou conservação do edifício.

2.2. Anomalias correntes em elementos estruturais de betão armado confinantes nos edifícios EVPba

Os problemas correntes de durabilidade dos elementos estruturais de betão armado confinantes com paredes de alvenaria estão relacionados com ocorrência de situações de corrosão de armaduras e consequente deterioração do betão, face à exposição a ações do ambiente, em particular da zona superficial dos elementos de betão armado e respetivos revestimentos de pintura de proteção, caso existam; o surgimento dessas anomalias nesses elementos tem impacto negativo sobre a vida útil do edifício, bem como sobre a preservação do valor patrimonial. Os referidos problemas de durabilidade em estruturas de betão armado estão essencialmente relacionados com: corrosão das armaduras induzida por carbonatação; corrosão induzida por

cloretos e carbonatação; ação de gelo-degelo no betão; reações expansivas internas no betão. A degradação do betão e corrosão das armaduras pode diminuir a capacidade resistente da estrutura, devido à redução da secção transversal das armaduras de aço e fissuração do betão, e à perda de aderência entre estes materiais.

2.3. Anomalias correntes nas paredes de alvenaria e rebocos nos edifícios EVPba

Os problemas mais frequentes que ocorrem nas paredes, com impacte no seu desempenho e na sua durabilidade, estão relacionados com problemas de fendilhação e a presença de humidade. Essas situações de anomalia em paredes podem ter reflexos negativos nos revestimentos de paredes da envolvente e nos respetivos elementos arquitetónicos e decorativos, conduzindo à sua degradação progressiva. Os problemas correntes de durabilidade relacionados com anomalias nos revestimentos das paredes (rebocos) referem-se sobretudo a anomalias nos revestimentos com base em cimento e em revestimentos ETICS (sistema compósito de isolamento térmico pelo exterior de paredes de fachada). As anomalias correntes nos rebocos com base em cimento são essencialmente: empolamento e destacamento do revestimento; fendilhação mapeada devido a retração e eflorescências; fendilhação horizontal ao longo das juntas. As anomalias associadas com humidade em revestimentos com base em cimento referem-se a presença de humidade na superfície ou no interior do revestimento das paredes exteriores e interiores. A coesão e aderência das argamassas com base em cimento, em fachadas, podem-se reduzir significativamente, ao longo do tempo, devido a ações ambientais, as quais se traduzem em degradação das paredes com presença de fendilhação superficial, destacamentos locais, etc. As principais anomalias em revestimentos ETICS são as seguintes: desgaste ou destacamento da camada de acabamento do ETICS; empenamento; empolamento; deformações e outras deficiências de planeza no ETICS; destacamento local do ETICS.

2.4. Revestimentos por pintura de paredes de alvenaria

As anomalias que se detetam visualmente com maior frequência nos revestimentos por pintura aplicados nos paramentos exteriores de edifícios são: alteração de cor e de brilho, destacamento, empolamento, aparecimento de manchas, eflorescências, crescimento de fungos e de algas. Os defeitos podem surgir durante a aplicação e secagem ou, a curto prazo, após a aplicação. A mais longo prazo, nos revestimentos expostos ao exterior surgem defeitos como pulverulência, erosão, fissuração e perda de cor, devidos ao natural envelhecimento da película por ação dos fatores climáticos, e ainda retenção de sujidade, especialmente em ambientes poluídos. Em geral, quando surgem defeitos inesperados no revestimento por pintura, as falhas são resultantes de defeitos de construção ou de aplicação. Podem mencionar-se as seguintes causas do aparecimento de anomalias precoces nos revestimentos por pintura: incompatibilidade de produtos no esquema de pintura proposto; fraca aderência da película; incompatibilidade do produto/tinta com a base a pintar (produto incompatível com o tipo de superfície a pintar; utilização de tinta inadequada ao tipo de suporte); esquema de pintura não adaptado às condições de exposição; defeitos de superfície do substrato (aplicação em substratos húmidos; inadequada e incorreta preparação das superfícies); condições de aplicação não apropriadas (condições adversas de temperatura e humidade durante a aplicação; espessura seca inferior à recomendada; método de aplicação inadequado); defeitos de construção (infiltrações/ascensão de água por capilaridade; remates incipientes ou mal executados; reboco com deficiências de espessura). O aparecimento de anomalias nos revestimentos por pintura, independentemente das suas causas (da própria tinta/esquema de pintura ou de defeitos de construção), pode comprometer a aceitação duma obra e criar desconfiança quanto à qualidade geral do edifício.

3. MEDIDAS PREVENTIVAS E CORRETIVAS RELATIVAMENTE ÀS ANOMALIAS MAIS CORRENTES RELACIONADAS COM DURABILIDADE DE EDIFÍCIOS DE VALOR PATRIMONIAL

3.1. Considerações gerais sobre as medidas de prevenção/ações de manutenção

Após o final da construção do edifício, pressupõe-se que o respetivo desempenho se mantenha ao longo do tempo e corresponda aos requisitos e exigências definidas à data da sua construção. Na ausência de ações de manutenção ou de reabilitação adequadas, tal desempenho vai diminuindo ao longo do tempo, até um ponto em que tais exigências deixam de ser satisfeitas, nomeadamente ao nível estético, funcional e de segurança, tornando-se imperativa a realização de ações de manutenção. Com efeito, a perda de desempenho dos elementos de um edifício ao longo do tempo é um processo normal que decorre do processo de envelhecimento natural dos materiais e da ação de agentes atmosféricas e de uso, sendo necessário realizar ações de manutenção abrangendo: inspeção periódica e limpeza; intervenções de pequena escala; grandes intervenções com eventual substituição de elementos.

3.2. Considerações gerais sobre a seleção das medidas corretivas

A definição das ações de reparação/reabilitação dos elementos de construção do edifício, em particular dos elementos de fachada deve ser estabelecida de forma diferenciada em função do tipo de elemento de fachada em presença (paredes ou elementos estruturais confinantes), bem como do seu papel funcional e da importância de manutenção da imagem estética da fachada tendo em conta o respetivo valor patrimonial. Preconiza-se, em geral, que os elementos de fachada possam manter-se, durante o restante período de vida útil, sem a necessidade de substituição significativa das suas partes fundamentais, sendo apenas prevista a simples reparação destas ou a substituição de alguns componentes acessórios.

3.3. Medidas preventivas/corretivas relativamente a elementos de betão armado

3.3.1. Medidas preventivas

Saliente-se que a causa mais comum para deterioração do betão dos elementos estruturais está relacionada com a corrosão das armaduras induzida por carbonatação, mais frequente nos elementos estruturais que evidenciam valores insuficientes da espessura do betão de recobrimento. Na corrosão induzida por carbonatação, com a progressão da frente de carbonatação até à superfície das armaduras, inicia-se o processo de corrosão das armaduras, podendo-se verificar a presença de manchas de ferrugem na superfície do betão e sinais de fendilhação desenvolvendo-se segundo linhas paralelas e acompanhando as armaduras. Deve intervir-se nestes elementos, preventivamente, para evitar que a corrosão evolua para um cenário de maior gravidade relacionada com a fragmentação localizada ou delaminação do recobrimento do betão, com a redução da secção transversal dos varões de armadura e com a perda de aderência aço/betão. Na corrosão devida ao ingresso de cloretos, com a respetiva penetração inicia-se o processo de corrosão, pelo que se deve intervir, com medidas preventivas de proteção e reparação, antes da situação se agravar em termos de corrosão acentuada das armaduras. A penetração de ácidos, álcalis e sulfatos pode levar a deterioração química do betão. A ação de gelo/degelo geralmente ocorre em superfícies horizontais de betão expostas à água ou em superfícies verticais que estão em contato (permanente ou quase permanente) com água. Na deterioração do betão devido à ação do gelo/degelo, a migração de humidade durante a ação gelo/degelo pode ser responsável pela deterioração do betão, a qual deve ser preventivamente evitada.

Relativamente aos problemas de durabilidade relacionados com a degradação de estruturas de betão devido a reações expansivas internas referem-se: a Reação Álcalis-Sílica (RAS) e a Reação Sulfática Interna (DEF - Formação

de Etringite Retardada). Podem ocorrer fendas provocadas por Reação Álcalis-Sílica com formação em simultâneo de etringite (Silva, Reis, 2000). Destas reações expansivas internas, as mais frequentes são as Reações Álcalis-Sílica (RAS). Nas reações álcalis-sílica (RAS) formam-se, na presença de água, produtos de reação sílico-alcalinos de natureza expansiva (geles), os quais originam elevadas tensões internas no betão, com consequente expansão da estrutura e possível degradação desta. Este tipo de reação Álcalis-Sílica pode não ser percetível durante longo tempo e, repentinamente, progredir rapidamente para um estado avançado de deterioração. Tal reclama uma atenção especial para se detetarem os primeiros sinais caraterísticos dessa deterioração.

3.3.2. Medidas corretivas

A escolha das medidas corretivas em relação aos problemas de durabilidade em paredes de alvenaria e de elementos confinantes de betão armado deve ser suportada pela realização a montante de um diagnóstico adequado das causas, sendo o seu aprofundamento dependente da relevância do edifício de valor patrimonial, bem como da complexidade das questões envolvidas na definição das ações corretivas.

No caso de problemas de durabilidade mais comuns, os quais se associam à corrosão das armaduras devido a carbonatação do betão, importa restaurar a camada passiva das armaduras através da substituição do betão carbonatado por um betão de cimento Portland que deverá passar pelos seguintes passos: Remoção de todo o betão de recobrimento das superfícies dos elementos sujeitos ao ambiente, designadamente através de demolição hidráulica; Limpeza das armaduras existentes; Substituição ou reforço das armaduras que apresentem uma perda significativa (superior a 10%); Preparação do substrato; Aplicação (manual, por projeção ou moldagem) do betão, de forma a, pelo menos, restituir a secção do elemento estrutural, garantindo uma espessura nominal de betão de recobrimento sobre as armaduras não inferior a 40 mm, ou uma espessura mínima de 30 mm, se controlada durante a execução.

Recomenda-se que a execução e o controlo da qualidade dos trabalhos satisfaçam o estipulado nas secções 7, 8 e 9 da NP EN 1504-10 (2008), para o Princípio de Reparação 7 (*Preservação ou restauração da passividade*), Método 7.2 (*Substituição do betão contaminado ou carbonatado*). Após a substituição do betão carbonatado é habitual proceder-se à aplicação de um revestimento por pintura, a não ser que se trate de um edifício com elementos confinantes de betão à vista em que a substituição tenha sido total. A aplicação do revestimento por pintura, para além de permitir uma uniformização visual da superfície no caso de a substituição do betão não ter sido total, pode conferir uma proteção adicional relativamente à carbonatação do betão. Recomenda-se para isso que o revestimento por pintura cumpra os requisitos mínimos estabelecidos na norma NP EN 1504-2 (2006), para o Princípio de Proteção 1 (*Proteção contra o ingresso*), Método 1.3 (*Revestimento*). Esses requisitos são respeitantes às seguintes características do revestimento por pintura: resistência ao arrancamento segundo a EN 1542 (1999) ≥ 1 MPa; permeabilidade ao CO_2 segundo a EN 1062-6 (2002) expressa pela espessura de camada de ar com difusão equivalente, S_D > 50 m; permeabilidade ao vapor de água segundo a EN ISO 7783 (2018) da Classe I (espessura de camada de ar com difusão equivalente, $S_D \leq 5$ m; absorção capilar e permeabilidade à água segundo a EN 1062-3 (2008) expressa pelo coeficiente de absorção $w < 0{,}1$ kg/m^2.h^{0,5}). Tratando-se de revestimentos por pintura para aplicação em exterior, deverão ainda ser resistentes à radiação UV, recomendando-se que satisfaçam as exigências estabelecidas na norma NP 4504 (2017) no que se refere à diferença de cor após ensaio de envelhecimento artificial acelerado.

3.4. Medidas preventivas/corretivas relativamente às paredes de alvenaria e rebocos nos edifícios EVPba

3.4.1. Medidas preventivas

As paredes exteriores devem ser objeto de inspeção periódica para verificar, nomeadamente, o estado de

conservação das zonas acessíveis e das juntas e zonas correntes e pontos singulares. Sempre que o estado de conservação da fachada exija (avaliada pela extensão e pela severidade da sujidade/manchas), deve-se realizar uma limpeza e/ou tratamento de carácter preventivo, através de meios hidraúlicos ou pneumáticos, para retirar e limpar musgos e vegetação existente, e proceder a impermeabilização superficial da alvenaria ou ao tratamento/fechamento de juntas. Relativamente às paredes interiores deve haver uma inspeção periódica para detetar o aparecimento e a evolução de fissuras, desaprumos ou outras deformações e o aparecimento de humidades e manchas. As atividades de manutenção corrente consistem na limpeza das superfícies que apresentam manchas de sujidade, em tratar as causas de humidade excessiva e em aumentar a ventilação dos locais com muita humidade. No que se refere a medidas preventivas em relação rebocos tradicionais, salientam-se as anomalias relacionadas com a fendilhação orientada, caso em que se recomenda, em termos de prevenção, a eliminação prévia das suas causas antes de se efetuar a sua reparação; e as anomalias relacionadas com o desenvolvimento de fungos e bolores, em relação ao qual se deve evitar a criação de condições que possam favorecer a fixação desses fungos e bolores (Veiga, 2010).

3.4.2. Medidas corretivas

O tipo de trabalhos de manutenção a realizar passa pela reconstrução e/ou reparação de juntas ou de zonas singulares danificadas das paredes. De acordo com a extensão e a severidade das anomalias presentes nas paredes (tijolos à vista partidos e fortemente degradados; deterioração dos lintéis e montantes, apoios e juntas de vãos de janelas; deterioração geral das juntas) pode ser necessário realizar uma grande intervenção de reconstrução e/ou consolidação dos elementos. Nas paredes interiores, quando a presença de fissuras tem um carácter persistente ou o revestimento do paramento se encontra danificado, deve-se realizar trabalho de abertura e tratamento das fissuras, sendo que antes se deve procurar identificar as causas prováveis para o seu aparecimento e, caso seja necessário, realizar uma eventual dessolidarização da parede com bandas resilientes. Nos casos em que ocorre a fendilhação do suporte, a qual se traduza também na fendilhação do respetivo revestimento de reboco, pode, em princípio, efetuar-se a substituição dos elementos danificados e a aplicação de um revestimento com características adequadas. Em alternativa, se a parede não desempenhar funções resistentes, pode resolver-se o problema através da aplicação de um revestimento independente do suporte e capaz de assegurar a estanquidade global da parede (Veiga, 2010).

Os rebocos tradicionais usados em edifícios recentes são geralmente constituídos por argamassas de cimento e areia aplicadas em duas ou três camadas. Descrevem-se sumariamente as anomalias mais frequentes nesses revestimentos, que podem comprometer a sua durabilidade, e as respetivas soluções gerais de reparação (Veiga, 2010): fendilhação mapeada (reparação – aplicação de um revestimento de impermeabilização de ligante sintético, com ou sem armadura (conforme a largura das fendas) ou, em alternativa, de uma camada de acabamento com um revestimento de ligante misto, após tratamento das fendas de maior largura); fendilhação orientada (reparação – alegramento dos bordos das fendas, seguido de preenchimento com um material bastante deformável (ex.: mástique) seguido da aplicação de um revestimento de impermeabilização de ligante sintético ou, em alternativa, de um revestimento de ligante misto, armado com rede de fibra de vidro); Perda de aderência por descolamento / abaulamento / e destacamento (reparação – extração do revestimento na zona afetada, seguida pela aplicação, nessa zona, de um revestimento apropriado); Eflorescências e criptoflorescências (reparação – eliminação das causas de infiltrações de água, devendo, em seguida, deixar-se secar completamente o revestimento e eliminar os sais formados por escovagem a seco, ou, se necessário, recorrer a lavagens neutralizadoras, e, em casos mais graves, em que o suporte está impregnado de sais higroscópicos, devem-se utilizar camadas protetoras resistentes aos compostos formados); Desenvolvimento de fungos e bolores (reparação – limpeza com água e, se necessário, com biocida, devendo-se evitar a criação de condições que possam favorecer a sua fixação); Fantasmas (reparação – limpeza da superfície e a aplicação de

uma nova camada de acabamento ou, em alternativa, a aplicação de um revestimento de isolamento térmico no caso de se pretender reabilitar o edifício do ponto de vista do isolamento térmico).

3.5. Medidas preventivas/corretivas relativamente revestimentos por pintura das paredes

3.5.1. Medidas preventivas

O bom desempenho de um revestimento por pintura, qualquer que seja o motivo da sua aplicação, depende de vários fatores: qualidade da tinta ou produto similar; adequada seleção em função das características do substrato e do ambiente de exposição; qualidade da aplicação, incluindo a preparação da tinta segundo as instruções do fabricante; condições da base de aplicação e adequada preparação; condições ambientais ou atmosféricas na altura da aplicação. O comportamento em serviço do revestimento depende do conjunto desses parâmetros que funcionam de um modo aditivo, pelo que a mais eficaz medida preventiva de aparecimento precoce de defeitos de pintura passa por: conhecer a natureza do substrato a pintar de modo a efetuar uma escolha adequada do tipo de tinta; executar um trabalho de preparação da superfície adequado; aplicar e preparar a tinta convenientemente (seguindo as instruções da ficha técnica e outras recomendações do fabricante); proceder à aplicação da tinta/esquema de pintura em condições ambientais favoráveis (por exemplo, não aplicar em tempo chuvoso). Importa também referir que frequentemente as falhas são resultantes de defeitos de construção (por exemplo de heterogeneidade do substrato – deficiências na espessura dos rebocos, irregularidade de planeza), ou de aspetos construtivos que prejudicam o bom desempenho dos revestimentos por pintura (remates em juntas imperfeitos, ausência de capeamentos, parapeitos desprotegidos), ou ainda relacionados com a presença de água (infiltrações, ascensão de água por capilaridade, caleiras junto às coberturas não mantidas ou defeituosas). A presença de algerozes, beirados e outros elementos que facilitem o escoamento da água, sem escorrimento pelas paredes, são exemplos de outras medidas preventivas ao nível da construção que contribuem para o desempenho do revestimento por pintura. Para prevenir o aparecimento de anomalias nos revestimentos por pintura aplicados em paramentos exteriores de edifícios, há necessidade de promover:

- A sensibilização do projetista para a influência, do design da obra, na durabilidade do revestimento por pintura pretendido;
- A sensibilização do fabricante/serviços comerciais para a necessidade de conhecer o comportamento dos materiais atualmente usados na construção e a sua intersecção com o projeto e para a caracterização dos produtos de pintura segundo a normalização europeia ou nacional aplicável;
- A sensibilização do dono de obra/projetista para a possibilidade de alteração do plano de pinturas inicialmente proposto em função de especificidades da obra.
- A elaboração das características exigenciais para os esquemas de pintura de acordo com as bases e condições de aplicação, para inclusão em caderno de encargos;
- A sensibilização dos empreiteiros para a utilização correta dos produtos;
- O acompanhamento da pintura pela assistência técnica dos fabricantes, em casos especiais, ou em grandes obras;
- A inspeção/fiscalização não só durante o processo de pintura, mas também do estado dos suportes antes da pintura. Se for caso disso, deverá estar envolvido o fabricante da tinta (grandes obras, condições especiais de aplicação);
- A apresentação de fichas técnicas dos produtos com indicações específicas e claras de utilização.

Encontram-se já disponíveis alguns documentos normativos que propõem uma metodologia que fornece, ao projetista ou dono de obra, uma base para definir algumas exigências em cadernos de encargos, referentes às características de produtos de pintura para utilização nos diferentes tipos de substratos usados em construção

civil, nomeadamente em paredes interiores (NP EN 13300 e NP 4378) e exteriores (NP EN 1062-1, NP 4505 e NP 4504) e na proteção do betão (EN 1504). A norma europeia NP EN 13300 define os métodos de ensaio e apresenta um esquema de classificação dos revestimentos por pintura de base aquosa para superfícies interiores de edifícios, quanto ao grau de brilho, à dimensão de maior grão, à resistência à esfrega e ao poder de cobertura, mas não estabelece os requisitos mínimos para as características principais. Por essa razão foi elaborada a norma nacional NP 4378 que, para além de apresentar uma classificação das tintas quanto ao brilho e à resistência à lavagem e à esfrega, especifica valores mínimos para a resistência à lavagem e poder de cobertura e inclui outras características essenciais e respetivos valores mínimos (resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos e resistência à fissuração a espessuras elevadas).

Da mesma forma, a norma europeia NP EN 1062-1 define os métodos de ensaio e apresenta um esquema de classificação dos revestimentos por pintura para rebocos e betão no exterior, quanto ao grau de brilho, à espessura da película seca, à dimensão de maior grão, à permeabilidade ao vapor de água, à permeabilidade à água, à permeabilidade ao dióxido de carbono e à capacidade do revestimento para acompanhar a fissuração do substrato, mas não define requisitos mínimos para as características principais. Em contrapartida, as normas nacionais NP 4504 e a NP 4505 que, para além de apresentar uma classificação das tintas (elastoméricas e não elastoméricas, respetivamente), incluem a avaliação e o estabelecimento de requisitos mínimos para as características, designadamente o poder de cobertura (no caso dos revestimentos serem lisos), a permeabilidade ao vapor de água, a permeabilidade à água, a aderência, a resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos, a resistência ao envelhecimento artificial acelerado e ainda a resistência aos fungos e às algas. Para as tintas elastoméricas prevê-se, ainda, a realização dos ensaios de determinação da resistência do revestimento à fissuração do substrato e da resistência a baixas temperaturas. A utilização de produtos de pintura devidamente caracterizados permite uma seleção informada para compatibilizar o produto com o substrato a que vai ser aplicado, sendo uma forma de prevenção de anomalias no desempenho dos revestimentos por pintura.

3.5.2. Medidas corretivas

No caso de revestimentos por pintura degradados, a medida corretiva passa pela repintura. Essa ação deve ser precedida por uma inspeção preliminar que permita verificar se é necessário algum tipo de trabalho preparatório especificamente adaptado à natureza do substrato subjacente à camada de tinta.

Independentemente de quaisquer possíveis reparações estruturais, as superfícies reparadas devem ser compatíveis com as anteriores. Os trabalhos podem incluir, em particular, operações de aplicação localizada de argamassas ou de materiais de preenchimento (fissuras, falhas de reboco). O tipo de reparação a efetuar numa superfície pintada degradada vai depender do tipo de defeitos que a pintura apresenta, da sua intensidade e frequência, e se o aparecimento dos defeitos ocorreu precocemente ou apenas após o tempo de vida esperado. Neste caso, o revestimento por pintura cumpriu a sua função e deve proceder-se à repintura da superfície – de preferência com um esquema de pintura igual ou equivalente ao aplicado. No caso do aparecimento precoce de defeitos de pintura, em primeiro lugar deve procurar-se conhecer a causa de aparecimento do defeito e eliminá-la, antes da repintura. Antes de se aplicar o novo esquema de pintura, a preparação da base poderá consistir numa ou várias das seguintes operações: remoção total de toda a tinta aplicada (por exemplo, por decapagem com jato de água abrasivo); Remoção parcial, apenas nas zonas com tinta degradada; escovagem do revestimento por pintura; Lavagem com água fria ou quente, com ou sem detergentes (revestimento pulverulento, com sujidades); lavagem com fungicida ou algicida (revestimentos com fungos ou algas).

Durante a realização das operações selecionadas, deve verificar-se se o substrato subjacente está degradado (fissurado, com fendas, friável ou com fraca coesão) e, em caso afirmativo, deve ser convenientemente reparado antes da repintura. Se for decidido que a repintura é sobre o revestimento por pintura existente, a aderência do mesmo ao substrato deve ser verificada, fazendo ensaios de aderência (por exemplo, pelo método da quadrícula

segundo a NP EN ISO 2409), em algumas áreas de ensaio. Igualmente, pode ser útil definir áreas de referência onde se pode avaliar a aderência e a compatibilidade entre a nova camada de tinta e o antigo revestimento por pintura.

4. GARANTIA DE CARATERÍSTICAS DE DURABILIDADE ADEQUADA NAS AÇÕES DE MANUTENÇÃO E DE REPARAÇÃO EM EDIFÍCIOS DE VALOR PATRIMONIAL

4.1. Elementos de informação relevantes a registar após a conclusão das ações de reparação/reabilitação

Para uma verificação da eficácia das ações de manutenção e de reparação de revestimentos de paredes e dos elementos estruturais confinantes de betão armado desses edifícios, importa identificar quais os elementos de informação relevantes a registar sobre as caraterísticas de durabilidade, dos elementos de construção, conferidas após a conclusão das ações de reparação/reabilitação. Como o campo de análise é muito vasto, pretende-se aqui concentrar a atenção sobre as ações de reparação de elementos estruturais de betão e nos revestimentos de pintura aplicados sobre paramentos exteriores de paredes de alvenaria e de elementos de betão, constituídos por revestimentos de impermeabilização de ligante sintético, aplicados sobre paramentos ligeiramente fendilhados (revestimentos usualmente constituídos essencialmente por uma resina com base num polímero acrílico estirenado em dispersão aquosa – visa-se considerar, sobretudo, os edifícios de valor patrimonial que, embora não classificados, têm valor cultural, histórico ou utilidade pública). Uma boa gestão dos bens edificados pressupõe a existência e a atualização constante de toda a informação relativa aos edifícios, assim como do seu estado de conservação e do seu uso. Bonetto (Bonetto e Sauce, 2005) refere a necessidade de ser organizado um documento (Dossier des ouvrages exécutés – DOE) contendo todo o historial das obras realizadas nos edifícios.

Em Portugal, o artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 273/2003 de 29 de outubro de 2003, refere que o dono da obra deve elaborar ou mandar elaborar uma compilação técnica da obra que inclua os elementos úteis a ter em conta na sua utilização futura, bem como em trabalhos posteriores à sua conclusão, para preservar a segurança e saúde de quem os executar. Este documento deve conter, nomeadamente, informações técnicas relativas ao projeto geral e aos projetos das diversas especialidades, incluindo as memórias descritivas, projeto de execução e telas finais, que refiram os aspetos estruturais, as redes técnicas e os sistemas e materiais utilizados que sejam relevantes para a prevenção de riscos profissionais; informações técnicas respeitantes aos equipamentos instalados que sejam relevantes para a prevenção dos riscos da sua utilização, conservação e manutenção; informações úteis para a planificação da segurança e saúde na realização de trabalhos em locais da obra edificada cujo acesso e circulação apresentem riscos. Em intervenções posteriores que não consistam na conservação, reparação, limpeza da obra, ou outras que afetem as suas características e as condições de execução de trabalhos ulteriores, o dono da obra deve assegurar que a compilação técnica seja atualizada com os elementos relevantes.

Em edifícios EVPba este tipo de informação não existe pelo que, ao longo dos anos, se deve procurar compilar a informação do edifício à medida que forem realizadas intervenções no edifício, podendo a documentação ser organizada à semelhança do referido a propósito da compilação técnica. O resultado do planeamento das atividades de manutenção de um edifício encontra-se geralmente documentado no chamado Plano de Manutenção. Para a elaboração deste documento, deve ter-se em conta os resultados da avaliação do estado de conservação dos edifícios, dos objetivos pretendidos, da estratégia de manutenção e das prioridades de intervenção estabelecidas pelo proprietário ou gestor do edifício. O plano de manutenção é organizado, geralmente, de acordo com a decomposição do edifício em elementos e sistemas e deve definir (Raposo *et al.*, 2011): os procedimentos de inspeção periódica e a respetiva frequência; o cronograma das intervenções e das inspeções; relação dos métodos utilizados nas intervenções de manutenção e das inspeções (materiais e

equipamento); aspetos de segurança e saúde na realização dos trabalhos de manutenção, operadores afetos à execução dos diversos tipos de trabalhos; subcontratações, critérios de medição e controlo das atividades e as relações entre as estimativas dos custos de manutenção e o custo total de manutenção. As atividades de manutenção devem ser definidas de forma a reduzir a necessidade de sucessivas intervenções, minimizar a interferência dos serviços de manutenção no uso e exploração dos edifícios e o inverso e otimizar o aproveitamento de recursos humanos, financeiros e equipamentos.

4.2. Avaliação da potencial utilização de técnicas não destrutivas (NDT) no âmbito da verificação da eficácia das ações de manutenção e de reparação

Pretende-se aqui avaliar a potencial utilização de técnicas não destrutivas, em particular, os ensaios de Ultrassons, a Análise Termográfica e a Fotogrametria, no âmbito da verificação da eficácia das ações de manutenção e de reparação de revestimentos e pinturas de paredes e dos elementos estruturais confinantes de betão armado desses edifícios, realizadas com vista a conferir aos elementos reparados, as caraterísticas de durabilidade adequadas face ao respetivo valor patrimonial (Dias *et al.*, 2018). Essa metodologia é desenvolvida com vista a posterior utilização no âmbito de apoio às ações de inspeção e subsequente manutenção desse tipo de edifícios de valor patrimonial. As observações de anomalias relativas a deficiências no âmbito das ações de reparação dependem da informação existente e do conhecimento e da experiência do observador. A deteção de anomalias baseada em imagem automática pode ser uma ferramenta complementar para a inspeção visual. A respetiva análise pode basear-se em técnicas de processamento digital de imagem (PDI), eventualmente mais objetivas e com maior precisão (Dias *et al.*, 2017). A deteção automatizada de anomalias, baseada em técnicas de processamento de imagem, pode ser feita utilizando técnicas não-destrutivas (NDT), designadamente: Termografia de infravermelhos (TIV); Ultrassons (US); Fotogrametria terrestre, aérea (esta usando um veículo aéreo não tripulado – VANT – vulgo *drone*) ou mista. A Fotogrametria pode ser utilizada para obter as informações sobre o edifício, designadamente sobre as suas fachadas (informações geométricas: posição, tamanho e forma) e a zona reparada onde existiam anomalias. Basicamente, é efetuado um levantamento fotográfico da superfície de forma a poder reconstituir a superfície fotografada utilizando *software* fotogramétrico.

No caso das ações de reparação de elementos estruturais de betão, em particular com a aplicação de revestimentos de impermeabilização de ligante sintético (comumente constituído essencialmente por uma resina com base num polímero acrílico estirenado em dispersão aquosa), para avaliar a qualidade de execução da reparação do betão, pode-se utilizar a Fotogrametria para analisar a superfície reparada de betão e a eficácia da ação de reparação, sendo ainda de interesse, caso possível, estimar, em particular, as seguintes propriedades do betão: a espessura do betão de recobrimento das armaduras; a resistência à compressão do betão; revestimento de impermeabilização de ligante sintético aplicado sobre a superfície de betão. Saliente-se que a técnica dos Ultrassons pode ser utilizada em elementos de betão para avaliar: a uniformidade do betão; a presença de fendas e de vazios; alterações nas propriedades com o tempo; e para estimar, *in situ*, a resistência de elementos de betão. O revestimento de impermeabilização de ligante sintético, para paramentos exteriores de paredes de alvenaria, após prévio estudo ponderado da viabilidade da sua aplicação num determinado edifício recente de valor patrimonial, pode ser adequado para utilização como tratamento curativo de paredes, as quais, por se encontrarem fendilhadas, apresentam deficiências de estanquidade à água. A reparação localizada dos paramentos deve ser efetuada recorrendo a nova aplicação do mesmo revestimento na zona a reparar, após extração do revestimento antigo por escovagem ou raspagem, seguida de limpeza e aplicação de primário na zona a reparar. Para que a reparação não resulte esteticamente inaceitável, convém que essa operação não se confine à zona afetada, mas que se estenda a uma área maior. É ainda necessário que a cor seja perfeitamente afinada e que as zonas de contacto entre os dois materiais de idades diferentes sejam cuidadosamente tratadas. Assim, convirá analisar, em particular, os seguintes aspetos relativos à eficácia de reparação das fachadas com

anomalias, através da aplicação destes revestimentos: adequada permeabilidade ao vapor de água, não constituindo barreira, no que se refere a aplicações em edifícios correntes, à normal realização das trocas higrotérmicas; resistência à tração adequada e boa capacidade de alongamento mesmo após envelhecimento; adequada resistência às ações de degradação (quer climáticas quer mecânicas), ao desenvolvimento de fungos, e à fixação de sujidade.

Para analisar os aspetos acima referidos relativos à eficácia de reparação das fachadas, incluindo o aspeto estético final das fachadas, é fundamental conciliar as potencialidades das NDTs. Refira-se que a Termografia de Infravermelhos (TIV), em conjunto com a Fotogrametria, podem, eventualmente, ser utilizadas na análise de zonas degradadas onde ocorreram anomalias nos revestimentos. A TIV permite detetar e identificar zonas de não-homogeneidade térmica através de "imagens térmicas" (termogramas) que possibilitam a caracterização do estado do elemento, designadamente: identificação dos materiais; deteção de destacamento no revestimento de parede; localização de descontinuidades na superfície (fendas internas e fissuras); avaliação da distribuição do teor de humidade na parede.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisaram-se, nesta comunicação, as possíveis medidas preventivas e/ou corretivas relativamente aos problemas mais correntes de durabilidade que afetam, em particular, os revestimentos e pinturas das paredes e os elementos estruturais confinantes de betão armado de edifícios de valor patrimonial com estrutura de betão armado, atrás descritos, no contexto da respetiva manutenção e reparação. No final, avaliou-se a potencial utilização de técnicas não destrutivas (em particular, os ensaios de Ultrassons, a Análise Termográfica e a Fotogrametria), no âmbito da verificação da eficácia das ações de manutenção e de reparação de revestimentos e pinturas de paredes e dos elementos estruturais confinantes de betão armado desses edifícios.

REFERÊNCIAS

LNEC, 2009 – **Regras para a concessão de Documentos de Aplicação a revestimentos por pintura para protecção de superfícies de betão em condições de exposição atmosférica**. Lisboa: LNEC. Proc. 0203/01/15740. Relatório 162/2009 – DM/NMO (disponível em http://www.lnec.pt/fotos/editor2/QPE/regras_da_tintasbetao_net.pdf).

BONETTO, R.; SAUCE, G., 2005 – **Gestion du Patrimoine immobilier – Les activités de references. Version 2**. CSTB – Département Technologies de l'Information et Diffusion du Savoir; Université de Savoie.

DIAS, J. L. Miranda, 2010 – **Durabilidade de edifícios com estrutura reticulada de betão armado associada a paredes de alvenaria de preenchimento**. Comunicação ao BE2010 – Encontro Nacional de Betão Estrutural 2010. Lisboa: LNEC.

DIAS, J. L. Miranda; MATIAS, Luís M.; HENRIQUES, Maria João *et al*., 2017 – **Combined use of non-destructive methods for the assessment of facades anomalies of heritage buildings with structural concrete elements**. INGEO 2017 – 7th International Conference on Engineering Surveying. Lisbon: LNEC.

DIAS, J. L. Miranda; MATIAS, Luís M.; HENRIQUES, Maria João *et al*., 2018 – **NDT techniques for the analysis of anomalies related with durability – Heritage buildings with masonry walls and confining concrete elements**. Congresso Betão Estrutural 2018 (BE2018). Lisboa: LNEC.

EUSÉBIO, M. Isabel; RODRIGUES, M. Paula, 2010 – **Anomalias em pinturas de paramentos exteriores e interiores de paredes de alvenaria e respectivas soluções de reparação**. Caderno de Edifícios n.º 5, CAD 5. Lisboa: LNEC.

LACASSE, M. A., 2003 – **Durability and performance of building envelopes**. National Research Council Canada, Institute for Research in Construction (IRC) Building Science Insight 2003 Seminar Series, pp. 1-6.

RAPOSO, Sónia; FONSECA, Manuel; BRITO, Jorge, 2011 – **Planned preventive maintenance activities – Analyses of guidance documents.** XII DBMC – 12th International Conference on Durability of Building Materials and Components – Vol. I. FEUP: Porto

SALTA, Manuela, 2013 – **Estruturas de betão: Fatores e requisitos de durabilidade**. Seminário DuratiNet "Manutenção e Reparação de Estruturas". Lisboa: LNEC.

SILVA, A. Santos; REIS, M. O. Braga, 2000 – **Metodologia de diagnóstico da ocorrência de reações expansivas de origem interna em estruturas de betão**. Atas do REPAR 2000 – Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas. Lisboa: LNEC, pp. 335-343.

VEIGA, M. Rosário, 2010 – **Patologia e reparação de revestimentos de paredes**. Caderno Edifícios n.º 5, CAD 5. Lisboa: LNEC. p. 135-159. ISBN 978-972-49-2197-6.

O USO RELIGIOSO E A VALORIZAÇÃO PATRIMONIAL DAS ERMIDAS EBORENSES

ÉVORA'S HERMITAGES RELIGIOUS USAGE AND HERITAGE VALORIZATION

Virgínia Glória Nascimento [(1)], Fernando António Baptista Pereira [(2)], António Candeias [(3)], Alice Nogueira Alves [(4)]

(1) Universidade de Lisboa/Faculdade de Belas-Artes, Centro de Investigação e Estudos em Belas-Artes (CIEBA) e Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Portugal, vgloriaanascimento@gmail.com

(2) Universidade de Lisboa/Faculdade de Belas-Artes, Centro de Investigação e Estudos em Belas-Artes (CIEBA), Portugal, fernandoabpereira@gmail.com

(3) Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Portugal, candeias@uevora.pt

(4) Universidade de Lisboa/Faculdade de Belas-Artes, Centro de Investigação e Estudos em Belas-Artes (CIEBA), Portugal, alicenalves@gmail.com /a.alves@belasartes.ulisboa.pt

RESUMO

A história das ermidas da cidade de Évora é-nos contada pelas mudanças que ocorreram ao longo dos últimos cinco séculos e que transformaram os edifícios primitivos naquilo que hoje conhecemos.

Ao longo dos anos, devido aos seus valores simbólicos e utilitários, a administração dos edifícios religiosos foi influenciada pelo caráter cerimonial da sua utilização e pela sua relevância no meio social em que se inserem. Por essa razão, a ligação estabelecida entre os devotos e os templos materializou-se na construção, melhoramento, reconstrução e conservação dos edifícios, na resiliência cultual e, nalguns casos, na preservação do seu valor histórico e artístico.

A valorização patrimonial dos edifícios históricos e as medidas de salvaguarda aplicadas ao património classificado a partir do início do século XX colocaram em confronto o caráter funcional dos bens artísticos da Igreja e a necessidade de os preservar. Esta questão foi analisada a partir do estudo de um conjunto de seis ermidas eborenses, tendo em conta a influência da sua relevância religiosa e da sua valorização simbólica, histórica e artística no seu funcionamento e gestão.

Concluímos que é possível estabelecer uma relação entre a valorização simbólica e a preservação do caráter original das ermidas eborenses, e consideramos que a manutenção do uso religioso contribuiu para assegurar os valores de historicidade do edifício e, consequentemente, a sua valorização patrimonial.

Palavras-chave: Administração / Adaptação / Valorização / Património Religioso / Évora

1. O PATRIMÓNIO EBORENSE E AS ERMIDAS CAMARÁRIAS

A cidade de Évora é um importante centro urbano desde o século XII, ocupando uma posição de centralidade económica, social e política no Alentejo. Como em tantas outras cidades, também aqui o vasto património histórico e artístico foi sendo alterado e adaptado ao gosto e às necessidades de cada época.

É no centro histórico desta Cidade Museu, classificado Património Mundial da UNESCO desde 1986, que estas mudanças são mais visíveis. O crescimento da malha urbana para lá da muralha romano-goda e a inclusão das áreas periféricas da mouraria e da judiaria no espaço delimitado pela cerca nova, resultaram da prosperidade e do desenvolvimento da cidade entre os finais do século XV e meados do seguinte.

Neste período, considerado o século de ouro da cidade, a presença da Corte e a fixação de uma elite cultural favoreceram a construção e o melhoramento de vários edifícios religiosos e, consequentemente, tornaram a cidade num importante centro de produção artística (Pardal, 2017). Contudo, apesar da permanência de vários monarcas em Évora, o poder local desempenhou um importante papel no governo da cidade. A ausência de uma separação clara entre os domínios temporal e espiritual permitia que o órgão municipal e a Igreja tivessem um papel decisivo na gestão e na dinamização da vida civil e religiosa, o que justificou a construção e a aquisição de vários edifícios religiosos pelo primeiro.

A partir de meados de quinhentos, o culto religioso tornou-se parte integrante do quotidiano da cidade, verificando-se a construção de pequenos oratórios para uso privado ou semipúblico. Segundo as *Visitações* de 1591-97, neste período foram edificados 53 oratórios (Espanca, 1963), alguns dos quais adaptados e transformados em ermidas e posteriormente em igrejas, como é disso exemplo a atual igreja de São Vicente. Por outro lado, as fontes sugerem que ao longo do século XVI houve um empenho das instituições públicas na fundação de ermidas para celebração de ofícios religiosos dentro e fora das muralhas (ADE-ACME, Livro n.º 220), o que explica a existência de 31 ermidas no século XVII, entre as quais a de São Brás e a de São Sebastião, situadas nas principais vias de acesso a Beja e a Lisboa, respetivamente (Fialho, s.d.).

A partir do século XVIII os inventários registam um número progressivamente menor de ermidas. Segundo as informações recolhidas nas Memórias Paroquiais de 1758, existiam 20 ermidas dentro e fora de muros e 12 localizadas em herdades e quintas dos arrabaldes (Grilo, 1995), número que desce para 25 em toda a extensão do concelho de Évora em meado do século XX (Espanca, 1966).

Este decréscimo progressivo poderá dever-se à extinção de alguns locais de culto por falta de uso religioso, por determinação das autoridades eclesiásticas, como sucedeu no século XVI com a extinção e destruição de vários oratórios que estavam em mau estado de conservação ou que não se adequavam aos requisitos do culto (Espanca, 1963), ou como consequência da ampliação e transformação de ermidas em igrejas, tal como ocorreu com a ermida de Nossa Senhora do Amparo que se transformou na atual igreja do Senhor Jesus da Pobreza.

Para melhor perceber a evolução das ermidas eborenses, iremos centrar a nossa análise nas ermidas de Nossa Senhora do Ó (1), Nossa Senhora do Amparo (2), Nossa Senhora da Natividades (3), que pertenceram à Câmara Municipal de Évora e que passaram para a posse de outras entidades, e nas ermidas de São Vicente (4), São Brás (5) e de São Sebastião (6) se mantêm na posse do Município (Figura 1).

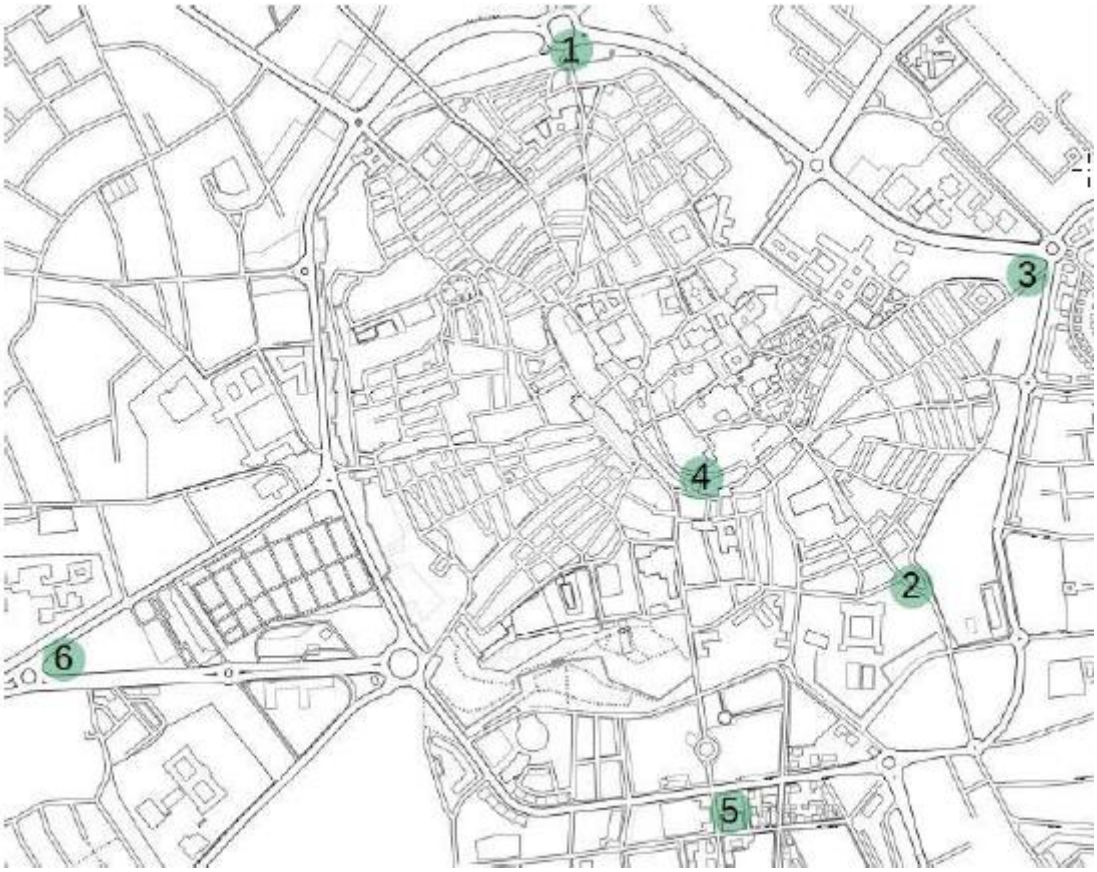


Figura 1 – Localização das ermidas na cidade de Évora

1.1. Ermida de Nossa Senhora do Ó

Segundo Túlio Espanca, a ermida dedicada a Nossa Senhora do Parto ou da Expectação teve a sua origem no oratório da Porta de Avis (Espanca, 1966), construído na mesma altura que os outros oratórios dedicados a Nossa Senhora e fundados com esmolas dos fiéis nas principais portas da cerca nova: o da Natividade na Porta de Machede, o do Amparo na Porta da Mesquita e o da Ajuda na Porta de Alconchel (demolida em 1866) (Grilo, 1995).

A construção primitiva da capela sobre a muralha entre as duas Portas de Avis remonta a 1484/5 e foi feita com licença do Senado. Posteriormente foi reformada aquando da realização de obras naquela porta da cidade para receber a rainha D. Catarina de Áustria, em 1525 (Espanca, 1966). Mais tarde, em 1589, sofre nova intervenção por ordem do Cabido.

Durante a Guerra da Restauração, em 1663, a ermida foi danificada, tal como outros edifícios religiosos existentes na muralha da cidade e nas suas cercanias, sendo reconstruída oito anos mais tarde graças ao financiamento do padre Manuel Figueira e do Cabido (Espanca, 1966), com o contributo da população. Terá sido durante esta intervenção que o altar-mor primitivo foi substituído pelo atual.

Nos primeiros anos do século XIX, a Porta de Avis sofreu uma nova intervenção que desimpediu a Nova Porta de Avis, entaipada em 1663, e que poderá ter incluído algumas obras de beneficiação no pequeno templo. Contudo, no início do século seguinte, com as mudanças políticas que decorreram da implantação da República, a ermida foi incluída no arrolamento dos bens da Igreja que foram nacionalizados e passou a ser usada como habitação e como arrecadação de uma taberna.

Em 1922, a Porta de Avis, incluindo a ermida de Nossa Senhora do Ó, é classificada como Monumento Nacional

(Decreto n.º 8218 de 29 de Junho de 1922) (CME, 2007) sendo entregue à Paróquia de São Mamede na década seguinte, juntamente com as suas dependências e objetos de culto (AJAD, A Defesa, 14-6-1930), retomando a sua função religiosa em 1931 (AJAD, A Defesa, 27-6-1931).

Embora não fosse um local de culto regular, as fontes indicam que no início do século XX a população afluía em grande número às celebrações do dia da padroeira (CME, 2009), o que certamente terá impulsionado a realização de obras de melhoramento em 1963 (Espanca, 1966).

Atualmente, esta é a única ermida que permanece sobre uma porta da cidade e que mantém as suas características arquitetónicas e cultuais, e, apesar de não estar diariamente aberta ao público, preserva o uso religioso.

1.2. Ermida de Nossa Senhora do Amparo – Igreja do Senhor Jesus da Pobreza

Na origem da atual igreja do Senhor Jesus da Pobreza está a ermida de Nossa Senhora do Amparo, construída no arco da desaparecida Porta da Mesquita, sobre o muro da cidade (ADE-ACME, Livro n.º 220), entre os castelos e os baluartes novos, na saída para o Outeiro da Vila Nova (Espanca, 1947).

O templo primitivo foi construído pela Câmara entre 1585-87, na mesma época em que o Arcebispo D. Teodósio de Bragança instituiu o Recolhimento de Nossa Senhora da Piedade, que ficou instalado no antigo solar dos Barões de Alvito, junto à Porta da Mesquita. Desconhecemos a partir de que data a Mitra passou a utilizar esta ermida para as cerimónias religiosas do Recolhimento, embora, de acordo com a documentação consultada, fosse usada para culto privado no século XVIII, havendo por essa razão uma ligação entre os dois edifícios (Espanca, 1966; 1993).

Em 1699, a ermida foi restaurada pelo Cónego André de Sande e, apenas trinta anos depois, o Cónego António Rosado Bravo dá início à edificação da atual igreja, concluída em 1733 (Espanca, 1993). Durante os trabalhos de construção, autorizados pela Câmara nos terrenos que doou para esse efeito, o templo primitivo foi integrado na nova capela-mor, perdendo as suas caraterísticas originais e parte do seu património artístico, mas mantendo a ligação ao Recolhimento e a autorização eclesiástica para lá se celebrar missa (Espanca, 1966; 1993). É possível que tenha sido devido à "absorção" da ermida camarária pela igreja do Senhor Jesus da Pobreza que a sua posse tenha passado para a Junta de Paróquia de São Pedro, numa data anterior a 1911 (Espanca, 1983).

No início do século XIX, o património artístico da igreja que sobreviveu às intervenções dos séculos anteriores e às invasões francesas foi deixado ao abandono, e o edifício perdeu o uso regular até ter sido entregue ao Exército Português em 1950, data em que sofreu obras de conservação tendo em vista a sua utilização como capelania e, posteriormente, como capela mortuária entre 1961 e 1974 (Espanca, 1966).

Atualmente, a igreja está encerrada e de pouco lhe valeu a abertura de um processo de classificação em 2002, revogado cinco anos mais tarde pelo Conselho Consultivo do IGESPAR, uma vez que o imóvel já beneficiava das medidas de proteção aplicadas aos Monumentos Nacionais por fazer parte do conjunto inscrito na Lista de Património Mundial (SIPA, s.d.), mantendo, desta forma, a classificação de Imóvel de Interesse Público (CME, 2007).

1.3. Ermida de Nossa Senhora da Natividade – Complexo habitacional

A ermida de Nossa Senhora da Natividade foi construída pelo Município, com o contributo da população, em cima do arco da porta de Machede. Desconhecemos a data de edificação, mas as Visitações Arquidiocesanas indicam que em 1597 a ermida «e*stava bem composta com objetos litúrgicos e com enriquecida arquitetura*» (Espanca, 1966), facto corroborado pelo vasto património artístico existente no seu interior e descrito no Tombo Municipal de 1651 (ADE-ACME, Livro n.º 220).

No século XVII a Porta de Machede foi incluída no sistema defensivo da cidade e o pequeno templo foi parcialmente destruído com os bombardeamentos de 1663, sendo reconstruído em 1703 pelo médico eborense António Fernandes Machoca e ampliado em 1771 pelo Cónego António de Landim (Espanca, 1966).

A documentação consultada não acrescenta muita informação sobre o funcionamento da ermida nos séculos XVIII e XIX. Contudo, sabemos que no início do século XX o templo estava entregue à Fábrica da igreja de Nossa Senhora da Natividade (RPE, N.º11:717 de 31/5/1919) e que, pelo menos até 1914, fazia parte dos bens camarários (ACME, Bens Culturais – Inventários 1911-1914).

Durante o processo de nacionalização dos bens da Igreja, o imóvel foi integrado nos *«Bens Propreos do Estado»*, sendo adquirido em hasta pública por um particular em 1919 (RPE, Nº11:717 de 31/5/1919). Durante o período que se seguiu à sua profanação de 1911 (Espanca, 1947), grande parte dos bens que existiam no templo desapareceram ou foram comprados, como sucedeu com o retábulo de mármore da capela-mor, vendido e levado para uma herdade em Redondo (Espanca, 1966).

Este imóvel está inscrito no Inventário do Património Arquitetónico e Arqueológico do Concelho de Évora (CME, 2007), embora se apresente completamente descaraterizado e seja empregue para fins habitacionais.

1.4. Ermida de São Vicente – Igreja dos Mártires de Évora

No local onde existia um antigo oratório, Luís Lourenço fundou a ermida de São Vicente em 1467, num edifício doado oito anos antes pelo Cabido, situado junto à cerca velha (Espanca, 1966). Embora se destinasse ao culto público e tivesse sido entregue à Colegiada de São Pedro, o templo não teve um uso regular e degradou-se ao longo do século seguinte, tal como documenta André de Resende em 1553.

Em 1559 a ermida é desanexada da freguesia de São Pedro, com a condição de não ser paróquia e de não ter pia batismal, e o seu padroado foi entregue à Câmara de Évora (Borges, 2010). O Município deu então início à sua reconstrução, ampliando o edifício e substituindo o retábulo primitivo por outro, que já tinha sido montado em 1597 (Espanca, 1963).

Segundo a bibliografia, André de Resende teve um papel preponderante na passagem da ermida para a posse do Município, financiando a sua reconstrução por disposição testamentária (Espanca, 1993). O seu interesse deveu-se certamente ao contributo que teve na divulgação da lenda do nascimento de São Vicente, Santa Sabina e Santa Cristeta em Évora, invocação pela qual o templo também se tornou conhecido. Esta associação simbólica entre os Santos Mártires de Évora e a cidade baseava-se na convicção de que *«o dito santo* [é] *natural desta cidade, e nascido na dita casa e igreja de São Vicente»*, conforme é referido no documento de desanexação da ermida no século XVI (Borges, 2010). No início do século seguinte a naturalidade dos padroeiros é reforçada com a colocação das esculturas de Santa Sabina e Santa Cristeta, junto à escultura de São Vicente no retábulo quinhentista.

Após a reabertura ao culto, o templo passou a ser usado pela Confraria de Nossa Senhora da Vitória, que tinha sido instituída em Évora em 1349, após a vitória alcançada na Batalha do Salado (Espanca, 1947) e como sede do Hospital de Santa Marta no século XVIII (Espanca, 1947). No entanto, o esforço empreendido pelo Município para reforçar a ligação entre a ermida dos Santos Mártires de Évora e a população não a transformou num símbolo identitário da cidade.

Até ao século XX a ermida passou por dois períodos de perda de relevância religiosa e o edifício entra em declínio, seguindo-se dois períodos de reconstrução e a sua posterior abertura ao culto. Em 1966, o edifício beneficiou de obras de restauro, durante as quais o painel da Batalha do Salado é recolocado no altar de Nossa Senhora da Vitória. Após a sua reabertura, o templo manteve o uso religioso até aos finais do século, altura em que é transformado num espaço de exposições temporárias.

Hoje em dia o edifício é propriedade municipal e está classificado como Imóvel de Interesse Público (CME, 2007), fazendo também parte do centro histórico classificado Património Mundial da UNESCO.

1.5. Ermida de São Brás – Igreja de São Brás

Esta ermida foi edificada por vontade de D. João II no antigo Outeiro da Corredora, um espaço periférico da cidade onde existiu uma gafaria durante a peste de 1479-80. Em 1482 a Câmara foi encarregue da sua construção (ADE-ACME, Livro n.º 220), que deverá ter sido célere, uma vez que em 1490 já estava aberta ao culto (Espanca, 1966).

A sua localização extramuros, caraterística dos templos dedicados aos santos protetores contra a peste, São Brás e São Sebastião, colocou a ermida no centro das lutas da Guerra da Restauração, tendo sido incluída na linha de reduto avançado das forças castelhanas, o que causou graves danos no edifício. Os combates levados a cabo entre maio e junho de 1663 danificaram também outros edifícios religiosos, que se localizavam no perímetro da cidade, seguindo-se um período de reconstrução que se prolongou até aos primeiros anos do século seguinte.

No caso de São Brás, o Arcebispo de Évora empreendeu esforços para que a sua reconstrução tivesse início logo em setembro de 1663, promovendo não só a preservação dos bens religiosos quinhentistas que não foram destruídos, como a sua rápida devolução ao culto. É de salientar a importância que a integração das pinturas e esculturas do retábulo quinhentista no novo arranjo retabular da capela-mor teve para a preservação do património artístico primitivo, tendo contribuído para que este conjunto chegasse aos nossos dias no seu local de origem.

Contudo, se por um lado a valorização da ermida contribuiu para a preservação da sua identidade original, por outro lado também promoveu a realização de obras de melhoramento e de restauro que eliminaram os testemunhos do passado, como sucedeu com as obras realizadas pelo Dr. Francisco Barahona e sua esposa entre 1897 e 1906 (Espanca, 1943), que tinham como objetivo a «*reconstrução, segundo a planta primitiva, da ermida»* (DigitArq, PT/ANBA/ANBA/B/001/00018).

Nos finais de oitocentos a ermida continuava aberta ao culto, com confraria e um ermitão. Contudo, nas primeiras décadas do século XX, vários objetos de arte sacra provenientes da ermida de São Brás são recolhidos na igreja dos Remédios na sequência do processo de nacionalização dos bens da Igreja.

Posteriormente, uma parte dos objetos religiosos e paramentos foi depositada no Museu Regional de Évora (Espanca, 1943), possivelmente após a sua fundação em 1915, e outra parte foi entregue ao Cabido da Sé de Évora em 1936 (AJAD, A Defesa, 8-2-1936).

Em 1910 a ermida é classificada Monumento Nacional, na sequência da proposta anteriormente apresentada pelo Conselho dos Monumentos Nacionais (Pereira, 1909). Na primeira metade do século XX, o imóvel beneficiou das medidas de proteção e das leis que incentivavam a conservação do património classificado, o que não só promoveu a preservação dos seus valores histórico-artísticos, como também contribuiu para a sedimentação da sua importância no contexto religioso local, justificando a sua ascensão a paróquia em 1966 (Sousa, 1966).

A igreja de São Brás é agora usada diariamente pela comunidade, tendo-se tornado num dos pontos de interesse turístico da cidade.

1.6. Ermida de São Sebastião – Igreja Ortodoxa dos Santos Apóstolo Pedro e Apóstolo Paulo

O templo primitivo, representado no Foral de Évora de 1501, foi construído pelo Município nos finais do século XV, provavelmente após a já referida peste de 1479-80.

A importância religiosa desta ermida deveu-se certamente à devoção da população ao santo protetor contra a

peste e refletiu-se nos séculos seguintes com o enriquecimento do edifício com várias capelas e altares (ADE-CME, Livro 220). Comparando os inventários realizados em 1503 e em 1651, é possível identificar várias campanhas decorativas, tais como as levadas a cabo no altar colateral Norte, cujo retábulo de Santa Ana, custeado por esmolas em 1503, foi substituído em 1535 por outro de maiores dimensões e enriquecido com uma escultura de vulto de Santa Ana com a Virgem e o Menino em 1651 (Espanca, 1947).

Lamentavelmente, o espólio artístico que existia no século XVI e na primeira metade do seguinte perdeu-se totalmente em 1663. É possível que os bens que não foram destruídos durante os bombardeamentos se tenham perdido ou tenham sido levados para outros edifícios religiosos, à semelhança do sucedido com a escultura do santo padroeiro, que se manteve na ermida de São Brás durante os anos em que o imóvel permaneceu em ruínas (ADE – ACME, Livro n.º 84).

Em 1693, o vedor geral da província ordena a reconstrução do edifício (Espanca, 1947), feita com o financiamento do Arcebispo D. Fr. Luís Teles da Silva (Espanca, 1966), que se prolongou até 1713, data em que a Misericórdia de Évora doa à ermida dois retábulos quinhentistas (apeados durante as obras de melhoramento da igreja), adaptados a retábulo-mor no novo templo (ADE – ACME, Livro n.º 84). Após ser reaberta ao culto, a ermida recuperou a sua importância no seio da vida religiosa local, preservando a função simbólica de proteção contra a peste, como prova a descrição anónima da grande procissão de 5 de maio de 1760, entre a ermida de São Sebastião e a quinta de Nossa Senhora da Esperança, na qual estavam representadas *«todas as comunidades e freguesias»* a favor do fim da praga de gafanhotos (Fonseca, 2001).

Durante o século XIX, o culto a São Sebastião decai e o templo perde relevância na primeira metade do século XX, possivelmente devido à criação da Paróquia de Nossa Senhora Auxiliadora em 1966, com sede junto à Porta de Alconchel (Sousa, 1966), reforçando o isolamento da ermida face ao centro da cidade e aos núcleos habitacionais periféricos.

Apesar da perda progressiva de uso religioso, as pinturas do retábulo-mor foram tratadas pelo pintor-restaurador Albino Cunha, em 1953, também autor do restauro do painel da Batalha do Salado da igreja de São Vicente (Espanca, 1966), num período em que, sob a vereação do Eng. Henrique da Fonseca Chaves, foram realizadas várias obras de restauro no património municipal, promovendo a sua valorização histórico-artística e o uso religioso dos templos.

É possível que ao longo da segunda metade do século XX a ermida tenha sido gradualmente deixada ao abandono, até ser reutilizada pelo Município como armazém do teatro Garcia de Resende. Em 2010 o imóvel foi entregue à Igreja Ortodoxa Portuguesa que o transformou na igreja Ortodoxa dos Santos Apóstolo Pedro e Apóstolo Paulo, um importante local de culto para a comunidade ortodoxa do Alentejo.

O edifício está inscrito no inventário do património concelhio na categoria E1, a mesma em que se enquadra o complexo habitacional da antiga ermida da Natividade (CME, 2007), estando por isso abrangido por medidas de salvaguarda das suas caraterísticas determinantes, identidade e imagem.

2. RESILIÊNCIA RELIGIOSA E SALVAGUARDA PATRIMONIAL

Analisando a história de cada um dos seis casos de estudo, percebemos que o seu funcionamento depende do uso religioso, da sua integração na vida da população e da sua valorização por parte dos órgãos de poder local. Nesse sentido, a gestão dos edifícios religiosos tem como objetivo responder às necessidades e aos preceitos cerimoniais e simbólicos, sob influência do contexto cultural, político e económico de cada época.

Para estas ermidas, estes fatores foram determinantes para a preservação dos valores funcionais e histórico-artísticos, principalmente em dois momentos históricos: na Guerra da Restauração, no século XVII, e

secularização posterior à Implantação da República.

2.1. Utilização e transformação

Desde a sua fundação, a maior parte das ermidas manteve um funcionamento regular, existindo a preocupação em melhorar e adaptar o espaço às necessidades rituais e ao gosto da época. Exceção feita à ermida de São Vicente que passou por uma sucessão de períodos de utilização, abandono e recuperação, sem nunca alcançar uma verdadeira integração na vida religiosa da cidade, apesar dos esforços do Município para a tornar num dos seus símbolos identitários.

A consolidação destes templos durante o século XVI deveu-se em muito à sua valorização funcional pela população, isto é, à importância simbólica que as ermidas tinham na vida quotidiana eborense, numa altura em que o culto religioso ocupava um lugar privilegiado na vida cultural e social da cidade. O caso da ermida de Nossa Senhora do Amparo é representativo da importância da abertura ao público dos locais de culto, pois tendo sido destinada ao culto privado até ao século XVIII, a sua transformação em igreja do Senhor Jesus da Pobreza não foi suficiente para criar um vínculo com a comunidade religiosa, sendo este um dos fatores que certamente levaram as entidades eclesiásticas a cederem o edifício ao exército português no século XX.

Estes dois edifícios foram os que menos sofreram com os acontecimentos que se seguiram à Guerra da Restauração, comparativamente às ermidas localizadas na muralha da cidade ou extramuros. Os factos sugerem que as obras de reconstrução levadas a cabo a partir de 1663 não foram feitas com a mesma brevidade ou com o mesmo empenho por parte da Igreja e do Município.

É possível que o estado de ruína das ermidas de São Sebastião e de Nossa Senhora da Natividade tenha sido a causa da demora nas obras de reedificação, que se prolongaram até aos primeiros anos do século XVIII. Isto contrariamente ao que aconteceu com a ermida de São Brás, cujos trabalhos se iniciaram poucos meses após os bombardeamentos, ou com a ermida de Nossa Senhora do Ó, construída menos de uma década depois. Naturalmente, esta situação refletiu-se no funcionamento dos templos, não só através da preservação da sua identidade original (memória simbólica do espaço), mas também porque rapidamente voltaram a estar abertos ao culto, enquanto os restantes edifícios estavam em ruínas, o que certamente promoveu a reorganização da vida religiosa da cidade.

Curiosamente, estas diferenças permaneceram ao longo do tempo e, comparando a atual forma de funcionamento destas seis ermidas, é possível estabelecer um paralelo entre a valorização histórico-artística dos edifícios no século XVII e o reconhecimento do seu valor patrimonial no século XX. Isto é, as ermidas que foram reconstruídas nos finais de seiscentos, foram também as que foram classificadas como monumentos nacionais nas primeiras décadas de novecentos.

2.2. Classificação e proteção

O panorama patrimonial eborense foi marcado pelas mudanças ideológicas e políticas que ocorreram no século XIX e nas primeiras décadas do século XX, numa época marcada pela nacionalização dos bens da Igreja e pela estruturação das leis de classificação e de proteção do património nacional.

O ambiente de transformação social e cultural, profundamente laicizante, que se seguiu à implantação da República, influenciou de forma determinante as políticas do património, incentivando a valorização e a proteção de edifícios com valor histórico-artístico. No entanto, também contribuiu para a dispersão e o desaparecimento dos bens artísticos nacionalizados ou vendidos em hasta pública, tal como aconteceu com a ermida de Nossa Senhora da Natividade.

No conjunto geral dos casos de estudo apresentados, as mudanças que tiveram lugar na primeira metade de

novecentos promoveram a aplicação de novos critérios de intervenção e estabeleceram novas regras de utilização do património classificado. A identidade edifícios religiosos passou a estar assente na dualidade histórico-artística e simbólico-ritual, não deixando de ser curioso o facto das ermidas de São Brás e de Nossa Senhora do Ó serem classificadas Monumentos Nacionais em 1910 e 1922, respetivamente, sendo as únicas que preservaram a sua função original até hoje.

2.3. Propriedade e gestão

Se aprofundarmos a relação entre o uso religioso e a valorização patrimonial, é impossível não questionarmos a influência da propriedade nestes dois processos. Será que o percurso destas ermidas foi influenciado pelo padroado primitivo ou pela propriedade do imóvel?

Tendo como base estes critérios, a análise da questão sugere que nem sempre a separação entre a propriedade e a tutela/usufruto do imóvel é clara, como aconteceu com as ermidas das Portas de Avis e de Machede. Na ermida de Nossa Senhora do Ó a propriedade municipal, justificada pela edificação do templo pela Câmara de Évora parece ser inequívoca nos Foros e Própreos do Concelho de 1651 (ADE-CME, Livro n.º 220). Por outro lado, as Visitações de 1758 indicam que pertencia ao Prelado (Grilo, 1995). No caso da ermida de Nossa Senhora da Natividade, incluída nos inventários dos bens camarários até 1914 (ACME, Bens Culturais – Inventários 1911-1914), o registo de propriedade refere que o edifício pertencia à respetiva comissão fabriqueira em 1919 (RPE, N.º 11:717 de 31/5/1919).

Noutros casos, a propriedade primitiva ligada à fundação do templo, passou para as mãos de outras entidades, seja pela transferência para o Município do padroado de templos fundados por particulares (como se verificou no século XVI com a ermida de São Vicente), pela cedência do edifício municipal à Igreja para construção de um novo templo (com aconteceu com a edificação da igreja do Senhor Jesus da Pobreza), através de processos de nacionalização ou por alienação e aquisição por particulares (como é exemplo a ermida de Nossa Senhora da Natividade).

Relativamente às ermidas extramuros, a documentação histórica é clara quanto à propriedade municipal da ermida de São Brás, gerida pela Igreja Católica desde a sua fundação (Barata, 1871), e da ermida de São Sebastião, que foi entregue à Igreja Ortodoxa Portuguesa. No primeiro caso, a gestão inicialmente repartida entre a Câmara e a Igreja foi influenciada pela classificação da ermida como Monumento Nacional e pela passagem da sua tutela para os organismos estatais. No segundo caso, embora o Município mantenha a propriedade, a utilização e a manutenção do templo cabem agora à comunidade ortodoxa.

3. CONCLUSÕES

A gestão dos edifícios religiosos está em grande medida dependente da sua forma de utilização, das cerimónias e dos rituais que nele têm lugar. Embora sob o olhar atual possa parecer estranho o funcionamento dos templos depender de obrigações rituais, instituídas por vontade dos devotos e não pelas entidades eclesiásticas, a verdade é que foi graças às preocupações dos doadores em salvar a sua alma e em perpetuar a sua memória que os oratórios se transformaram em ermidas e as ermidas em igrejas (Sousa, 2018). Somos por isso levados a questionar, por exemplo, se a razão de existir da ermida de São Vicente, cujo fundador pretendia que *«para sempre lhe dissessem uma missa por sua alma em igreja de São Vicente que ele fizera em a dita cidade»* (Pereira, 1998), não se terá perdido quando o padroado foi entregue à Câmara que, séculos mais tarde, a transformou em espaço de exposições temporárias.

Até ao século XX a comunidade de utilizadores tinha uma influência visível na forma de utilização dos templos, pelo papel ativo que tomava nas celebrações rituais e pela participação das confrarias e das comissões

fabriqueiras na administração do espaço. Com o avançar do século, verificamos um afastamento da comunidade face à tomada de decisão, potenciada pelas medidas de proteção dos edifícios com valor patrimonial e pela laicização da sociedade.

A valorização histórico-artística dos bens religiosos e a consequente musealização das alfaias litúrgicas (como sucedeu nas ermidas de São Vicente, São Brás e São Sebastião), bem como a perda patrimonial causada pelas alienações do início do século XX (ermida de Nossa Senhora da Natividade) ou a degradação causada pela falta de uso (igreja do Senhor Jesus da Pobreza), contribuíram para a desvalorização funcional dos objetos e dos edifícios religiosos, resultando no surgimento de um novo paradigma relativo à valorização histórica-artística, simbólica e utilitária do património que se destina ao culto.

A análise deste conjunto de ermidas demonstra que os esforços empreendidos na reconstrução e na manutenção dos edifícios com valor histórico-artístico não foram suficientes para os salvar da temeridade do tempo e dos homens. A resiliência cultural, isto é, a utilização contínua dos edifícios eclesiásticos, foi o que, segundo Riegl, lhes conferiu o valor de antiguidade (Riegl, 2013).

Concluímos que nos casos de estudo apresentados a gestão dos templos foi influenciada pela frequência do uso religioso por parte da população e pela aplicação de medidas de salvaguarda e de valorização por parte das entidades públicas. Contudo, esta dualidade nem sempre assegurou a preservação da memória simbólica e histórica que estes edifícios encerram.

REFERÊNCIAS

Arquivo da Câmara Municipal de Évora (ACME) – **Bens culturais – Inventários 1911-1914 (Manuscrito)**. PT/AMEFVR/CME/D/Cx.003.

Arquivo Distrital de Évora – Arquivo da Câmara Municipal de Évora (ADE-ACME). **Livro n.º 220 – Tombo de 1651-1810, Tombo das jurisdições, foros & propreos (Manuscrito**).

Arquivo Distrital de Évora – Arquivo da Câmara Municipal de Évora (ADE-ACME). **Livro n.º 84 – Livro 14 dos originais: Cartas do ano 1691 a 1724 (Manuscrito).**

Arquivo do Jornal A Defesa. (1993, 14 de Junho) (AJAD) – **Bens da igreja**. *A Defesa*. n.º 379, Ano VIII.

Arquivo do Jornal A Defesa. (1931, 27 de Junho) (AJAD) – **Capela de N. Sra. do Ó**. *A Defesa*. n.º 433, Ano IX.

Arquivo do Jornal A Defesa. (1936, 8 de Fevereiro) (AJAD) – **Entrega de paramentos**. *A Defesa*. n.º 674, Ano XII.

BARATA, António Francisco, 1871 – **Roteiro da cidade de Évora e breve notícia dos seus principaes monumentos**. Évora: Imprensa do Governo Civil. Acedido em 10 de Outubro de 2019, em: www.bdalentejo.net, BDA – 12AB01_ B 132577.

BORGES, A. G. de Melo, 2010 – **Os santos Mártires de Évora – Inventário da Arquidiocese de Évora**. *Cultura Revista de História e Teoria das Ideias.* Vol.27, 201-210. Acedido em 10 de Janeiro de 2020, em: http://journals.openedition.org.

Câmara Municipal de Évora (CME), 2007 – **Plano Diretor Municipal – Estudos de Caraterização do Território: Anexo IV Inventário do Património Arquitetónico e Arqueológico do Concelho.** Évora: Câmara Municipal de Évora. Acedido em 10 de Janeiro de 2020, em: www.cm-evora.pt/pt/site-viver/Habitar/ordenamento-do-territorio/Planos%20Municipais/Documents/Anexo_IV_Patrimonio.pdf.

Câmara Municipal de Évora (CME), 2009 – **A oculta Ermida de Senhora do Ó**. *Revista Mosaico*. 2 (julagoset) Évora: Câmara Municipal de Évora/Património, Cultura e Turismo.

Conferencia Episcopal Portuguesa (CEP), 1990 – **Património histórico-cultural da igreja**. Lisboa: Conferencia Episcopal Portuguesa.

DigitArq – Arquivo Nacional Torre do Tombo. Conselho dos Monumentos Nacionais – **Correspondência recebida.** PT/ANBA/ANBA/B/001/00018, cota 3-D-SEC.240, Acedido em 20 janeiro de 2020.

ESPANCA, Túlio, 1943 – **Património artístico municipal, imóvel – A ermida de S. Braz.** *A Cidade de Évora – Boletim da Comissão Municipal de Turismo*. Ano 1 Janeiro-Junho de 1943, (3) 80-84.

ESPANCA, Túlio, 1947 – **Notas sobre pintores em Évora nos séculos XVI e XVII**. *A Cidade de Évora – Boletim da Comissão Municipal de Turismo*. Ano V Junho-Setembro de 1947, (13-14), 109-165.

ESPANCA, Túlio, 1963 – **Capelas particulares e do património municipal existentes em Évora nos anos de 1591-1597.** *A Cidade de Évora – Boletim da Comissão Municipal de Turismo*. Ano XIX e XX, Janeiro-Dezembro de 1962-63, (45-46), 278-301.

ESPANCA, Túlio, 1966 – **Inventário artístico de Portugal – Concelho de Évora**. (Vol 1). Lisboa: Academia Nacional de Belas Artes.

ESPANCA, Túlio, 1983 – **Arrolamento dos bens das Igrejas do Concelho**. *A Cidade de Évora – Boletim de Cultura da Câmara Municipal*. Ano XXXIX -LX, 1982-83, (65-66), 252-274.

ESPANCA, Túlio, 1993 – **Évora**. Coleção Cidade e Vilas. Lisboa: Editorial Presença.

FIALHO, Pe. Manuel (s.d.) – **Évora ilustrada, com noticias antigas e modernas sagradas e profanas (Manuscrito).** Tomo II. Disponível em www.bdalentejo.net, BDA – 01(2)MF04_COD. CXXX/1-11.

FONSECA, Teresa (transcrição), 2001 – **Triste e alegre cidade de Évora, testemunho de um anónimo do século XVIII**. Évora: Câmara Municipal de Évora, Coleção Novos Estudos Eborenses, Vol.5. Acedido em 20 de Maio de 2019, em: www.bdalentejo.net, BDA – 01(2)TF01_PART.

GRILO, M. L. B.,1995 – **O concelho de Évora nas memórias paroquiais de 1758 (conclusão**). *A Cidade de Évora – Boletim de Cultura da Câmara Municipal de Évora*. N.º 1, II serie, 1994-1995, 89-156.

PARDAL, Rute, 2007 – **As elites de Évora ao tempo da dominação filipina: estratégias de controlo do poder local (1580-1640).** Lisboa: Edições Colibri/CIDEUS-EU. 1.ª edição. ISBN 972-772-687-9.

PEREIRA, Gabriel, 1909 – **Monumentos nacionaes**. Conferencia realizada na Sala da Real Associação de Agricultura, 9 de maio de 1909. Lisboa: Typographia do Annuario Commercial.

PEREIRA, Gabriel, 1998 – **Documentos históricos da cidade de Évora**. Lisboa: Imprensa Nacional casa da Moeda.

Registo Predial de Évora (RPE), 1919 – **Livro de inscrições de transmissão** – Inscrição N.º 11:717 de 31 de maio de 1919.

RIEGL, Alois, 2013 – **O culto modernos dos monumentos e outros ensaios estéticos**. Trad. João Tiago Proença. Lisboa: Edições 70. ISBN 978-972-44-1713-4.

SIPA – Sistema de Informação para o Património Arquitetónico – **Igreja do Senhor Jesus da Pobreza – IPA.00004441**. Paula Amendoeira 1997 / Joaquim Caetano 2005 (ed.). Acedido em 6 de Março de 2020, em: www.monumentos.gov.pt.

SOUSA, Ana Cristina, 2018 – **"Por amor de Deus": As doações de objetos litúrgicos em metal às igreja e ermidas das ordens militares de Avis, Cristo e Santiago (1478-1571).** in Entre Deus e o Rei. O Mundo das ordens Militares. Palmela: Gabinete de Estudos sobre a Ordem de Santiago/ Município de Palmela. ISBN: 978972-8497-75-0.

SOUSA, D. David de, 1966 – **Decreto sobre a actualização das paróquias da Arquidiocese de Évora**. Évora: Arquidiocese de Évora.

DESCOBRIR A ROSA DOS VENTOS – A IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROJETO DE VALORIZAÇÃO E PRESERVAÇÃO

DISCOVER THE WIND ROSE – THE IMPLEMENTATION OF A VALORIZATION AND PRESERVATIONT PROJECT





Alice Nogueira Alves [(1)], Miguel Gomes [(2)], Manuel Francisco C. Pereira [(3)]

(1) Universidade de Lisboa/Faculdade de Belas-Artes, Centro de Investigação e Estudos em Belas-Artes (CIEBA), Portugal, alicenalves@gmail.com /a.alves@belasartes.ulisboa.pt
(2) Universidade de Lisboa/Faculdade de Belas-Artes, Centro de Investigação e Estudos em Belas-Artes (CIEBA), Portugal, miguel-afonso-gomes@campus.ul.pt
(3) Universidade de Lisboa/Instituto Superior Técnico (IST), Centro de Recursos Naturais e Ambiente (CERENA), Portugal, mfcp@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

A Rosa dos Ventos, localizada em frente ao Padrão dos Descobrimentos na zona ribeirinha de Belém, em Lisboa, tem vindo a sofrer um processo de degradação acelerado devido aos fatores exteriores a que está sujeita.

Com o objetivo de se encontrarem estratégias para a preservação patrimonial deste pavimento, é aqui proposto um projeto: "Estratégias para a preservação da Rosa dos Ventos – Como envolver o público na valorização do chão por baixo dos seus pés" que pretende chamar a atenção para a sua importância através da criação de uma aplicação em Realidade Aumentada.

Palavras-chave: Padrão dos Descobrimentos / Rochas Ornamentais / Realidade Aumentada

1. INTRODUÇÃO

A Rosa dos Ventos está localizada em frente do Padrão dos Descobrimentos, na zona monumental de Belém, em Lisboa. Foi construída no âmbito do centenário do Infante D. Henrique, figura fundamental dos Descobrimentos portugueses, em 1960. Esta efeméride foi aproveitada pelo Estado Novo para celebrar o império português, num momento em que a legitimidade da possessão das colónias, então designadas como províncias ultramarinas, já estava a ser questionada nos contextos nacional e internacional.

Apesar de ser uma oferta do governo da África do Sul, a Rosa dos Ventos foi projetada por um importante arquiteto da época, Cristino da Silva, e realizada por trabalhadores portugueses, com mais de uma dezena de pedras ornamentais existentes no território continental. Com 50 metros de diâmetro, este pavimento é impressionante pela riqueza dos seus detalhes, sendo centrado por um planisfério ricamente decorado, onde se encontram marcadas as principais rotas marítimas percorridas pelos portugueses.

A sua localização em frente a uma grande atração turística, bem como a proximidade do rio, implicam que se tenha tornado num local de passagem, atravessado por pessoas, bicicletas, trotinetes, etc., que em muito têm contribuído para a sua degradação, para além dos frequentes vandalismos e roubos de fragmentos. Estes fatores são muito difíceis de controlar devido à dimensão da superfície e pela falta de conhecimento generalizada.



Figura 1 – Rosa dos Ventos
(©Alice Nogueira Alves – fevereiro de 2019)

Para valorizar este elemento patrimonial tão esquecido pela cidade, é aqui apresentada uma proposta de projeto que, a ser desenvolvido, pretende realizar a sua contextualização histórico-artística, complementada com a identificação de todos os elementos pétreos existentes, para a criação de uma aplicação em Realidade Aumentada a ser disponibilizada ao público, acessível através de dispositivos móveis no próprio local. Desta forma, espera-se contribuir para o desenvolvimento de novas atitudes de respeito que se reflitam na sua preservação a médio e longo termo, para além das que já têm sido valorosamente desenvolvidas pela entidade que gere este espaço.

2. A ROSA DOS VENTOS

2.1. Notícia Histórica

Conforme se consegue comprovar na documentação existente no espólio do arquiteto Luís Cristino da Silva, existente na Biblioteca da Fundação Calouste Gulbenkian, a Rosa dos Ventos esteve enquadrada no novo plano para a zona de Belém desde meados dos anos 1950.

No anteprojeto apresentado pelo arquiteto para o arranjo urbanístico da Praça do Império e da zona marginal de Belém, encontramos referências a uma enorme esplanada que seria localizada em frente do Padrão dos Descobrimentos, cuja reconstrução em materiais definitivos estava referida no despacho do Ministro das Obras Públicas de 9 de novembro de 1954. Este elemento permitiria aos visitantes um "recuo" suficiente para conseguirem ver o Padrão em toda a sua plenitude (SILVA, 1956).

Depois de pensadas várias propostas para a localização do conjunto (ELIAS, 2004), e tendo em consideração as opiniões emitidas pelas entidades que avaliaram o projeto, o seu autor optou por o colocar no mesmo sítio em que a versão efémera do Padrão tinha estado por ocasião da exposição do mundo português, em 1940 (ALVES, MARIZ, 2017).

A construção da Rosa dos Ventos foi financiada pela União da África do Sul, que assim se associou às comemorações como parceiro de Portugal, contribuindo com os mais de mil contos necessários para a execução daquela que seria "a maior realização do género, em todo o Mundo" (Jornal do Comércio, 1960), feita com pedra portuguesa por artífices nacionais.

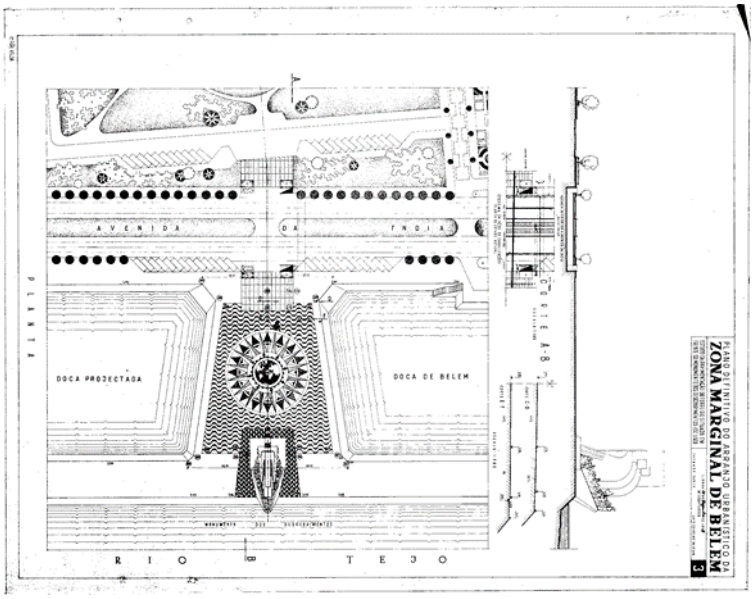


Figura 2 – Projeto para o Padrão dos Descobrimentos e Rosa dos Ventos (SILVA, 1956)
©Fundação Calouste Gulbenkian – Espólio de Cristino da Silva

No discurso lido pelo embaixador Dr. Alfred Mertsch por ocasião da sua inauguração, no dia 5 de agosto de 1960, encontramos a justificação para esta oferta que transcrevemos na integra, pela sua importância para a compreensão do contexto:

> *«Há quase cinco séculos que duas pequenas caravelas com os primeiros europeus que haviam de pisar a minha pátria, fundearam nas águas tranquilas da enseada que hoje chamamos Mossel Bay. Bartolomeu Dias e os seus mareantes tinham atravessado as tormentas que, por vezes, assolam as nossas costas. Tinham já dobrado o extremo africano e aberto o caminho para o Oriente. Dez anos mais tarde, Vasco da Gama, na sua viagem para a India, pisava também a terra perto daquele promontório a que Bartolomeu Dias, segundo dizem, deu o nome que hoje ainda conserva – o cabo da Boa Esperança.*
>
> *Não foi apenas a boa fortuna nem a coragem e os conhecimentos náuticos de Bartolomeu Dias que tornou possível tal feito. Muito anos antes da sua largada de Lisboa, outros capitães tinham aberto o perigoso caminho ao longo da costa ocidental da África, aperfeiçoando as suas cartas de marear e os seus instrumentos náuticos, colhendo informações dos indígenas.*

> *Por detrás deste grande e paciente esforço, erguia-se o génio do Infante D. Henrique, aquele inspirado e destemido homem de fé a quem o Destino não permitiu ver a realização do seu sonho.*
>
> *D. Henrique viveu numa época tão agitada como a nossa e poderia bem servir-nos de exemplo, pela sua fé cristã, valentia, dedicação e forte energia, pelo seu entusiasmo, temperado pela sua persistência e finalidade, sobrepondo os interesses da nação nos seus interesses pessoais. Não admira, pois, que neste ano Portugal renda homenagem a um dos seus mais ilustres filhos e ao punhado de homens que o rodeavam e que, por ele inspirados, se prontificaram a dar as suas vidas pela causa cristã e pela civilização europeia.*
>
> *Os esforços do Infante abriram uma nobre tradição e ainda hoje os portugueses se apressam a resistir às forças que tentam destruir o Mundo, e a manterem-se firmes em face da crítica e falta de compreensão, ao mesmo tempo continuando a sua missão de civilizar e desenvolver os seus povos e as suas províncias ultramarinas.*
>
> *Na África do Sul, também nos temos esforçado por manter estes princípios desde que, há trezentos anos, os primeiros europeus se estabeleceram no Cabo e é para nós uma satisfação sentir que, na África, estamos ombro a ombro com os nossos amigos portugueses. Estamos, de facto, estreitamente ligados pela história e pelo nosso propósito comum e por isso, o meu Governo quis associar-se a esta homenagem ao Infante D. Henrique e fazer a Portugal uma oferta digna da sua memória e da amizade que nos liga. Ponderada as diversas modalidades que essa oferta poderia tomar, resolveu-se que a mais adequada seria o pavimento perante o qual nos encontramos e que já estava elaborado pelos arquitectos e engenheiros que, sob a direcção da Comissão Executiva das Comemorações Henriquinas, tão habilmente projectaram a urbanização desta histórica área do Restelo. A todos os que contribuíram para a realização desta obra, dirijo os meus profundos agradecimentos.*
>
> *A Rosa-dos-Ventos, símbolo digno da tradição marítima de Portugal que mostra no planisfério central, como veem, os nomes de muitos daqueles lugares que os navegadores portugueses descobriram, é o que o meu País vos oferece. A elaboração, os materiais e o trabalho são inteiramente portugueses – a boa vontade que tornou possível a sua execução, é sul-africana.*
>
> *Senhor Presidente: é com grande prazer e honra que, em nome do meu Governo, entrego a V. Ex.ª esta Rosa-dos-Ventos. Com ela vai toda a nossa sinceridade e a esperança de que se mantenha firme a amizade que há tantos anos liga os nossos dois países.»* (A Rosa dos Ventos oferecida pela União da África do Sul, 1960)

No *Diário de Notícias*, publicado no mesmo dia, frisa-se esta ligação entre os dois países, referindo-se ter sido Bartolomeu Dias o primeiro europeu a chegar às «*terras que seriam o ponto de partida dos colonos que desde o século XVII sonharam com a formação de uma grande nação de europeus na África Austral*».

> *«À origem da União da África do Sul anda portanto indissoluvelmente ligado o nosso país, a tal ponto que o nome do navegador português figura como o primeiro herói da história daquele país, pois foi ele e os portugueses que se lhe seguiram e daquelas terras trouxeram notícias que tornaram possível a emigração de europeus, o estabelecimento de Van Riebeeck e a odisseia gloriosa dos «voortrekkers», lutadores gloriosos e antepassados dos actuais sul-africanos.»* (A África do Sul e o Infante, 1960)

Esta obra servia como elemento simbólico da ligação de Portugal ao mundo, através das suas descobertas. Justificava a sua permanência das colónias, então designadas por províncias ultramarinas, que na época já estava a ser posta em causa internacionalmente. Importava mostrar a grandeza do passado do país, para justificar o seu presente, augurando-se um futuro igualmente glorioso.

Esta oferta ficou registada numa laje de mármore que se encontra a sul da Rosa dos Ventos, onde podemos ler a seguinte inscrição:

> *«Esta Rosa dos Ventos foi oferecida a Portugal pela União da África do Sul no V Centenário do Infante d. Henrique, cujo génio tornou possível a descoberta do Cabo da Boa Esperança (1960)»*

Dois anos mais tarde, o Padrão dos Descobrimentos era cedido pela Comissão Administrativa à Câmara Municipal de Lisboa (Ministério das Obras Públicas, 1962), passando a ser gerido pela EGEAC a partir de 2003.

2.2. Obras e intervenções anteriores

Desde a sua construção, a Rosa dos Ventos tem tido intervenções de manutenção regulares, que visaram a colagem ou substituição de elementos em destacamento ou em falta, removidos pelo desgaste causado pelas pessoas e veículos que por ali passam, bem como por ações de vandalismo e roubo.

Apesar de termos poucas referências a estes procedimentos antes dos anos 1990, sabemos que em 1983 o Padrão dos Descobrimentos se encontrava num estado de abandono grave (SIPA, 1983), o que deveria incluir a Rosa dos Ventos. Dois anos mais tarde, o Padrão passou a ser designado como Centro Cultural das Descobertas, tendo sofrido grandes obras de remodelação da autoria do arquiteto Fernando Ramalho (Padrão dos Descobrimentos, 2015).

Entre a documentação em posse da EGEAC, encontramos referências a várias empreitadas realizadas entre 1993 e 2019 no pavimento. Sendo a primeira a mais emblemática, por ter merecido uma lápide junto da referida anteriormente, comprovando que o governo da África do Sul voltava a desempenhar um papel na história deste elemento decorativo:

> *«Associando-se às comemorações da capital europeia da cultura a embaixada da África do Sul patrocinou o restauro da Rosa dos Ventos Lisboa 1994»*

Nestas intervenções, maioritariamente desempenhadas pela empresa Cruzeta, Lda., foram realizadas limpezas, a substituição dos blocos de pedra fraturados, o preenchimento dos sulcos existentes nos elementos decorativos com resinas e outros tipos de cola, misturadas com pigmento, com o objetivo de fortalecer estes elementos e lhes conferir a resistência necessária ao desgaste a que estão sujeitos diariamente. Antes destas intervenções já tinha havido outras, em que se substituíram alguns elementos pétreos por um xisto preto, que ainda se pode observar disseminado pela superfície.

Para além da intervenção de 1993, devem também destacar-se as de 2007 e 2014, por terem tido uma maior profundidade. Paralelamente a estas, têm sido realizadas operações de manutenção constantes, com o objetivo de se removerem sujidades diversas da superfície da pedra, bem como de se preencherem lacunas pontuais causadas pela degradação do pavimento ou por ações de roubo e vandalismo.

2.3. Descrição

Prevista desde os primeiros projetos da reconstrução do Padrão dos Descobrimentos, como vimos anteriormente, a Rosa dos Ventos projetada pelo arquiteto Luís Cristino da Silva atinge proporções monumentais com os seus 50 metros de diâmetro.

Num dos projetos existentes no espólio da Fundação Calouste Gulbenkian, podemos ver que no centro da Rosa dos Ventos estava previsto um círculo onde aparecia a representação do planisfério. No entanto, no projeto reproduzido numa publicação de 1960, já aparece neste espaço um círculo decorado com motivos vegetalistas, que enquadram um planisfério retangular, simulando um mapa aberto de 14 metros de comprimento, onde foram marcadas as principais rotas dos descobrimentos portugueses nos séculos XV e XVI, encontrando-se ali escritos os nomes dos locais mais importantes. A decorar a zona que representa o mar, há os mais diversos elementos, como outras rosas dos ventos, seres mitológicos, caravelas, naus, etc.

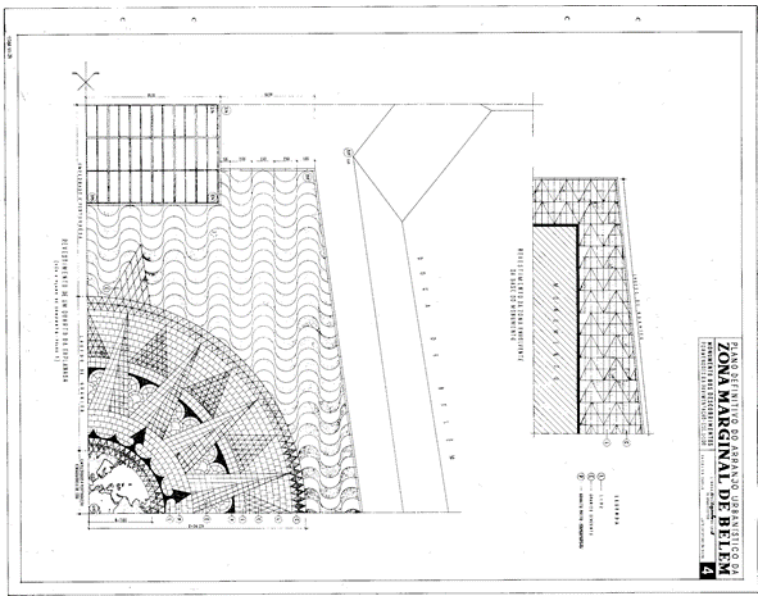


Figura 3 – Projeto da Rosa dos Ventos com a indicação de alguns materiais a utilizar (SILVA, 1956).
©Fundação Calouste Gulbenkian – Espólio de Cristino da Silva

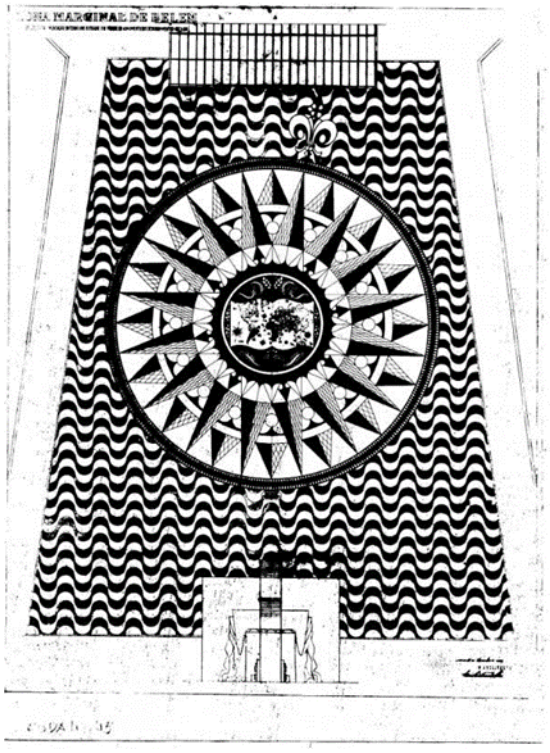


Figura 4 – Pormenor do projeto publicado em 1960 (Ministério das Obras Públicas, 1960)

©Fundação Calouste Gulbenkian – Espólio de Cristino da Silva

Apesar de executada com várias pedras ornamentais portuguesas, apenas encontramos a indicação de três no projeto original existente no Espólio de Cristino da Silva: o Lioz, o granito cinzento e o "Granito preto – n.º 18 do catálogo da Comp. Pedr. Portuense". No mesmo documento, referia -se a utilização de "Empedrado à portuguesa e mármores de cor" no planisfério (Plano Definitivo do arranjo urbanístico da zona marginal de Belém – Memória Descritiva, Lisboa, 25 de novembro de 1956).

Na obra final, que hoje podemos observar *in situ*, destacam-se os calcários e os mármores, como o Lioz, o Amarelo de Negrais, o Encarnadão, o Cinzento de Trigaches ou o Ruivina Escuro, o mármore branco, entre outros. Deve aqui ser ressalvado que algumas destas pedras podem ter sido adicionadas em restauros posteriores, não constando no conjunto original, como é o caso do xisto já referido. Este facto torna a identificação das variedades de pedras ornamentais complicada, acarretando um levantamento rigoroso total.

Para um melhor estudo deste elemento, deveria também ser realizada a identificação/caraterização petrográfica de todas as pedras que ali se encontram. Esta informação, para além de ser interessante e de trazer um valor acrescido ao monumento, é também essencial para o correto diagnóstico de alguns elementos, bem como para a realização de futuras intervenções de conservação e restauro.

Para a realização do processo sugerido, poderão ser usados os padrões petrográficos de rochas carbonatadas portugueses da coleção dos Museus de Geociências do Instituto Superior Técnico (Museu Alfredo Bensaúde e Museu Décio Thadeu), assim como a base de dados do LNEG (formato em papel e o catálogo digital).



Figuras 5 a 8 – Pormenores da Rosa dos Ventos
(©Alice Nogueira Alves, José Ferreira Morais e Miguel Gomes – fevereiro de 2019)

Em torno da Rosa dos Ventos foi executada uma composição em calçada portuguesa, com calcário vidraço branco e negro, com motivos estilizados de ondas do mar largas, muito típico da região de Lisboa.

Na base, encontramos as duas lápides já referidas, uma em calcário e outra em bronze.

2.4. Estado de conservação

De um ponto de vista geral, a Rosa dos Ventos encontra-se em bom estado de conservação, não se observando lacunas de dimensões consideráveis ou a degradação acentuada da maioria dos elementos pétreos que a compõem. No entanto, uma observação mais cuidada demonstra a existência de várias evidências de degradação que urge resolver.

A maioria dos problemas observados está relacionada com a passagem constante de pessoas por cima deste pavimento, mas, principalmente, devido à circulação de veículos como trotinetes, bicicletas, skates, etc., que continuam a ocorrer apesar da sinalização existente no local, que limita a zona apenas a acesso pedonal. Estes últimos fatores agravaram significativamente o estado de conservação da Rosa dos Ventos nos últimos anos.

Outros mecanismos de degradação relevantes para este elemento deverão estar relacionados com os fatores atmosféricos a que está diretamente exposto, como a luz solar, que chega a provocar um aquecimento considerável da superfície da pedra no período do verão, podendo contribuir para diversos processos de alteração. A exposição a ventos fortes e à chuva é também relevante, por incluir a abrasão que esta pode causar quando cai na sua superfície (processo especialmente danoso no caso do granizo). Devemos igualmente ter em conta a poluição e a presença de aerossóis marinhos na zona, bem como processos de alteração relacionados com a sua estrutura de sustentação, provavelmente constituída em betão armado.

Relativamente aos blocos pétreos, observamos vários sinais de degradação superficial, muitas vezes relacionados com aspetos intrínsecos dos mesmos, como é o caso dos calcários fossilíferos que ostentam alguma erosão diferencial. De um modo geral, há sinais de abrasão nas superfícies e muitas fissuras e fraturas, com alguns elementos em destacamento. Existem ainda muitas lacunas, que se encontram vazias ou que já foram preenchidas com novos elementos pétreos, argamassas ou resinas. Muitas juntas vazias estão preenchidas por terra e apresentam indícios de colonização biológica.

3. PROPOSTA DE VALORIZAÇÃO

Além de ser uma grande atração turística, a Rosa dos Ventos é um elemento arquitetónico de grande valia cultural e, juntamente com o Padrão dos Descobrimentos, deveria ser proposta a sua classificação como monumento nacional. Este facto explica-se pela sua localização na zona monumental de Belém, no âmbito da qual se encontram legalmente protegidos, mas também pelas suas valias histórica e artística.

No entanto, o facto de se localizar num sítio de passagem, tem contribuído significativamente para a sua degradação, cujas várias intervenções de restauro já realizadas não são suficientes para suster.

Este processo tem sido desacelerado pela EGEAC, que através da equipa responsável pela gestão do Padrão dos Descobrimentos, tem tentado implementar medidas de proteção, como a vigilância no local com apoio policial. No entanto, a dimensão do local e a sua exposição permanente, dificultam que este tipo de procedimento tenha resultados efetivos. Por essa razão, o problema tem vindo a agravar-se, principalmente devido aos veículos que passam com cada vez mais frequência por cima da sua superfície, resultado da facilidade com que se alugam este tipo de equipamentos nas proximidades. Para chamar a atenção dos habitantes da cidade e dos turistas, nas Jornadas Europeias do Património de 2019, foi realizada uma ação de sensibilização, cobrindo-se a Rosa dos Ventos com uma lona preta (LINO, 2019).

Atualmente, está a ser avaliada a colocação de vários tipos de barreiras, que não alterem a perceção visual do conjunto, mas que também não constituam impedimento de acesso a visitantes com questões de acessibilidades mais dificultadas.

3.1. Estratégias para a preservação da Rosa dos Ventos – Como envolver o público na valorização do chão por baixo dos seus pés

Apesar do maravilhamento que os turistas demonstram por este pavimento, procurando os seus países e apreciando os muitos pormenores decorativos que ali se encontram, dificilmente se apercebem da sua fragilidade física. Por essa razão, torna-se fundamental procurar por novas soluções criativas que envolvam o público na preservação deste símbolo identitário de Portugal e do mundo.

Com o objetivo de se valorizar esta Rosa Dos Ventos tão esquecida pela cidade, considera-se que seria vantajoso desenvolver um projeto transdisciplinar, conforme a proposta agora apresentada, que, para além da sua contextualização histórica/artística, complementada pela identificação dos elementos pétreos presentes, pretende propor a criação de uma aplicação de Realidade Aumentada que poderá ser disponibilizada no próprio local, acessível através dos dispositivos móveis do próprio público.

Esta inovação tecnológica permite, através de um dispositivo móvel equipado com câmara fotográfica sobrepor à imagem real informações virtuais que podem ser usadas para complementar as disponíveis no próprio local.

Como base para a realização do projeto aqui apresentado, é necessário realizar-se a vectorização dos ficheiros das plantas originais do arquiteto Cristino da Silva, existentes no arquivo da Fundação Calouste Gulbenkian, no programa Autocad2019® (Autodesk), convertendo-se as imagens *raster*, que são compostas por *pixels* num formato *JPEG,* num ficheiro vetorial *DWG*. Este ficheiro não é composto por blocos de cores diferentes (*pixels*), mas por coordenadas X, Y, Z, o que facilita o seu tratamento nos programas de desenho assistido por computador.

Esta conversão das imagens é feita através da conjugação de dois procedimentos: a conversão num *software online* do ficheiro *JPEG* em *DWG* e a inserção à escala da imagem (*raster*) como referência externa na área de trabalho do Autocad2019®, servindo de base para os dados obtidos.

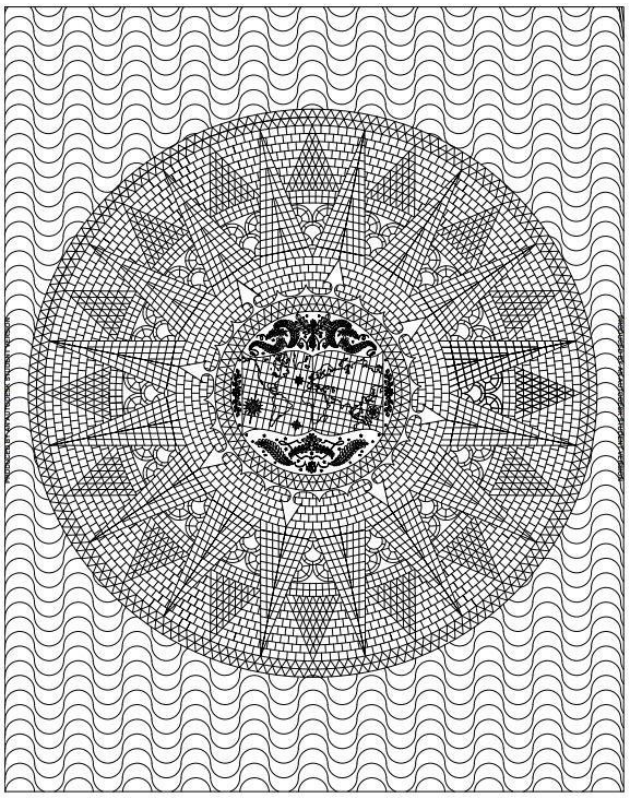


Figura 9 – Vectorização dos ficheiros das plantas originais do arquiteto Cristino da Silva
(©Miguel Gomes – janeiro de 2019)

O ficheiro *DWG* é depois exportado para o Revit2019® (Autodesk) para se elaborar o modelo tridimensional, transformando o desenho vetorial em paramétrico, através da conversão dos elementos geométricos, linhas, pontos, curvas, etc., em objetos que, através de diferentes parâmetros, são capazes de conter informação gráfica, não gráfica e documental. A sua alteração pode ser realizada de modo muito facilitado através do BIM.

Este método, o BIM – Building Information Model, é ideal para um projeto desta natureza, por ter como objetivo inicial a gestão eficaz de toda a informação do ciclo de vida de um edifício, desde a sua conceção até à sua demolição ou adaptação. Esta eficácia da gestão do edifício é conseguida através da combinação de vários procedimentos e tecnologias, centrando toda a informação num modelo tridimensional multidisciplinar, em que os diferentes especialistas podem intervir simultaneamente. A sua grande eficácia e adaptabilidade, tornou-o numa ferramenta aplicável em várias áreas, como na do património edificado, com contribuições para a gestão, em intervenções de conservação e restauro ou em projeto, entre outros aspetos. Esta potencialidade deve-se à capacidade do BIM em incorporar, gerir e modificar uma grande quantidade de informação diferente num só objeto de modelo tridimensional (uma porta, um vidro, uma pedra, mosaico, etc.), acabando por servir como uma espécie de repositório de informação.

> «*BIM is beginning to change the way buildings look, the way they function, and the ways in which they are built.*» (Eastman, Teicholz, Sacks, Listonteve, 2008, p. vii)

Em seguida deverá ser realizada a fotogrametria, um levantamento fotográfico que determina a localização tridimensional dos objetos e que permite a criação de um modelo 3D, através da sua conversão no Recap® (Autodesk). Este levantamento é feito com câmaras de alta definição acopladas em *drones* e com georreferenciação, para o *software* poder construir o modelo tridimensional, fundamental para a criação de uma aplicação em Realidade Aumentada. Ficariam assim disponíveis diversos parâmetros sobre cada bloco pétreo, incluindo a sua georreferenciação, a fotografia, identificação geral do material pétreo, a sua datação geológica, a composição química e mineral, a origem da pedreira, bem como uma ligação direta para o site do LNEG – http://rop.lneg.pt/rop/.

Com esta informação disponível no local, o público poderá apontar o seu dispositivo a um determinado bloco pétreo, e saber que tipo de pedra está a observar, as suas caraterísticas químicas, mineralógicas e geológicas e a pedreira de origem, entre outros aspetos considerados relevantes.

Para além desta informação, esta aplicação poderia também ser usada para a disponibilização de mais informação, como as rotas marítimas e a sua contextualização geográfica e histórica, ou mesmo para a disponibilização de um jogo didático, seguindo uma prática relacionada com o *gamming* que está a começar a ser adotada em várias instituições culturais por todo o mundo, como museus e monumentos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Que o estudo de um monumento contribui grandemente para a sua valorização, é algo que sabemos e comprovámos há mais de dois séculos. No entanto, perceber como adaptar e transmitir a informação que recolhemos a um público cada vez mais alargado tem-se demonstrado um problema difícil de resolver.

Neste âmbito, têm sido estudadas várias estratégias de comunicação, para se definirem diferentes tipos de linguagem (e metalinguagem) que permitem a transmissão de uma mensagem de forma cara e adaptada à diversidade dos tipos de pessoas que visitam diariamente os museus e monumentos.

A busca de novos públicos e a vontade de ampliação do escopo de cada lugar, levou à adoção de novas ferramentas tecnológicas, não só como meio de atração, mas também como forma de se fornecer esta informação que acaba por valorizar os objetos e lugares, explicando o seu enquadramento histórico-cultural.

Neste contexto, a utilização de novas tecnologias é fundamental para garantir o envolvimento dos públicos em questões de valorização patrimonial, permitindo um novo meio de acesso e de disponibilização de informação, adaptado à realidade em que se vive neste momento. E, ao contrário do que se possa pensar, serve de ferramenta não só para as novas gerações, mas para um público bem mais alargado, que cada vez mais utiliza este tipo de equipamentos e aplicações.

Com esta proposta, espera-se contribuir para o desenvolvimento de novas atitudes de respeito para com a Rosa dos Ventos, e a promoção de uma reflexão transdisciplinar sobre a preservação deste símbolo cultural da cidade de Lisboa.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo agradecem à Biblioteca da Fundação Calouste Gulbenkian a cedência das plantas em formato JPEG referidas no artigo.

REFERÊNCIAS

ALVES, Alice Nogueira; MARIZ, Vera, 2017 – **O Padrão dos Descobrimentos como «Imagem de Marca» do Estado Novo**. *Genius Loci: Lugares e Significados Places and Meanings*. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto /CITEM, pp. 473-484.

Diário de Notícias, 5 de agosto de 1960 – **A África do Sul e o Infante**.

EASTMAN, Teicholz; SACKS, Listonteve, 2008 – **BIM Handbook. A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

ELIAS, Helena, 2004 – **A emergência de um espaço de representação: arte pública e transformações urbanas na zona ribeirinha de Belém**. *On the w@terfront*. n.º 6, pp. 43-135. http://revistes.ub.edu/index.php/waterfront/article/view/18951/21411, consultado a 23 de fevereiro de 2019.

Jornal do Comércio, 13 de agosto de 2019.

Jornal do Comércio, 13/14 de agosto de 1960 – **A Rosa dos Ventos oferecida pela União da África do Sul**.

LINO, Filipa, 2019 – **A Rosa dos Ventos está em Risco**. *Jornal de Negócios*. 27 de setembro de 2019. https://www.jornaldenegocios.pt/economia/detalhe/a-rosa-dos-ventos-esta-em-risco, consultado a 3 de janeiro de 2020.

Ministério das Obras Públicas – **Auto de entrega e cessão simultânea**, 30 de Maio de 1962.

Ministério das Obras Públicas, 1960 – **O Padrão dos Descobrimentos, Belém**. Lisboa: Comissão Administrativa do Plano de Obras da Praça do Império.

Padrão dos Descobrimentos, disponível em http://www.padraodosdescobrimentos.pt/monumento/, consultado a 21 de outubro de 2015

SILVA, Cristino da, 1956 – **Plano Definitivo do arranjo urbanístico da zona marginal de Belém – Memória descritiva**. Espólio Cristino da Silva. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 25 de novembro de 1956.

SIPA – Sistema de Informação para o Património Arquitectónico, 1983 – **Documentação textual sobre o Padrão dos Descobrimentos.** peça 59 **(**SIPA TXT.01452453), 7 de Novembro de 1983, disponível em : ttp://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPAArchives.aspx?id=092910cf-8eaa-4aa2-96d9-994cc361eaf1&nipa=IPA.00009750 , consultado a 21 de outubro de 2015.

REABILITAÇÃO DO PALÁCIO FOZ

REHABILITATION OF FOZ PALACE



Sónia Rapaz

Presidência do Conselho de Ministros, Portugal, sonia.rapaz@gmail.com

RESUMO

A Secretaria-Geral da Presidência do Conselho de Ministros, enquanto entidade responsável pela administração das instalações do Palácio Foz, elaborou um plano de intervenção que prevê ações de reabilitação das coberturas, de conservação e restauro nas áreas nobres, e intervenção no edificado, onde várias áreas de serviços têm condições de funcionamento pouco satisfatórias e, ainda, com as fachadas do edifício em mau estado de conservação.

Após a compreensão dos fatores envolvidos e perante o estado de deterioração de cada elemento definiram-se planos de ação programados com parceiros, com o fim de servir um programa múltiplo que tem como objetivo principal estreitar a uma arquitetura próxima da pré-existência estrutural apoiada essencialmente na vertente da conservação.

As ações de reabilitação das coberturas incidem na manutenção e conservação, incluindo o reforço, reparação e tratamento das estruturas de madeira e metálica; restauro dos vãos exteriores; reabilitação do sistema de águas residuais e substituição de telhas.

A intervenção nas salas nobres incide no restauro dos vãos e de pavimentos, tendo sido estabelecidas metodologias de ação hierarquizadas por prioridades dos elementos decorativos.

A intervenção no edificado conflui em três momentos: um de maior intervenção arquitetónica nos espaços de funcionamento de serviços, com a modernização de infraestruturas técnicas e a reabilitação de espaços; um segundo, com a manutenção e conservação de espaços isolados; e um terceiro, comum a todo o edificado, consubstanciado numa intervenção de manutenção e de conservação de todas as fachadas, a qual contempla a substituição de vãos exteriores.

Esta comunicação pretende refletir sobre o contexto da intervenção, para que, ao introduzir componentes que tendem a otimizar a funcionalidade e a habitabilidade do edifício, não venha a desvirtuar as suas principais caraterísticas originais

Palavras-chave: Reabilitação / Recuperação / Conservação / Edifício de Século XVIII / Palácio Foz

1. INTRODUÇÃO

A presente comunicação tem por objetivo apresentar o plano de intervenção delineado para a reabilitação do Palácio Foz.

Após uma avaliação genérica do estado de conservação do imóvel, no qual se envolveu o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em diferentes áreas de atuação, e a definição de um programa de ocupação, propusemos o planeamento para a realização das obras de conservação do imóvel.

Para o efeito elaborámos um relatório prévio com a descrição genérica dos trabalhos a desenvolver, cujo conteúdo, submetido à Direção-Geral do Património Cultural, conforme obrigatoriedade legal, obteve parecer favorável.

O Palácio Foz, ou Palácio de Castelo Melhor, como também é conhecido, é um imóvel de referência da cidade de Lisboa. A sua relevância é reconhecida devido ao seu inegável valor patrimonial, cultural, simbólico e de utilidade pública.

Neste sentido, a ação da Secretaria-Geral da Presidência do Conselho de Ministros, enquanto entidade responsável pela gestão do Palácio Foz, pretende a maximização da vida útil do edifício através de uma intervenção integrada, respeitando tanto quanto possível a autenticidade original ou as soluções adotadas em anteriores intervenções, caso as mesmas não tenham degradado de forma substancial a imagem ou funcionamento do edificado, e respeitando os materiais existentes.

2. ENQUADRAMENTO

A Secretaria-Geral da Presidência do Conselho de Ministros (SGPCM), por Decreto-Lei n.º 24/2015, de 2015-02-06, passou a assegurar a administração global das instalações do Palácio Foz[1]. À SGPCM compete assegurar a realização de obras de manutenção e conservação gerais necessárias para prevenir a deterioração do edifício e autorizar e supervisionar as obras de manutenção nos espaços afetos em permanência a determinada entidade ou organismo público[2].

O Palácio Foz, localizado na Praça dos Restauradores n.º 25-45, freguesia Santa Maria Maior, em Lisboa, está classificado como Imóvel de Interesse Público por Decreto n.º 516/71 de 22 de novembro[3]. Encontra-se em Zona Especial de Proteção do Ascensor da Glória e meio urbano que o envolve, classificado como monumento nacional pelo Decreto n.º 31-F/2012 de 31 de dezembro. Está ainda abrangido pela Zona Especial de Proteção da Avenida da Liberdade e área envolvente[4], classificada como Conjunto de Interesse Público pela Portaria n.º 385/2013 de 18 de junho[5].

[1] Alínea u) do ponto 3 do artigo 4º e artigo 11º do Decreto-Lei n.º 24/2015, de 6 de fevereiro de 2015, publicado em Diário da República n.º 26, Série I, de 6 de fevereiro de 2015.

[2] Artigo 4º da Portaria n.º 337/2015, de 2015-10-07, publicado em Diário da República n.º 196, Série I, de 7 de outubro de 2015.

[3] Publicado em Diário do Governo n.º 274, 1.ª Série, de 22 de novembro de 1971.

[4] Portaria n.º 529/96, publicada em Diário da República n.º 228, I Série-B de 1 de outubro de 1996.

[5] Publicado em Diário da República n.º 115, 2.ª Série, de 18 de junho de 2013.

3. PALÁCIO FOZ

3.1. Enquadramento urbanístico

O edifício localiza-se na Praça dos Restauradores n.º 25-45, freguesia Santa Maria Maior, concelho e distrito de Lisboa.

Trata-se de uma zona consolidada da cidade de Lisboa, com domínio do setor terciário e serviços e em que grande parte dos edifícios tem sido objeto de intervenção, nalguns casos com alteração de uso.

A zona encontra-se servida por transportes públicos, mas devido ao desenho urbano, assume-se como eixo central na circulação da zona da baixa de lisboa e, também enquanto centro histórico, portanto, saturada de tráfego rodoviário.

3.2. Apontamento histórico

A área territorial onde hoje subsiste o Palácio Foz foi em tempos um palácio dos condes e marqueses de Castelo Melhor que, com o terramoto de 1 de novembro de 1755, praticamente se desmoronou. Foram iniciadas obras para a construção de um novo palácio, que teriam tido início em 1777 e cuja a autoria do projeto se desconhece (Vale, 1999). Posteriormente as obras foram entregues ao arquiteto italiano Francisco Xavier Fabri (1761-1807). A data da conclusão das obras terá sido no ano de 1858 (Vale, 1999).

Em 1887 o edifício foi vendido ao Marquês de Foz que desencadeou uma campanha de transformação do edifício. A obra de arquitetura foi entregue a José António Gaspar (1842-1909) e as intervenções no interior estiveram a cargo de cenógrafos como Luigi Manini (1848-1936) e António Baeta; José Malhoa (1855-1933) com intervenção em tetos e sobreportas; Columbano Bordalo Pinheiro (1857-1929) com intervenção na sala dos espelhos; Simões de Almeida com esculturas; Leandro Braga (Vale, 1999) em carpintaria e talha; ou Domingos Meira em estuques, entre outros nomes de artistas de referência nacional[6].

Em 1908 o edifício estava hipotecado ao Crédito Predial.

Em 1910 o edifício foi comprado pelo primeiro conde de Sucena, José Rodrigues de Sucena, que arrendou parcelarmente as dependências a vários inquilinos, com a instalação no piso térreo de um número considerável de estabelecimentos comerciais (Gandra, 1999).

Em 1939 o edifício foi novamente hipotecado à Caixa Geral de Depósitos, que por sua vez o vendeu ao Estado um ano mais tarde.

A partir de 1944 o edifício beneficiou de grandes obras de restauro e construção de um corpo novo sob orientação da Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN), cuja empreitada ficou a cargo do arquiteto Luís Benavente (1902-1992)[7], que implicou "um plano de demolições, restauros e construção nova, com o fim de servir um programa múltiplo que incluía as instalações para o então SNI (Secretariado de Propaganda Nacional, depois Informação e Turismo, no corpo principal), para a Inspecção Geral dos Espetáculos e para os serviços de censura"(Fernandes, 1999).

Em 1950 o Palácio Foz estava afeto ao Ministério da Presidência do Conselho e sofreu obras de restauro profundas sob a orientação da DGEMN/ Direcção Regional dos Edifícios de Lisboa.

Em 1974 com a extinção do Secretariado Nacional de Informação e Cultura Popular, instalando-se

[6] Consultado em 10 de dezembro de 2018 – http://monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=6527.

[7] Participou como delegado de Portugal na comissão nacional que elaborou a Carta de Veneza de 1964, documento sobre a conservação e restauro do património.

sucessivamente, no local, o Instituto da Comunicação Social, Inspecção-Geral das Actividades Culturais, Sala de Imprensa de Jornalistas Estrangeiros, Gabinete da Alta Comissária para a Igualdade e Família, Turismo, Comissão da Carteira Profissional de Jornalistas, Biblioteca e Fototeca, Posto de Turismo da PSP e Refeitório dos Serviços Sociais da Presidência do Conselho de Ministros.

Entre 1993 e 1997 o Palácio Foz foi intervencionado permanentemente em trabalhos de conservação e restauro, tendo contemplado a remodelação das redes elétricas, telecomunicações, climatização, deteção de incêndios, das redes prediais de abastecimento de água e de águas residuais e, "a revisão geral do telhado, a remodelação e restauro da quase totalidade dos espaços interiores e, (…) remodelação das fachadas (…) que compreende a substituição de rebocos e limpeza das cantarias" (Cerdeira, Pinto, Cortesão, 1999) e, em 1999 foi construído um refeitório para os Serviços Sociais da Presidência do Conselho de Ministros.

Em 2015 com a extinção do Gabinete para os Meios de Comunicação Social (GMCS), a Secretaria-Geral da Presidência do Conselho de Ministros (SGPCM) herdou alguma das suas atribuições, com a reafectação de, entre outros, bens móveis e imóveis, acervo museológico, documental e arquivístico e o Palácio Foz[8].

3.3. Descrição arquitetónica

O Palácio Foz desenvolve-se em vários edifícios, cujas construções remontam a diferentes épocas, numa área territorial bem delimitada (Figura 1).



Figura 1 – Delimitação do Palácio Foz

O corpo principal constituído pelo edifício virado para a Praça dos Restauradores, datado do século XVII, possui planta em U e abraça um pátio para um pequeno jardim na fachada posterior. Um segundo edifício, construído nos meados do seculo XX, posiciona-se nos jardins, a tardoz, abraçando também em "U" um segundo jardim. Um terceiro edifício surge como reaproveitamento de um espaço existente nas traseiras.

A fachada este do edifício principal é clássica, simétrica, dividida por vários planos, por duas ordens de pilastras, com remate em balaustrada, que corre todo o edifício. Está ornamentada com pináculos interrompidos, nos panos extremos por remates em frontões triangulares com acrotérios de escultura figurativa. A fachada evolui em dois desenhos. O inferior, constituído pelos pisos térreo e 1, encontra-se revestida a silharia fendida com vários vãos retilíneos. O superior, composto pelo piso 2, integra janelas de sacada, com guardas balaustradas ou

[8] Artigos 8.º, 11.º e 13.º do Decreto-Lei n.º 24/2015, de 6 de fevereiro de 2015, publicado em Diário da República n.º 26/2015, Série I de 6 de fevereiro de 2015.

em ferro forjado. Apresenta ainda superiormente mansarda com vãos de janelas com guardas balaustradas no seu perímetro. As fachadas laterais seguem o mesmo esquema, mas sem guardas balaustradas, com destaque para a fachada norte que acompanha o acentuado declive do terreno. A fachada oeste de dois pisos abre para um jardim formal, protegido pelos braços do U, composta por cinco panos simétricos, com dois pisos, forma no piso superior janelas de sacada corrida, e no piso inferior, no pano central forma um ressalto com barriga central onde se rasga uma porta em arco abatido e, nos panos laterais, terraços com guarda em ferro forjado. Este edifício interliga nos braços em U a um segundo edifício, de construção semelhante, onde funciona atualmente o museu do desporto (Figura 2).



Figura 2 – Fachada este do edifício principal [fachada principal]

A fachada este do edifício implantado nos jardins (Figura 3) segue, à semelhança do edifício principal, linhas simétricas, dividida por vários planos, por pilastras, em todo o edificado. Evolui num único desenho que acompanha o corpo lateral sul e o corpo central, com dois pisos. O corpo lateral norte acompanha o braço em U do edifício principal, dando continuidade à fachada norte e ao declive acentuado da rua, destacando-se na altimetria, com três pisos acima da cota do jardim (incluindo área de mansarda). A fachada oeste desenvolve-se num único piso, com continuidade para a fachada lateral, a sul.



Figura 3 – Fachada este do edifício localizado nos jardins [fachada principal]

Um outro edifício, onde funciona atualmente o refeitório dos Serviços Sociais da Administração Pública (SSAP), encostado ao muro confinante, em parte, com a estação de comboios do Rossio, apresenta uma única fachada de linhas direitas, de um piso com grandes envidraçados (Figura 4).



Figura 4 – Fachada do edifício do refeitório

As coberturas do edifício principal são diferenciadas, são inclinadas, com o recurso ao telhado alteado de mansarda, com cobertura em ardósia e telha patinada do tipo lusa, integrando trapeiras de madeira, com estrutura de madeira ou metálica. Apresentam ainda águas-furtadas, iluminadas por janelas retilíneas rematadas por frontão semicircular.

As coberturas da ala central do edifício do jardim (museu do desporto) e do edifício lateral direito (ala norte) são inclinadas, também com telhado alterado em mansarda e cobertura em ardósia, possuem telha lusa vidrada; enquanto a cobertura da ala sul apresenta-se com telha lusa patinada. As águas furtadas prevalecem em todas as coberturas, com alteração na tipologia de janelas que, no caso da ala norte apresenta janelas retilíneas com arcos de volta perfeita e, restante cobertura por janelas retilíneas rematadas por frontão semicircular, idêntico à cobertura do edifício principal.

O interior do edifício principal possui salas com grande relevância no âmbito da arquitetura e das artes decorativas, no piso 1 ou andar nobre, voltadas à Praça dos Restauradores. Neste edifício coabitam entidades distintas que ocupam espaços com paredes rebocadas e pintadas, com tetos de estuque, alguns com filetes dourados, compreendendo em alguns espaços claraboias e, pavimentos em madeira, parquet, pedra natural ou tijolo de vidro.

Os espaços do interior do Museu do Desporto apresentam genericamente paredes rebocadas e pintadas, com tetos em estuque com encerramento, em alguns espaços, de claraboias.

O Palácio Foz constitui-se de uma diversidade de materiais e sistemas estruturais existentes, como paredes portantes, estrutura em alvenaria de calcário e betão, rebocada e pintada, tabiques, estruturas metálicas; pilastras, colunas, balaustradas, sacadas, cornijas, frontões; pavimentos interiores em mármore e madeira; tetos em estuque, betão, madeira e com vigas de ferro; portas, lambris, filetes; guardas em ferro fundido, forjado ou em bronze; coberturas em telhas cerâmicas patinadas e vidradas, revestido nas zonas laterais em ardósia; cobertura das mansardas em chapa de zinco; algerozes em zinco.

3.4. Ações a realizar

Após a compreensão de todos os fatores envolvidos e perante o estado de deterioração de cada elemento sugere-se uma definição de planos de ações programados e com parceiros, com o fim de servir um programa múltiplo que tem como principal objetivo estreitar a uma arquitetura próxima da pré-existência estrutural apoiada essencialmente na vertente da conservação.

Cada edifício no Palácio Foz é constituído por um conjunto diverso de materiais e estruturas, com variados

posicionamento e funções, resultado de uma determinada época ou de uma mera necessidade prática, estando ligados às técnicas e aos materiais usados antigamente. O processo de degradação é único em cada edifício, mesmo que os materiais sejam semelhantes de edifício para edifício, pelo que será necessário o estudo de cada situação em particular (Figura 5).

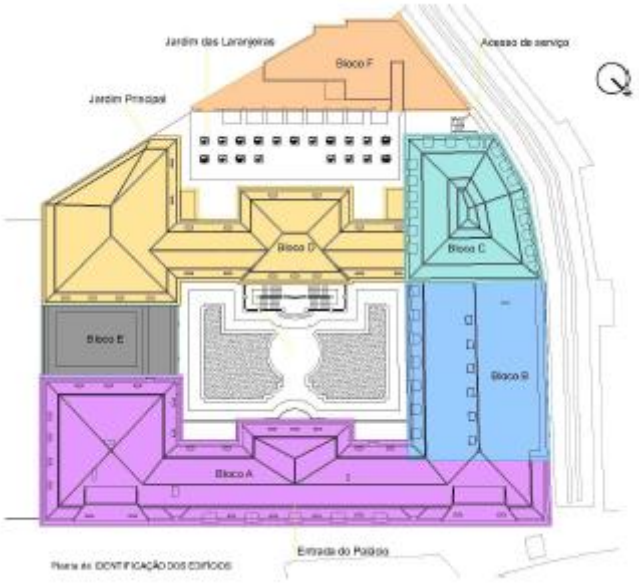


Figura 5 – Identificação dos edifícios

No contexto da intervenção pretende-se intervir no edifício de forma integrada, respeitando tanto quanto possível a autenticidade original ou as soluções adotadas em anteriores intervenções, caso as mesmas não tenham degradado de forma substancial a imagem ou funcionamento do edificado, e respeitando os materiais existentes. A análise das características morfológicas do espaço da intervenção e a identificação dos elementos deteriorados ou obsoletos para fazer face aos requisitos básicos para o uso a que se destina, levou-nos a estabelecer três fases para a intervenção:

Fase 1: Manutenção e conservação das coberturas, incluindo o reforço da sua estrutura, restauro de vãos e intervenção no sistema de águas residuais pluviais.

Nesta fase o LNEC, no âmbito das suas competências, realizou uma avaliação do estado de conservação das estruturas de cobertura e elaborou recomendações quanto às intervenções a promover. As recomendações tiveram como objetivo o de repor as condições de durabilidade e de funcionamento original das estruturas, à data da sua construção, não incluindo por isso a verificação das exigências regulamentares de segurança existentes na atualidade.

As estruturas da cobertura do Palácio Foz estão divididas em duas áreas: M – estruturas de suporte de madeira e A – estruturas de suporte metálica (Figura 6). No que respeita às estruturas de suporte de madeira as principais anomalias detetadas foram as manchas de humidade relacionadas com a degradação do telhado e dos tubos de queda das águas pluviais; elementos destruídos por podridão e por térmitas; fendas, desligamento parcial com abatimento. Nas inspeções das estruturas metálicas não foram observados indícios de deficiente comportamento estrutural, apesar de existir corrosão superficial de alguns elementos metálicos resultante de humidades elevadas junto à cobertura. Para cada área de inspeção o LNEC apresentou recomendações corretivas para repor as condições de segurança e de durabilidade das estruturas observadas.

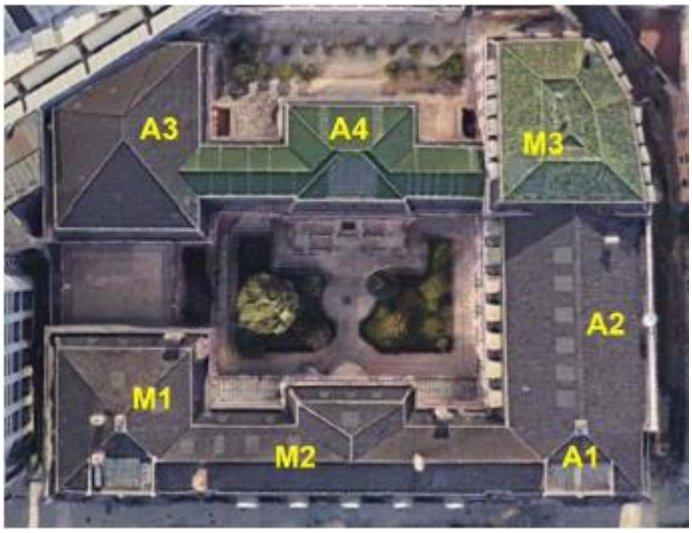


Figura 6 – Localização das áreas de cobertura inspecionadas

Os trabalhos a realizar nesta fase consistem na execução de projeto de reabilitação das coberturas do Palácio Foz – edifício principal, corpos adossados, edifício do jardim e anexo. Para além da montagem do estaleiro, das plataformas de acesso e montagem de uma cobertura provisória, pretende-se a execução de levantamento e desmonte dos elementos integrantes da cobertura; reparação e tratamento das estruturas de madeira e metálica; alargamento, correção de pendentes e caleiras; reabilitação do sistema de águas residuais pluviais; trabalhos de recuperação de beirados; assentamento de telhado; recuperação e/ou execução com aplicação de peças em zinco; reabilitação, reconstrução ou consolidação de elementos salientes; restauro de janelas e portas exteriores; limpeza; substituição de elementos deteriorados; remoção de elementos ou estruturas obsoletas; instalação de dissuasor de pombos e gaivotas.

Fase 2: Manutenção, conservação, revisão e adaptação de rede predial de águas residuais domésticas, da instalação elétrica, do sistema de iluminação, do sistema de AVAC e ventilação, da rede estruturada e adaptação dos espaços interiores dos Blocos B e C; minimização das barreiras arquitetónicas de acesso ao imóvel e de circulação interna; manutenção e conservação das fachadas; reabilitação de terraços e saguões; e, melhoramentos na segurança contra incêndio no edifício.

Nesta fase contámos também com a colaboração LNEC na avaliação do estado de conservação da caixilharia exterior e estudo das condições acústicas, de iluminação e de conforto térmico do Palácio Foz.

A Direção-Geral do Património Cultural (DGPC) e da Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC), acompanharam o desenvolvimento dos projetos, contando com o apoio especializado do corpo técnico, no âmbito da preparação da intervenção.

A intervenção consiste principalmente na recuperação dos espaços interiores dos Blocos B e C, com intervenção em áreas técnicas, de modo a obter níveis de desempenho superiores aos existentes, nomeadamente no que respeita à eficiência térmica e consumos de água e de eletricidade. Num primeiro momento, será restrita ao espaço interior, nomeadamente, paredes, tetos e pavimentos como forma de garantir uma eficiente e adequada recuperação ao nível da construção civil, procedendo a reparações o mais possível deixando para última hipótese a substituição de qualquer elemento. A intervenção nas infraestruturas deverá seguir os traçados existentes, pois na última grande intervenção realizada foi tido em consideração o dimensionamento das passagens para eventuais alterações ou possíveis ampliações das redes. Num segundo momento, os trabalhos consistem na recuperação das fachadas exteriores com a recuperação dos rebocos, constituídos por argamassas de cal aérea; pintura de fachadas; limpeza de cantarias; substituição de janelas para garantir um melhor conforto térmico e

acústico apenas em áreas restritas e devidamente identificadas; e, arranjo dos jardins. O terceiro momento, consiste numa intervenção ao nível da segurança contra incendio de forma a melhorar o sistema.

Com esta intervenção pretende-se que o edifício mantenha a transferência temporal que está intimamente relacionada com a sua história, acrescentando-lhe adaptações funcionais e condições de uso ajustadas ao objeto arquitetónico e aos padrões e exigências programáticas a definir pela SGPCM.

Neste quadro considerámos indispensável estabelecer metodologias de ação hierarquizada por prioridades, com a colaboração da DGPC, de forma a proteger, preservar e valorizar o património, com o dever de articular as técnicas e materiais modernos com os processos tradicionais.

Fase 3: Intervenção de conservação e restauro dos elementos decorativos no interior do edifício principal, Bloco A – estuques decorativos, pintura decorativa sobre estuque e tela, revestimentos de madeira, vãos interiores, vãos exteriores, pavimentos de madeira, revestimentos com têxteis e lustres.

Para a concretização desta fase foram antecipadamente identificadas, mapeadas as zonas de intervenção e descritas as diferentes áreas de intervenção, efetuado o diagnóstico e definidas as metodologias a adotar nas intervenções de conservação e restauro. Também nesta fase a DGPC teve um papel importante ao pronunciar-se sobre as propostas de conservação e restauro a realizar.

Face às ações a realizar, nas várias fases, procedemos ao levantamento rigoroso dos trabalhos com metodologias estabelecidas para uma eficaz e adequada intervenção.

4. CONCLUSÕES

A intervenção introduz melhoramentos que permitam otimizar a funcionalidade do Palácio Foz sem desvirtuar as suas principais caraterísticas originais.

A colaboração de entidades públicas com a competência especificamente vocacionadas para a gestão do património arquitetónico e cultural foi certamente um fator decisivo para o sucesso na preparação da intervenção, quer na escolha das soluções técnicas a adotar, quer na eficácia técnica/económica da intervenção ou ainda na gestão e valorização do património. Pelo que será importante garantir a colaboração permanente e efetiva no âmbito do procedimento e na realização das obras de recuperação do Palácio Foz.

A intervenção programaticamente definida deverá pautar-se por dois caminhos de intervenção: a empreitada geral de conservação dos edifícios e a recuperação de elementos decorativos que ornamentam o interior do palácio, tarefa que se revela de grande delicadeza face à fragilidade dos materiais que, deverá ser objeto de uma empreitada especifica, executada por técnicos de conservação e restauro.

REFERÊNCIAS

CERDEIRA, António; PINTO, João Manuel Bessa e CORTESÃO, Luísa, 1999 – **Intervenções recentes da Direcção-Geral dos edifícios e Monumentos Nacionais**. *Monumentos n.º 11*. Lisboa: Direção Geral de Edifícios e Monumentos Nacionais.

FERNANDES, José Manuel, 1999 – **Luís Benavente e o Palácio Foz**. *Monumentos n.º 11*. Lisboa: Direção Geral de Edifícios e Monumentos Nacionais.

GANDRA, Manuel J., 1999 – **A abadia**. *Monumentos n.º 11*. Lisboa: Direção Geral de Edifícios e Monumentos Nacionais.

VALE, Teresa Leonor M., 1999 – **Da sumptuosidade e da ostentação. Os interiores do palácio dos marqueses da Foz nos últimos anos de oitocentos**. *Monumentos n.º 11*. Lisboa: Direção Geral de Edifícios e Monumentos Nacionais.

OS CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS

BUILDING MAINTENANCE COSTS



Sónia Raposo

LNEC, Portugal, sraposo@lnec.pt

RESUMO

Os custos de manutenção dos edifícios estão relacionados com as várias opções tecnológicas adotadas durante as fases de conceção e de projeto. Em edifícios submetidos a taxas de utilização elevadas, como é o caso das escolas ou dos hospitais, é na fase de projeto que devem ser tidos em conta os aspetos de manutenção dos materiais aplicados, nomeadamente através da incorporação de materiais duráveis e que exijam pouca ou nenhum tipo de manutenção. Outros fatores com impacte direto nos custos de manutenção referem-se à idade média de construção dos edifícios, áreas dos estabelecimentos, taxas de ocupação, desenvolvimento em altura e variações dos índices de preços.

As verbas anuais destinadas à manutenção de um parque edificado podem estar compreendidas, de acordo com diversos autores, entre um valor mínimo de 1% e um valor máximo de 3.5% do respetivo custo de construção ou de substituição: intervalo de 1%-2% (NBR 5674, 1999), 3.5% (Shen *et al*., 1998) e 3% (Cotts *et al*., 2010), para edifícios em geral, e 2.2% (Shohet, 2006) para edifícios hospitalares.

Neste artigo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre as metodologias de estimação de custos de manutenção para diferentes tipos de edifícios. O artigo termina com diversas conclusões e recomendações para a adoção de práticas que permitam a realização das estimativas gerais dos custos das obras tomando em conta, não só os encargos mais significativos com a sua realização, mas também os encargos associados à sua correta manutenção.

Palavras-chave: Custos / Manutenção / Edifícios / Modelos de Estimação / Gestão

1. INTRODUÇÃO

A manutenção de estabelecimentos públicos é uma atividade reconhecidamente importante e com relevância social, visando a preservação da funcionalidade e da aptidão dos edifícios para a realização de serviços públicos essenciais, como sejam o caso das escolas, universidades, hospitais ou tribunais. Apesar da crescente consciencialização da importância da atividade de manutenção, nomeadamente, no âmbito da gestão do património edificado público, a escassez contínua dos recursos disponibilizados para a manutenção dos edifícios, tem conduzido a degradações aceleradas quer físicas quer funcionais dos espaços, com impactes negativos no serviço prestado e na satisfação dos utilizadores, conduzindo à desvalorização dos imóveis e ao desprestígio das próprias instituições.

As restrições orçamentais são apontadas como uma das principais causas para a não realização da manutenção adequada dos edifícios públicos. Verifica-se, no entanto, que continua a ser muito difícil realizar estimativas orçamentais que se revelem adequadas à realização de trabalhos de manutenção preventivos e corretivos em edifícios. A orçamentação anual das obras de manutenção e conservação de parques edificados não é realizada de acordo com as necessidades reais, mas baseada num valor orçamentado, que é muitas vezes determinado com base nos valores atribuídos em anos anteriores, atualizados ao valor da inflação, sem se fazer uma avaliação cuidadosa das necessidades reais do trabalho de manutenção (Queensland Government, 2017). Uma adequada manutenção de parques edificados, necessita também da definição de políticas e de estratégias de manutenção dos edifícios com uma visão de longo prazo e que não se restrinja a questões de gestão contabilística anuais.

Na definição da provisão orçamental é importante estabelecer o que se enquadra e o que não se enquadra dentro das atividades de manutenção. De uma forma geral, enquadra-se na manutenção, todos os trabalhos que visam (Queensland Government, 2017; El-Haram, Horner, 2002):

- reestabelecer o estado ou condição do elemento a um nível específico;
- prevenir a ocorrência de deteriorações ou falhas;
- restabelecer os níveis operacionais exigidos;
- substituir os componentes e elementos no fim da sua vida útil e/ou económica por equivalentes;
- executar reparações imediatas devido a razões de segurança e saúde (depois da ocorrência de avaria ou falha de um componente);
- avaliar as exigências de manutenção dos edifícios para obter conhecimento objetivo sobre o estado físico do edifício.

Não são consideradas atividades de manutenção:

- beneficiação que visa fornecer serviços ou funcionalidades novas;
- reabilitação para o cumprimento de novos requisitos regulamentares;
- grande reabilitação e substituição para aumentar a vida útil do edifício;
- reconstrução do edifício depois da ocorrência de desastre natural;
- trabalhos executados durante o período de garantia;
- atividades operacionais decorrentes da ocupação e uso dos edifícios (limpeza, segurança, gestão de resíduos);
- fornecimento de serviços (energia, água e telecomunicações).

Assim, os custos a serem contabilizados na provisão orçamental anual para a manutenção devem abranger nomeadamente (Queensland Government, 2017):

- custos da avaliação do estado de conservação dos edifícios;

- custos com a manutenção dos aspetos regulamentares;
- custos da manutenção preventiva;
- custos de manutenção baseada na condição;
- custos da manutenção não planeada;
- custos de gestão e administração (departamento).

Estes custos estão condicionados essencialmente por fatores associados às características dos edifícios e dos utilizadores e pela política e sistema de manutenção implementados. A identificação das relações entre os diversos fatores e o desenvolvimento de modelos de previsão de custos de manutenção que se revelem adequados e fiáveis continua a ser hoje em dia objeto de inúmeros estudos de investigação.

2. FATORES COM IMPACTE DIRETO NOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Os fatores com influência decisiva e com impacte na previsão orçamental podem ser classificados e agrupados de acordo com (i) as características dos edifícios, (ii) processo construtivo, (iii) utilização e utentes, (iv) gestão da manutenção e (v) fatores externos. No Quadro 1 apresenta-se a compilação dos fatores que aparecem referenciados em diversos estudos como sendo importantes na formação dos custos de operação e manutenção (El-Haram, Horner, 2002; Shohet, 2006; Raposo, 2011).

Quadro 1 – Fatores com impacte nos custos de operação e manutenção

Grupo	**Fatores**		
Características do edifício	Idade	Altura	Tipo de estrutura
	Área de construção	Equipamentos e instalações	Estado de conservação
	Tipo de utilização	Materiais utilizados	
Processo construtivo	Qualidade do projeto	Qualidade da construção	
Utilização e utentes	Fatores de vandalismo	Taxa de ocupação	Falta de formação
	Expectativa dos utentes		
Gestão da manutenção	Restrições orçamentais	Sistema de informação	Má gestão da manutenção
	Meios afetos à manutenção	Sistema de decisão deficiente	Fraco controle orçamental
	Qualificação da gestão e da manutenção	Não realização da manutenção no momento certo	Trabalho de manutenção mal-executado
	Fronteiras interdepartamentais	Atraso e falha no processo de comunicação de ocorrência de problemas	Má qualidade de peças e materiais de reposição
	Frequência de monitorização e inspeção	Nível de manutenção pretendido	Historial da manutenção realizada
Fatores externos	Localização e acessibilidade	Ações climáticas	Alteração de fatores padrão
	Novos regulamentos de saúde e segurança	Variação de índices de preços	

Os custos de manutenção dos edifícios estão relacionados com as várias opções tecnológicas adotadas durante as fases de conceção e de projeto, sendo que diversos autores referem que cerca de 70% a 85% dos custos de manutenção e operação do edifício são influenciados por decisões tomadas durante estas fases iniciais (Raposo, 2011). Em edifícios submetidos a taxas de utilização elevadas, como é o caso das escolas ou dos hospitais, é na fase de projeto que devem ser tidos em conta os aspetos de manutenção dos materiais aplicados, nomeadamente através da incorporação de materiais duráveis e que exijam pouca ou nenhum tipo de manutenção.

Outros fatores com impacte direto nos custos de manutenção referem-se à idade média de construção dos

edifícios, áreas dos estabelecimentos, desenvolvimento em altura e variações dos índices de preços. Verifica-se que, de uma forma geral, durante os primeiros anos de existência dos edifícios, são realizadas essencialmente ações de manutenção de carácter regulamentar e ações de manutenção corretivas necessárias à correção de defeitos de construção. Ao longo dos anos, as necessidades de manutenção aumentam, conforme vão aumentando as necessidades de execução de atividades de reparação ou substituição dos diferentes elementos.

O aumento da altura do edifício conduz a incrementos nos custos de manutenção, devido à realização dos trabalhos de manutenção na envolvente exterior que requerem a utilização de equipamentos adicionais, nomeadamente de equipamentos e estruturas de elevação. Nos hospitais, Shohet (2006) verificou que a variação das áreas construídas dos edifícios apresentava dois efeitos opostos: o aumento de área por piso melhora as condições de execução de manutenção permitindo uma redução global dos custos de manutenção por m^2; por outro lado, o aumento da área construída reflete muitas vezes, a existência de edifícios com grande desenvolvimento em altura, que requerem maiores níveis de exigências regulamentares nomeadamente ao nível dos sistema de combate a incêndio, segurança e intrusão, o que se reflete no aumento global das despesas de manutenção.

A taxa de ocupação dos estabelecimentos tem influência direta no desgaste e na degradação dos componentes assim como na variação da taxa de utilização dos equipamentos e das instalações. No entanto, para os edifícios hospitalares, verificou-se que, para um aumento da taxa de ocupação superior em 30% às condições de projeto, havia um incremento de 22% nos custos de manutenção, enquanto que uma redução da taxa de ocupação em 20%, das condições de projeto, conduziu a uma redução de apenas 5% dos custos de manutenção. Esta situação justifica-se pela existência de requisitos de manutenção regulamentares para determinado tipo de instalações, nomeadamente de elevadores, AVAC, sistemas elétricos e proteção ao incêndio, que são independentes da taxa de ocupação do estabelecimento (Shohet, 2006; Raposo, 2011).

3. METODOLOGIAS DE ESTIMAÇÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO

3.1. Considerações gerais

A estimação de custos de manutenção pode ser realizada através de ações de benchmarking, com a consulta ao mercado sobre a manutenção executada em edifícios de características semelhantes ou através da consulta de informação técnica existente sobre custos de manutenção de edifícios como sejam o *Building Maintenance Information ou o The Whitestone Facility Maintenance and Repais Cost Reference* (Raposo, 2011).

Numa primeira estimativa são utilizados correntemente os métodos expeditos baseados na aplicação de valores de referência de custos de manutenção em função da tipologia e da área bruta do edifício, ou na aplicação de um valor percentual sobre o custo de construção ou sobre o valor de substituição do edifício.

Outra metodologia que pode ser adotada, consiste na análise da manutenção preventiva que deve ser realizada durante o ciclo de vida dos diversos elementos, sistemas e equipamentos constituintes dos edifícios. Por este método obtém-se uma estimativa mais detalhada e pormenorizada, que permite nomeadamente, analisar os elementos com maior impacte nos custos de manutenção assim como as variações das necessidades de investimento ao longo da vida útil considerada.

Os estudos desenvolvidos com base na análise do historial da manutenção realizada ao longo dos anos em edifícios, contêm informação importante sobre a obtenção da informação recolhida em arquivo e metodologias de tratamento dos dados que dão origem ou a curvas de perfil de manutenção ou a valores de referência, específicos do parque edificado estudado. Por último, têm sido desenvolvidos modelos analíticos que procuram correlacionar variáveis e fatores de manutenção com o valor dos custos de manutenção.

3.2. Métodos expeditos baseados em **benchmarking** e baseados na percentagem do custo de construção ou de substituição dos edifícios

De uma forma expedita e rápida, os gastos anuais em manutenção de edifícios podem ser calculados com base na consulta de informação técnica existente sobre os valores do custo médio em manutenção por m2 de área bruta e por tipo de edifício. Estes valores resultam da análise e tratamento da informação das despesas realizadas ao longo de um determinado intervalo de tempo em edifícios tipo. De acordo com Barh (Bahr, Lennerts, 2010), o *Building Maintenance Information* (1990) e o *FM Monitor* (2007) apresentam valores de 39 €/m^2 e 9.4 €/m^2, e de 32 €/m^2 e 7.7 €/m^2 para edifícios do tipo administrativo e escolar, respetivamente. Verificam-se discrepâncias significativas dos valores de referência, pelo que a utilização destes dados deve ser utilizada com reservas, atendendo a que se desconhece, por exemplo, a relação destes valores com o estado geral de conservação do edifício ou a base de custos que esteve na origem do valor de referência apresentado.

Outro método expedito para estimar o custo de manutenção anual de um edifício, consiste na aplicação de um coeficiente (percentagem) ao respetivo custo de construção (Cc) ou ao valor de substituição (Vs). No Quadro 2 apresentam-se os valores percentuais, que têm sido propostos por diversos autores e instituições para diversos tipos de edifícios (ABNT, 1999; Bahr, Lennerts, 2010; Raposo, 2011).

Quadro 2 – Estimativas de manutenção baseadas na percentagem do Custo de Construção (Cc) ou do Valor de substituição (Vs) (Bahr, Lennerts, 2010; Raposo, 2011; ABNT, 1999)

Referência	**Valor da percentagem**	**Cc / Vs**	**Tipo de Edifício**
EFNMS (2001)	1.0 - 3.0	Vs	Edifícios
NBR 5674 (1999)	1.0 - 2.0	Cc	Edifícios
Queensland Government, 2017	1.0	Vs	Edifícios
Schulbauinstitut der Lander (1972)	1.0 construção e 3.0 equipamento	Cc	Escolares
Frutig and Reiblich (1995)	1.0-2.0 3.0-6.0	Vs	Administrativos Hospitalares

O governo de Queensland (Queensland Government, 2017) refere que o valor de 1% do valor de substituição dos edifícios constituintes do parque edificado, destinado à despesa anual em manutenção, deve ser considerado como o valor mínimo recomendado, e não como valor ótimo. Este valor não engloba eventuais custos com a realização de projetos ou custos de gestão e pode e deve ser ultrapassado sempre que se verificar que: existem edifícios com degradação acentuada decorrente da não realização de manutenção adequada, edifícios com idade de construção elevada, edifícios de valor patrimonial e históricos e edifícios com elevada criticidade ou especial complexidade (Raposo, 2011).

Estes métodos são baseados em valores médios constantes que não levam em consideração as variações cíclicas das necessidades de manutenção, que se verificam ao longo da vida útil dos edifícios, e devem, por isso, ser usados como uma primeira estimativa dos custos reais de manutenção. A utilização do valor de construção como referência, também não reflete a atualização anual de preços no mercado, o que conduz a uma verba estimada global inferior à realmente necessária (Bahr, Lennerts, 2010).

3.3. Estudos desenvolvidos com base na análise da manutenção a realizar durante o ciclo de vida dos elementos, sistemas e equipamentos dos edifícios

3.3.1. Edifícios escolares em Portugal

Foi realizada uma análise da manutenção preventiva a realizar sobre uma amostra constituída por cinco estabelecimentos de ensino básico do 1.º ciclo da cidade de Lisboa construídos no início dos anos 2000 e dois deles, dos anos de 1960 e 1970. Os edifícios foram decompostos em 70 elementos fonte de manutenção,

agrupados em (i) elementos de construção, (ii) elementos de instalações e equipamentos e espaços exteriores, e foram estudadas as respetivas atividades de manutenção englobando a realização de inspeções, limpezas e/ou tratamento de caráter preventivo, pequenas intervenções, grandes intervenções e substituições, para um período de 50 anos. Verificou-se que os custos de manutenção planeada obtidos se encontravam dentro do intervalo, definido pela norma NBR 5674 (1999), de 1 a 2% do custo de construção, ou seja, em valores médios de 7-15 €/m^2/ano sendo que deste valor, cerca de 60%, 32% e 8% se destinavam à manutenção dos elementos construtivos, das instalações e equipamentos e dos espaços exteriores, respetivamente (Raposo, 2011).

Constatou-se que as atividades de manutenção corrente são as que predominam até ao 10.º ano de vida dos edifícios, ano a partir do qual, começa a haver um maior peso relacionado com a execução de operações de grande relevância e com maiores necessidades de investimento, com periodicidades quinquenais. Os elementos com maior impacte nos custos de manutenção planeada são as coberturas (incluindo a rede de águas pluviais e claraboias), os revestimentos e acabamentos, a rede de abastecimento de água, rede elétrica e AVAC e elementos da envolvente exterior (paredes e vãos). As escolas mais antigas apresentaram custos de manutenção mais baixos, relativamente aos valores médios da amostra, nos elementos de revestimentos e acabamentos e nos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado. Esta variação decorre de características de projeto, na medida em que foram especificados materiais mais duráveis e aplicados com uma maior uniformidade em todo o edifício (maior tempo de vida útil do material, menores encargos com a compra ou gestão de materiais em armazém e redução do número de intervenções de manutenção), e de características exigenciais que decorrem da evolução da legislação aplicável à qualidade do ar interior em edifícios (AVAC).

Foi realizado um estudo semelhante para escolas públicas do ensino secundário sob a gestão da Parque Escolar (Marques, Ribeirinha, 2012). As atividades de manutenção abrangeram a manutenção preventiva, manutenção corretiva, a grande conservação e a manutenção funcional. Foi considerado um período de vida útil do edifício de 30 anos e considerou-se 102 elementos de arquitetura e 147 elementos de instalações especiais. Na Figura 1 apresenta-se o traçado do perfil dos custos de manutenção de uma escola secundária, verificando-se que existem necessidades de investimento maiores com periodicidades aproximadamente quinquenais, sendo que os custos de manutenção preventiva, manutenção corretiva, grande conservação e outros custos representam 31%, 29%, 39% e 1%, respetivamente, do valor do custo total da atividade de manutenção no edifício (5.990.747 €), ao longo de 30 anos de vida útil. O valor global obtido para a manutenção foi de 1,647 €/m^2/mês, sendo 0,51 €/m^2/mês para manutenção preventiva, 0,47 €/m^2/mês para manutenção corretiva e 0,64 €/m^2/mês para grande conservação.



Figura 1 – Perfil de custos de manutenção de uma escola secundária para um período de vida útil de 30 anos (Marques, Ribeirinha, 2012)

3.4. Estudos desenvolvidos com base na análise do historial de manutenção em edifícios

3.4.1. Edifícios escolares e administrativos

Num estudo realizado na Alemanha (Bahr, Lennerts, 2010), foram analisados cerca de 24000 registos, relativos à manutenção realizada em 17 edifícios do tipo escolar e administrativo. Foram compilados os dados existentes desde a construção dos edifícios, alguns com mais de 55 anos de idade, até 2008. Os custos foram atualizados para o ano de 2004. Os onze edifícios escolares apresentavam anos de construção a variar entre 1955 e 1984, áreas brutas de construção entre 797 m^2 – 22,835 m^2 e custos de construção entre 824 €/m^2 e 2.611 €/m^2. Os seis edifícios administrativos apresentavam anos de construção compreendidos entre 1952 e 1979, áreas brutas de construção entre 1,913 m^2 e 16,859 m^2 e custos de construção entre 505 €/m^2 – 1.185 €/m^2.

Um dos objetivos do estudo consistiu na comparação entre os custos da manutenção reais, dos edifícios estudados, com os custos estimados através dos métodos expeditos. Na figura 2 (esq.) encontra-se representada a curva da despesa média da manutenção, do total de edifícios, ao longo dos anos, que apresenta um comportamento cíclico e com um incremento significativo da despesa entre os 30 e os 40 anos. No gráfico encontram-se também representadas as retas relativas aos valores estimados para a manutenção desses edifícios, calculados através da aplicação de valores de referência retirados de várias fontes de informação.

Na figura 2 (dto.) apresentam-se as curvas dos valores acumulados estimados e seu desvio em relação ao valor acumulado da despesa real. Os valores obtidos através dos dados do *IFMA* (2005) e do *BMI* (2005) são significativamente superiores aos verificados durante toda a vida útil dos edifícios (um total de + 46% e + 70% nas escolas e + 107% nos edifícios administrativos). Os valores obtidos através do *FM Moniteur* (2007) e *OSCAR* (2006) são ligeiramente superiores ao valor acumulado real, durante os primeiros 30 anos de vida útil dos edifícios, sendo que estes valores não compensam, no entanto, as despesas existentes nos anos subsequentes (um total de - 59% nas escolas e - 50% nos administrativos e - 18%).

A aplicação do método expedito baseado na percentagem do custo de construção dos edifícios (1%, 1.1%, 1.25% e 2%) conduziu à obtenção de valores acumulados estimados também bastante inferiores ao valor acumulado real.

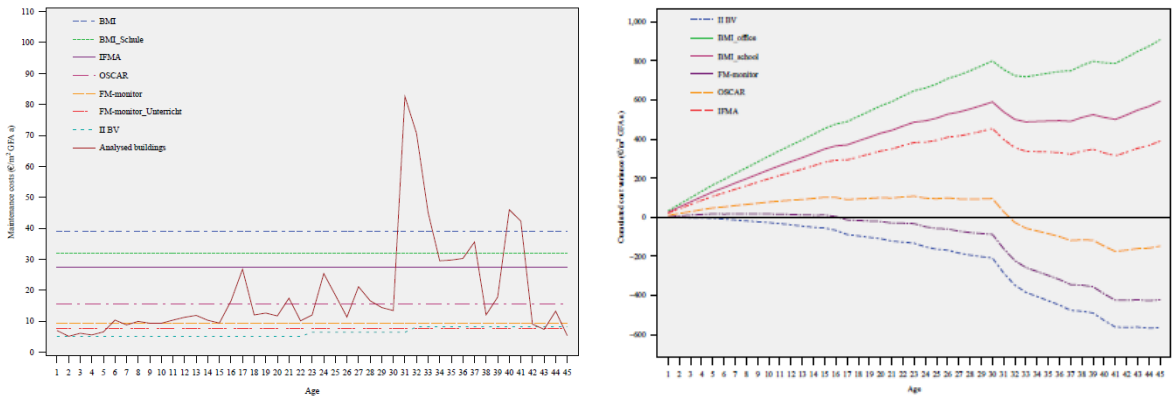


Figura 2 – (Esq.) Perfil de custos de manutenção dos 17 edifícios do tipo escolar e administrativos e retas resultantes da aplicação de valores de referência publicados em *IFMA, Building Maintenance Information (BMI), OSCAR, FM Moniteur e IIBV*; (Dto.) Curvas dos valores acumulados calculados com base nos valores de referência em relação ao valor acumulado real (Bahr, Lennerts, 2010)

3.4.2. Edifícios hospitalares

Sliteen (Sliteen, Catarina, 2008) refere que em França não existem políticas e estratégias implementadas para a manutenção dos hospitais e estabelecimentos de saúde, apesar de se reconhecer a importância que o bom desempenho e funcionamento dos edifícios tem no serviço que é prestado aos utentes. Foi realizada uma análise

do custo do ciclo de vida em edifícios hospitalares com o objetivo de fornecer informação que permita fundamentar as futuras decisões de investimento e construção de novas unidades de saúde. A amostra foi constituída por cinco edifícios com as características apresentadas Quadro 3.

Quadro 3 – Características dos cinco edifícios hospitalares franceses (Sliteen, Catarina, 2008)

Estabelecimentos	**Hospitais Públicos**				**Privado**
	1	2	3	4	5
Área bruta de construção (m^2)	39083	31825	61300	63567	35312
Número de camas	395	320	635	469	271
Área bruta de construção (m^2) / por cama	99	99	97	136	129
Ano de Construção	1994	1997	1991	2000	1990
% de quartos Individuais	35%	83%	30%	73%	50%
Total do Investimento (k€)	53458	38548	62527	76693	45559
Orçamento para operação e manutenção (k€)	2267	1685	3433	2562	1072

Os custos de manutenção e operação, relativos ao ano de 2004, incluem salários do pessoal de operação e manutenção do hospital, contratação de serviços de operação-manutenção a entidades externas e contratos de energia e de fluidos. Da análise da informação disponível nos hospitais verificou-se que cerca de 41% do orçamento é destinado à manutenção das instalações e equipamentos, 12% ao edifício, 20% para os fluídos e 26% para a gestão administrativa. No Quadro 4 apresentam-se as expressões das relações entre os custos de manutenção e operação e a área bruta de construção e o número de camas.

Quadro 4 – Expressões das relações entre custos de manutenção e operação e a área bruta de construção e o número de camas (Sliteen, Catarina, 2008)

Relações	**Expressão**
Custos de manutenção e operação versus número de camas	$y = 2680{,}7\ln(x) - 13855$ / $R^2 = 0{,}9912$
Custos de manutenção e operação versus área bruta de construção	$y = -2E\text{-}06x^2 - 0{,}2729x - 5047$ / $R^2 = 0{,}707$

Com base na análise da informação decorrente da atividade de manutenção em 17 estabelecimentos hospitalares Israelitas, (correspondente a cerca de 700 edifícios), foram definidos 11 indicadores de desempenho do Sistema de Gestão da Manutenção, de acordo com (i) parâmetros de caracterização, (ii) organização e gestão, (iii) desempenho do edifício e (iv) eficiência da manutenção (Sarel, Shoet, 2004; Shohet, 2006). Estes indicadores, propostos por Shohet, foram desenvolvidos de forma a permitirem uma visão global e integrada sobre a gestão da manutenção dos estabelecimentos hospitalares.

Verificou-se que a despesa anual média de manutenção, por m^2, era de cerca de 2.22% do valor de substituição do estabelecimento hospitalar. A despesa de manutenção contemplou as despesas com o pessoal permanente (51.6%), a realização de trabalho executado por empreitadas (36.7%) e aquisição de materiais e peças distribuição (11.7%). Não estão incluídos nestas despesas os custos de energia (água, eletricidade, entre outros) e os custos de renovação e remodelação. São edifícios com áreas médias de construção de 80 000 m^2, valor médio de ocupação de 8.25 por 1000 m^2, idades de construção compreendidas entre 15 e 30 anos e em bom estado de conservação. A relação de técnicos de manutenção é de 0.64 por 1000 m^2.

Em Abate (Abate, Towers, Dotz *et al*., 2009) são apresentados dados relativos a custos de manutenção e reparação, provenientes de diversas fontes de informação, para cerca de 70 tipos de estabelecimentos diferentes e para um período de vida útil de 50 anos. No Quadro 5 apresenta-se um extrato da informação retirada para um edifício hospitalar.

Quadro 5 – Características do hospital e resumo dos custos em manutenção e reparação para um período de vida útil de 50 anos (Abate, Towers, Dotz *et al*., 2009)

Dados característicos do hospital (tipo *General Hospital*) Custo de substituição = $47.948.865 (**)		**Resumo dos custos em manutenção e reparação - 50 anos**			
		Tipo de atividade	Custos totais (**)	Custo anual por A_b(*) de construção	Custo anual % do custo de substituição
A_b(*) de construção	125.000 sqf (*)	Manutenção preventiva e pequenas reparações	$7.219.388	$1.16	0,30%
Altura - Ocupação	11 m - 940				
Exterior – betão e Revestimento dos pavimentos - betão, cerâmicos e alcatifas		Manutenção não prevista	$5.611.898	$0.90	0.23%
AVAC - Caldeira a gás, *Chiller* a água, Ventilo-Convectores		Renovação e substituição	$20.171.630	$3.23	0.84%
		Total	**$33.002.916**	**$5.28**	**1.38%**

(*) Foi mantida a unidade de medida da fonte: *Square Feet*
(**) Valores de 2009 em dólares americanos

Os componentes e sistemas com maior impacte nos custos de manutenção e reparação, ao longo de 50 anos de vida útil considerados, são: (1.º) sistema de AVAC, (2.º) os revestimentos interiores, (3.º) elementos construtivos do interior, (4.º) sistema elétrico e (5.º) as redes de águas.

3.4.3. Edifícios administrativos e comerciais

No trabalho desenvolvido por Realinho (Realinho, 2017) foram analisados os custos registados ao longo de seis anos de exploração (2011 a 2016) de dois edifícios administrativos, situados em Lisboa, com o objetivo final de avaliar a dimensão dos custos da manutenção em Segurança Contra Incêndios em Edifícios (SCIE) em relação ao custo da manutenção total. No Quadro 6 apresentam-se os dados de caracterização dos edifícios e os correspondentes valores de manutenção anual total e manutenção anual em SCIE. O estudo conclui que o custo anual da manutenção SCIE média é de 4,39% do valor total da manutenção anual.

Quadro 6 – Características dos edifícios administrativos e valores dos custos de manutenção (Realinho, 2017)

Edifício Administrativo 1 (1998)	**Edifício Administrativo 2 (2005)**
Área total de construção = 17.453,60 m²	Área total de construção = 14.011,70 m²
9 pisos acima do solo e 4 pisos em cave	8 pisos acima do solo e 2 pisos em cave
Média da manutenção total = 224.622,80 €	Média da manutenção total = 203.027,55 €
Média da manutenção SCIE = 9.135,22 €	Média da manutenção SCIE = 9.135,22 €
Custo Médio Total Anual = 12,78 €/m²	Custo Médio Total Anual = 14,89 €/m²
Custo Médio SCIE Anual = 0,52 €/m²	Custo Médio SCIE Anual = 0,68 €/m²
Expressão da evolução anual da Manutenção SCIE *vs* Manutenção total: y = 0,0701x - 6500,3	Expressão da evolução anual da Manutenção SCIE vs Manutenção total: y = 0,0178x + 5847,2

Relativamente a estabelecimentos comerciais de grande dimensão, com as características apresentadas no Quadro 7, Roberto (Roberto, 2011) refere que o custo de construção de SCIE tem um peso de 8% no custo total de construção deste tipo de edifícios, e que os custos de exploração e manutenção do SCIE representam por sua vez cerca de 16% do custo de construção de SCIE.

Quadro 7 – Características dos edifícios e custos reais de manutenção em SCIE (Roberto, 2011)

Características	**Edifício A**	**Edifício B**
Custo total da construção (M€)	42	45
Área de construção (m^2)	129.000	125.000
Áreas de parques - de centro comercial - técnicas (m^2)	60.000 - 57.000 - 12.000	65.000 - 53.000 - 7.000
Custo médio de construção / m^2	343	
Custo de equipamentos e sistemas SCIE (k€)	3.182,00	3.300,00
% do SCIE no valor total da construção	7,60%	7,40%
Custos de exploração e gestão dos equipamentos de SCIE	165.000 (+ 380.000*)	

* Equipa de vigilantes

3.5. Modelos matemáticos de previsão de custos de manutenção em edifícios

Baseando-se nos dados recolhidos, do historial de 12 anos (1997-2008) de despesas de manutenção e exploração dos edifícios da Universidade de Osijek, Krstic (Krstic, Marenjak, 2017) desenvolveu 3 modelos matemáticos para estimar os custos médios anuais de manutenção e de exploração que melhor se adequam ao parque edificado estudado. O primeiro modelo é função da área das circulações internas dos edifícios, o segundo modelo é função do número de pisos e da área das circulações internas dos edifícios, e o último modelo é função da idade do edifício e da área das circulações internas dos edifícios (Quadro 8).

Para a manutenção de instalações e equipamentos de AVAC, a *ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* desenvolveu uma base de dados com informação sobre a vida útil e os custos de manutenção de diversos equipamentos e instalações de AVAC em função da tipologia de edifícios. O modelo de previsão dos custos de manutenção foi desenvolvido tendo em consideração a localização, idade, área e altura do edifício, percentagens de áreas do edifício com ar condicionado, características do serviço de manutenção (pessoal interno ou externo) e custos de execução de manutenção preventiva, preditiva e corretiva. São utilizados fatores de ajustamento, para adequar o modelo à instalação e equipamentos em análise e que requerem a consulta de tabelas técnicas da *ASHRAE*.

Quadro 8 – Modelos matemáticos para o cálculo dos custos de manutenção em edifícios (Le, Domingo, Rasheed *et al*., 2018)

Referência	**Modelo matemático**	
Edifícios da Universidade de Osijek *(Krstic, Marenjak, 2017)*	Custos de manutenção e exploração (MOC): MOC1 = 503566,44 + 101,21 x A_c (€) MOC2 = 133475,30 – 18039,84 x S + 89,86 x A_c (€) MOC3 = 58635,72 – 200,27 x B_A + 118,13 x A_c (€)	Variáveis: A_c – Área interna de circulação S – Número de pisos B_A – Idade do edifício
Maintenance cost model for building services *(Ashrae, 2018)*	Total do custo de manutenção = [Custo inicial + (fator de ajustamento da idade x idade em anos) + fator de ajustamento do sistema de aquecimento + fator de ajustamento do sistema de arrefecimento + fator de ajustamento do sistema de distribuição)] x ajustamento da inflação	

4. CONCLUSÕES

Neste artigo apresentaram-se alguns estudos e metodologias de estimação de custos de manutenção em edifícios. Os métodos designados de expeditos, baseiam-se na utilização de valores de referência, determinados

com base no tratamento do historial das despesas em diferentes tipos de edifícios, ou na utilização de um valor percentual aplicado sobre o custo de construção ou valor de substituição dos edifícios. Estes métodos têm a vantagem de serem de fácil aplicação, conduzindo a valores médios constantes ao longo da vida útil do edifício, o que na prática não acontece, havendo aumento dos encargos com a manutenção cíclicos.

Com a análise da manutenção a realizar durante o ciclo de vida dos diversos elementos, sistemas e equipamentos do edifício, obtém-se uma estimativa mais detalhada e pormenorizada, o que permite analisar nomeadamente, os elementos com maior impacte nos custos de manutenção assim como, períodos em que existe uma maior necessidade de investimento. Neste tipo de análise verifica-se que a variação do custo global da manutenção depende frequentemente de um pequeno número de elementos e equipamentos do edifício (cerca de 15% dos elementos representam aproximadamente 85% dos custos totais de manutenção (El-Haram, Horner, 2002)).

Os estudos desenvolvidos com base na análise do historial de manutenção em edifícios são importantes porque fornecem dados e informação importante sobre a realidade de execução da manutenção em parques edificados. Os principais problemas identificados nestes estudos relacionam-se com a fiabilidade da informação recolhida, sendo difícil obter dados coerentes para longos períodos de tempo e dada a dispersão e a diversidade das metodologias adotadas pelas diversas instituições e departamentos, para o arquivo dos dados de manutenção de parques edificados. Associada à análise do historial dos custos de manutenção devem ser também compilados os dados de caracterização dos edifícios, a evolução do estado de conservação e dados relativos aos recursos utilizados para a realização dessa manutenção. Em ações de *benchmarking* deve ter-se presente que os custos de manutenção preventiva e de exploração dos edifícios refletem por vezes a aplicação de legislação e de regulamentação muito diferente daquela que é aplicada no nosso país.

REFERÊNCIAS

ABATE, D.; TOWERS, M.; DOTZ, R.; ROMANI, L., 2009 – **The whitestone facility maintenance and repair cost reference 2009-2010.** California, USA: Whitestone Research.

ABNT, 1999 – NBR 5674 – **Manutenção de edificações – Procedimentos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AL-HAJJ, A., 1999 – **Modelling running and maintenance costs for life cycle costing applications in buildings. Modelling and maintenance for buildings**. *Durability of Building Materials and Components* 8. Edited by M. A. Lacasse and D. J. Vanier. Institute for Research in Construction, Ottawa, Canada. 1699-1706.

BAHR, C.; LENNERTS, K.; 2010 – **Quantitative validation of budgeting methods and suggestion of a new calculation method for the determination of maintenance costs**. *Journal of Facilities Management*. 8:1, 47-63.

CHE-GHANI, N.; MYEDA, N.; Ali, A., 2016 – **Operations and maintenance cost for stratified buildings: a critical review.** MATEC Web of Conferences 66.

COTTS, D.; ROPER, K.; PAYANT, R., 2010 – **The facility management handbook**. New York, USA: American Management Association.

EL-HARAM, M.; HORNER, M., 2002 – **Factors affecting housing maintenance cost**. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 8:2, 115-123.

HAROUN, A, 2015 – **Maintenance cost estimation: Application of activity-based costing as a fair estimate method**. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 21(3), 258-270.

KRSTIC, H.; MARENJAK, S., 2017 – **Maintenance and operation costs model for university buildings**. *Tehnicki vjesnik*. 24, Suppl. 1, 193-200.

LAVY, S.; SHOET, I., 2007 – **On the effect of service life conditions on the maintenance costs of healthcare facilities**. *Construction Management and Economics*. 25(10), 1087-1098.

LE, A.; DOMINGO, N; RASHEED, E; DOMINGO, N.; PARK, K., 2018 – **Building maintenance cost planning and estimating: a literature review**. In: Gorse, C and Neilson, C J (Eds). Proceeding of the 34th Annual ARCOM Conference, Belfast, UK, Association of Researchers in Construction Management, 707-716.

MARQUES, C.; RIBEIRINHA, V., 2012 – **Gestão da manutenção e conservação de edifícios escolares. Caso de estudo do edificado da Parque Escolar, E.P.E**. Sessão Técnica do Departamento de Edifícios *STE09 – A Gestão da Manutenção de Edifícios*. Lisboa: LNEC.

OTTOMAN, G.; BRENT, W.; LOFGREN, S., 1999 – **Budgeting for facility maintenance and repair. I: methods and models**. *Journal of Management in Engineering*. Vol. 15 No. 4, pp. 71-83.

QUEENSLAND GOVERNMENT, 2017 – **Maintenance management framework. Building maintenance budget**. The State of Queensland. Department of Housing and Public Works. 12p.

RAPOSO, S., 2011 – **A gestão da atividade da manutenção em edifícios públicos. Modelo e definição de estratégias para uma intervenção sustentável**. Dissertação de Doutoramento. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

RAPOSO, S.; BRITO, J. de; FONSECA, M., 2013 – **Planned preventive maintenance activities: analysis of guidance documents**. In V. de Freitas e J. Delgado (eds.), *Durability of Building Material and Components,* Building Pathology and Rehabilitation 3. Springer-Verlag, 35-60.

REALINHO, E., 2017 – **Dimensão dos custos de manutenção relativos a sistemas e equipamentos de SCIE**. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Riscos e Proteção Civil. Lisboa: Instituto Superior de Educação e Ciências (ISEC)/Escola de Tecnologia, Engenharia e Aeronáutica.

ROBERTO, P., 2011 – **Segurança contra incêndio. Diferentes perspetivas de aplicação do SCIE. Visão do dono de obra. Especialização em Engenharia de Segurança**. Porto, Auditório da Região Norte da Ordem dos Engenheiros.

SAREL, L.; SHOET, I., 2004 – **Integrated maintenance management of hospital buildings: a case study**. *Construction Management and Economics*. 22(1), 25-34.

SHOET, I., 2006 – **Key performance indicators for strategic healthcare facilities maintenance**. *Journal of Construction Engineering and Management*. 132(4), pp. 345-352.

SLITEEN, S.; CATARINA, O., 2008 – **Whole life costing as a decision tool for use in French Healthcare facilities**. 11DBMC International Conference on Durability of Buildings Materials and Components. Istanbul: 2008.

SISTEMATIZAÇÃO DE CUSTOS DE TRABALHOS DE REABILITAÇÃO DE PAREDES DE ALVENARIA ANTIGAS

SYSTEMATIZATION OF REHABILITATION WORK COSTS FOR OLD MASONRY WALLS

Filipa Salvado[(1)], Maria João Falcão Silva [(2)], Ana Marques [(3)], Álvaro Vale Azevedo [(4)], Rosário Veiga [(5)]

(1) LNEC, Portugal, asalvado@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, aimarques@lnec.pt
(4) LNEC, Portugal, ava@lnec.pt
(5) LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt

RESUMO

O setor da construção é atualmente responsável por uma parcela muito significativa dos impactos ambientais negativos em termos de consumo final de energia (42%), emissão de gases com efeito de estufa (50%) e produção de resíduos (22%). Neste quadro, a União Europeia tem vindo a estabelecer metas e a definir políticas com vista à preservação ambiental e racionalização dos recursos. A procura de soluções economicamente sustentáveis conduz necessariamente a uma forte aposta na reabilitação do património construído face à construção nova. Esta opção pela reabilitação é também justificada, em muitos casos, pela importância atribuída à preservação do património com valor cultural. Com vista a potenciar o incremento na reabilitação torna-se necessário fundamentar decisões com base em informação económica. Apesar de existirem já algumas bases de dados sobre custos de construção ainda é escassa a informação económica referente a soluções e intervenções em reabilitação de edifícios, as quais têm, muitas vezes, critérios distintos dos da construção nova.

No sentido de ultrapassar estas limitações o presente artigo tem como objetivo desenvolver e adaptar uma metodologia que permita sistematizar a definição de Custos e de Rendimentos relacionados com trabalhos de reabilitação de edifícios construídos. A base de dados é definida, à semelhança de outras bases de dados e publicações existentes, com informação técnica e económica de trabalhos de construção. Como caso de estudo são quantificadas, em termos de custos compostos e rendimentos, soluções de reabilitação de paredes de alvenaria antiga com vista ao seu reforço a ações sísmicas. Para finalizar são apresentadas conclusões preliminares do estudo e perspetivado o desenvolvimento de trabalhos futuros.

Palavras-chave: Reabilitação / Revestimentos Armados / Paredes de Alvenaria / Custos / Rendimentos

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção é a atividade económica com maior impacte sobre o ambiente e o património natural e tem, também, um enorme impacte sobre o ambiente construído e o património arquitetónico. A opção pela reabilitação das construções existentes em vez da sua demolição e reconstrução reduz drasticamente quer o consumo de materiais novos quer a produção de resíduos (EC, 2014).

Atualmente em Portugal, a reabilitação de edifícios tem ainda uma importância reduzida, comparando com a Europa onde esta atividade representa uma percentagem significativa do setor. Perante uma situação de degradação do edificado Português, torna- se necessário criar soluções sustentáveis de reabilitação. A reabilitação pode envolver diversos níveis de complexidade, desde a simples renovação dos revestimentos até às intervenções de natureza estrutural e tanto pode recorrer a técnicas e materiais tradicionais como a tecnologias emergentes. Pressupõe, portanto, uma adequada qualificação dos agentes, em particular dos projetistas e dos construtores. Analogamente ao que tem vindo a ser efetuado em outros países da europa, e que já tem vindo a ser desenvolvido nos EUA desde meados da década de 90 do século XX, torna-se urgente desenvolver em Portugal estudos de investigação, de base económico-científica, que permitam fundamentar análises de viabilidade económica de diferentes estratégias de reabilitação, considerando as diferentes tipologias construídas no território português e os diferentes riscos associados a cada uma delas (Falcão Silva, Salvado e Baião, 2016; EC, 2014).

O tema da informação económica, relacionado com a atividade de reabilitação de edifícios, encontra-se enquadrado na atualidade e considera-se de relevância. Esta atividade, por natureza, envolve a execução de muitos trabalhos com diversos custos compostos associados e apesar de uma orçamentação ser bem elaborada não é suficiente para prever com garantia o preço final de uma intervenção. A existência de uma base de dados com custos e rendimentos de referência de trabalhos de construção com informação fiável e adaptada à realidade é considerada assim relevante para o meio científico nacional, pois constitui uma ferramenta de importância transversal ao setor para a realização das tarefas de planeamento, orçamentação e controlo de execução de obras de reabilitação (Salvado, 2019).

2. BASES DE DADOS DE CUSTOS EXISTENTES

Nesta secção são identificadas as principais bases de dados com informação técnica e económica relativa a trabalhos de construção e/ou reabilitação existentes a nível nacional e a nível internacional (Salvado, 2019).

A nível nacional salientam-se:

- A base de dados do LNEC, *Base de dados de fichas de rendimentos e cálculo de custos*, é constituída por operações de construção e considera a maioria dos trabalhos correntemente executados na construção de edifícios. Esta base de dados, gerida por um *software* (Fonseca e Manso, 1990), contempla as publicações *Informação sobre Custos. Fichas de Rendimento*s (Manso *et al*., 2010). Atualmente, esta publicação contempla um conjunto de 2.712 fichas de custos e de rendimentos.
- A publicação *Rendimentos de Mão-de-Obra, Materiais e Equipamento em Edificação e Obras Públicas* (Branco, 2003) apresenta tabelas com rendimento para trabalhos de construção nova que se encontram divididas por grupos de tipos de trabalho. As suas tabelas apresentam os custos unitários de diversas operações de construção bem como os valores de mão-de-obra, sem referir os seus rendimentos e equipamentos ou técnicas construtivas utilizadas.
- A Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas (AICCOPN, 2019) tem uma base de dados de preços na construção, disponível on-line, que permite consultar e pesquisar preços de referência por

tipos de trabalho ou por recursos.

- O gerador de preços *Cype Ingenieros, S.A* (Cype, 2019) é constituído por uma base de dados que permite obter o preço de trabalhos de reabilitação e de obra nova, tendo em consideração os materiais, equipamentos e processos construtivos associados.

A nível internacional salientam-se:

- Em Espanha, o *Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya,* ITeC (ITEC, 2019), desenvolveu um conjunto de bases de dados de produtos de construção, e que disponibiliza informação sobre preços, especificações técnicas, empresas, certificações, entre outras.
- Em Itália, A publicação *Prezzi Informativi per l'Edilizia* (Bartoli e Scalinci, 2016) apresenta bases de dados de trabalhos de construção e está dividida em vários volumes (construção nova, reabilitação, urbanização, arquitetura paisagística, arquitetura de interiores, instalações elétricas e instalações tecnológicas).
- A publicação *Laxton´s SMM Building Price Book* (Johnson, 2017) é uma das principais referências do Reino Unido contendo uma base de dados com informação detalhada de custos, suas variações regionais, preços base de materiais, mão-de-obra, normas e regulamentos, construção sustentável e informação sobre produtos e serviços específicos.
- No Reino Unido, também a publicação *Spon's Architects and Builders Price Book* (Langdon, 2017) contém uma base de dados detalhada de custos de construção com um índice de concursos públicos, atualizado ao longo do ano. Esta base de dados fornece preços com rendimentos de trabalhos e informação detalhada, bem como custos de materiais alternativos.
- Em França, *Le Logiciel – G.I.T.– Maitrise D'Oeuvre* (GIT, 2019) é uma instituição pública que disponibiliza bases de dados com informação económica e técnica relacionada com propostas de empreitadas bem como dos trabalhos de construção associados (tabelas com descrições de trabalhos, unidades, preços unitários e preços totais).
- Nos EUA, a publicação *The Whitestone facility operation cost reference (*Lufkin *et al.*, 2018) contém estatísticas de custos da construção, permite determinar quais os custos operacionais de um ativo durante a sua vida útil de serviço e qual a taxa de inflação dos custos operacionais.

3. CASO DE ESTUDO: CUSTOS DE TRABALHOS DE REABILITAÇÃO DE PAREDES DE ALVENARIA ANTIGAS

3.1. Caracterização

O caso de estudo do presente documento, diz respeito à quantificação (definição de custos compostos e respetivos rendimentos) de duas soluções de reforço de paredes de alvenaria antiga que têm como principal objetivo a melhoria do comportamento dessas paredes às ações sísmicas. Estas soluções de reforço são compostas por revestimentos armados: a primeira constituída por argamassa à base de cal hidráulica natural e rede de fibra de vidro (SR1) e a segunda constituída por argamassa à base de cimento e rede de fibra de vidro (SR2). As referidas soluções de reforço têm a seguinte constituição:

- Solução de reforço 1 (SR1): Revestimento armado composto por argamassa de cal hidráulica natural ao traço 1:2 e rede de fibra de vidro, com uma espessura total de 3 cm, em que a primeira camada de enchimento tem uma espessura de 2 cm e a segunda camada de acabamento tem uma espessura de 1 cm.
- Solução de reforço 2 (SR2): Revestimento armado composto por argamassa de cimento ao traço 1:3 e rede de fibra de vidro, com as mesmas espessuras de SR1.

As soluções descritas são aplicáveis em ambas as faces de paredes onde se considera necessário substituir os revestimentos, por se encontrarem degradados e não terem valor histórico ou artístico significativo que recomende a sua preservação.

As quantidades de recursos utilizadas numa parede real foram estimadas tendo em conta as aplicações dos revestimentos armados SR1 e SR2 efetuadas nas instalações do LNEC em pequenos provetes de alvenaria com dimensões de 0,77 x 0,77 m. Esses provetes foram posteriormente submetidos a ensaios de caracterização mecânica por forma a que fosse avaliada a eficácia desses revestimentos armados. A principal diferença entre a aplicação das soluções de reforço nos provetes de alvenaria e numa parede real reside essencialmente na fixação da rede. No caso de uma parede real a rede de reforço é fixa no pavimento e teto desse piso por forma a que essa rede permaneça esticada quer no momento da aplicação, quer durante a cura das argamasses que compõem o revestimento armado. No Quadro 1 apresentam-se as quantidades de recursos (materiais, equipamentos e mão-de -obra) utilizadas para a aplicação dos revestimentos armados num provete de alvenaria.

Quadro 1 – Quantidades de recursos aplicadas num provete de alvenaria

Operação	Materiais	Equipamentos	Mão-de-obra
SR1	Rede: 1 m^2 de rede de fibra de vido; 6 Ripas de madeira com 77 x 5x 1 cm; 24 parafusos autorroscantes;2 Placas de madeira com 85 x 32 x 2 cm. Salpisco: 8321 g de areia de rio; 2264 g de cal hidráulica natural NHL 3,5. Reboco: 37509 g de areia de rio; 10394 g de cal hidráulica natural NHL 3,5.	Rede: Nível; Fita métrica; Aparafusadora (5 minutos). Salpisco: Carrinho de mão; Talocha; Colher de pedreiro; Baldes; Pás; Betoneira (10 minutos). Reboco: Carrinho de mão; Régua; Fio-de-prumo; Talocha; Colher de pedreiro; Baldes; Pás; Nível; Fita métrica; Fixadores mecânicos(4 por cada face); Torna (5 minutos); Aparafusadora (5 minutos); Betoneira (10 minutos).	Rede: 0,333 h (20 minutos) de pedreiro; 0,167 h (10 minutos) de servente. Salpisco: 0,333 h (20 minutos) de pedreiro; 0,167 h (10 minutos) de servente. Reboco: 1,167 h(70 minutos) de pedreiro; 0,583 h (35 minutos) de servente.
SR2	Rede: 1 m^2 de rede de fibra de vido; 6 Ripas de madeira com 77 x 5 x 1 cm; 24 parafusos autorroscantes; 2 Placas de madeira com 85 x 32 x 2 cm. Salpisco: 9736 g de areia de rio; 2236 g de cimento. Reboco: 39180 g de areia de rio; 9210 g de cimento.	Rede: Nível; Fita métrica; Aparafusadora (5 minutos). Salpisco: Carrinho de mão; Talocha; Colher de pedreiro; Baldes; Pás; Betoneira (10 minutos). Reboco: Carrinho de mão; Régua; Fio-de-prumo; Talocha; Colher de pedreiro; Baldes; Pás; Nível; Fita métrica; Fixadores mecânicos (4 por cada face); Torna (5 minutos); Aparafusadora (5 minutos); Betoneira (10 minutos).	Rede: 0,333 h (20 minutos) de pedreiro; 0,167 h (10 minutos) de servente. Salpisco: 0,333 h (20 minutos) de pedreiro; 0,167 h (10 minutos) de servente. Reboco: 1,167 h (70 minutos) de pedreiro; 0,583 h (35 minutos) de servente.

As soluções de reforço (SR1 e SR2) incluem as tarefas de: i) preparação da rede de fibra de vidro; ii) aplicação de salpico na parede; e iii) aplicação de reboco. Em obra, numa parede de alvenaria de maior dimensão, salientam-se os seguintes tópicos que se encontram devidamente contabilizados no recurso mão-de-obra:

- Marcação da furação para fixação da ripa de madeira no teto e pavimento a uma distância de aproximadamente 2 cm do suporte, que corresponde à espessura da primeira camada (de enchimento);
- Corte da rede com dimensão superior à área da parede para que fique fixa nas ripas de madeira superior e inferiormente;
- Fixação da ripa de madeira ao teto com parafuso e bucha. Nesta fase a rede deve ficar presa na ripa superior;
- Humedecimento do suporte;
- Aplicação do salpisco;

- Esperar 24 horas antes da aplicação do revestimento armado;
- Realização de mestras com 2 cm (equivalente à espessura da primeira camada de enchimento)
- Humedecimento do suporte;
- Colocação da primeira camada de argamassa (de enchimento) com espessura de 2 cm;
- Embeber a rede de fibra de vidro na primeira camada de argamassa com o auxílio da talocha;
- Fixação da rede entre a ripa inferior e o pavimento garantindo que a rede fica esticada e respetivo aperto da ripa inferior ao pavimento nas zonas previamente marcadas;
- Fazer a furação para colocação dos fixadores mecânicos;
- Colocação dos fixadores mecânicos;
- Esperar 2 dias antes da aplicação da segunda camada (de acabamento);
- Colocação de mestras com 1 cm (equivalente à espessura da segunda camada de acabamento);
- Aplicação da segunda camada de acabamento com 1 cm de espessura;
- Acabamento à talocha;
- Acabamento à esponja.

Faz-se notar que a tarefa de preparação do suporte devido, por exemplo, à eliminação de revestimentos existentes (não aderido), é considerada uma tarefa independente da execução do próprio reforço e está sujeita a avaliação e medição independentes porque é muito variável em cada caso específico. Além disso, esta tarefa será sempre executada, mesmo que não haja reforço, desde que seja executado um novo revestimento.

3.2. Metodologia

As publicações do LNEC *Informação sobre Custos – Fichas de Rendimentos* (Manso *et al*., 2010) têm vindo a ser utilizadas como referência a nível nacional para a obtenção de custos compostos e rendimentos de operações de construção. A metodologia subjacente é aplicada, no presente documento, ao caso de estudo. Essa metodologia baseia-se na composição do custo. O custo direto de uma determinada operação de construção é calculado pelo somatório dos custos unitários dos vários recursos envolvidos (materiais, equipamentos de apoio e mão-de-obra) multiplicados pelas respetivas quantidades. Essas quantidades dizem respeito ao necessário para se executar uma unidade de medição da respetiva operação de construção. Encontram-se também definidos outros valores, nomeadamente: i) a percentagem de incidência dos vários recursos utilizados no custo direto da operação de construção; ii) o custo da operação que considera uma percentagem de custos indiretos (sobre o custo direto); e iii) o custo total da operação que considera uma percentagem de lucros (sobre o custo da operação).

Os custos são atualizados periodicamente com base no conhecimento dos indicadores da evolução dos preços dos materiais, mão-de-obra e de equipamentos de apoio utilizados para efeitos de cálculo de revisão de preços e em consultas ao mercado.

Essas Fichas de Rendimentos das operações de construção contêm a seguinte informação:

- Número de ordem da operação (IC);
- Código da operação constituído por um máximo de cinco dígitos em que os três últimos algarismos indicam o artigo, e os dois primeiros o capítulo;
- Unidade de medição;
- Data dos preços simples;
- Descrição da operação de construção;
- Quantidade, unidade, descrição e custos (unitário e total), dos diferentes materiais necessários para a realização da unidade de medição da operação de construção;
- Rendimento, unidade, descrição dos diferentes equipamentos necessários para a realização da unidade

de medição da operação de construção, com os respetivos custos unitários e totais;
- Rendimento, unidade e descrição da mão-de-obra necessária para a realização da unidade de medição da operação de construção, com o respetivo custo unitário e total;
- Quantidade, unidade e descrição da operação de construção auxiliar necessária para a realização da unidade de medição da operação de construção, com respetivo custo unitário e total;
- Custo direto da operação de construção, calculado como o somatório dos custos totais dos recursos envolvidos na execução da operação, bem como das operações auxiliares, não sendo assim considerados encargos de estaleiro e outros, nomeadamente os devidos ao pessoal técnico e os encargos gerais diretamente envolvidos com a execução da operação. O coeficiente de eficiência indicado (1,00) é função das condições particulares de organização da obra e eficiência das equipas de trabalho;
- Incidência (em percentagem) dos vários recursos utilizados (materiais, equipamentos e mão de obra) no custo direto da operação de construção;
- Custo da operação, incluindo uma percentagem de custos indiretos;
- Custo total da operação, incluindo uma percentagem de lucros e imprevistos.

3.3. Resultados e discussão

De acordo com o descrito nas secções anteriores (3.1 e 3.2) obtêm-se as seguintes fichas de Rendimentos para SR1 (Figura 1) e SR2 (Figura 2). Os custos dos trabalhos apresentados dizem respeito a uma unidade (m^2) de parede reforçada e inclui a aplicação do reforço nas duas faces da parede.

Os custos unitários apresentados foram adaptados da publicação de referência (Manso *et al*., 2010) com correções de valores, bem como pesquisas de outros recursos resultantes de consultas ao mercado.

Data: 2020		DESCRIÇÃO DO TRABALHO (Unidade = 1m²)		IC - Código:
Revestimento armado compostos por argamassa de cal hidráulica ao traço 1:2 e rede de fibra de vidro				
Quantidade	*Unidade*	*Descrição dos Recursos*	*Custos (€)* *Unitários*	*Totais (/m² de parede)*
1,167	m²	Rede de fibra de vidro	9,07	10,58
2,000	m	Ripa de madeira de pinho com 1 x 0,15 m	8,35	16,70
6,000	un	Parafusos com bucha metálica	0,97	5,82
10,000	un	Fixadores mecânicos	2,98	29,80
0,044	m³	Areia de rio	12,00	0,53
22,207	kg	Cal hidráulica natural	0,13	2,89
0,009	m³	Água	1,44	0,01
1,950	l	Gasóleo	0,85	1,66
				67,99
0,420	h	Betoneira de 250 l a gasóleo	2,67	1,12
0,747	h	Torna	1,06	0,79
0,291	h	Aparafusadora	1,06	0,31
				2,22
3,100	h	Pedreiro especalizado	12,50	38,75
1,550	h	Servente	6,21	9,63
				48,38
CUSTO DIRETO (coeficiente de eficiência = 1,00) Incidência no Custo Direto: MATERIAIS = 57,3%; EQUIPAMENTOS = 1,9%; MÃO-DE-OBRA = 40,8%				**118,59**
CUSTO DO TRABALHO (sem lucro, % de custos indiretos de 10,00%)				**130,45**
CUSTO TOTAL DO TRABALHO (% DE LUCRO DE 8,00%)				**140,88**

Figura 1 – Ficha de custos compostos e rendimentos para SR1

Data: 2020		DESCRIÇÃO DO TRABALHO (Unidade = 1m²)	IC - Código:	
Revestimento armado compostos por argamassa de cimento ao traço 1:3 e rede de fibra de vidro				
Quantidade	*Unidade*	*Descrição dos Recursos*	*Custos (€)*	
			Unitários	*Totais (/m² de parede)*
1,167	m²	Rede de fibra de vidro	9,07	10,58
2,000	m	Ripa de madeira de pinho com 1 x 0,15 m	8,35	16,70
6,000	un	Parafusos com bucha metálica	0,97	5,82
10,000	un	Fixadores mecânicos	2,98	29,80
0,047	m³	Areia de rio	12,00	0,57
20,081	kg	Cimento Portland normal classe 30	0,11	2,21
0,009	m³	Água	1,44	0,01
1,950	l	Gasóleo	0,85	1,66
				67,35
0,420	h	Betoneira de 250 l a gasóleo	2,67	1,12
0,747	h	Torna	1,06	0,79
0,291	h	Aparafusadora	1,06	0,31
				2,22
3,100	h	Pedreiro	7,52	23,31
1,550	h	Servente	6,21	9,63
				32,94
CUSTO DIRETO (coeficiente de eficiência = 1,00)				**102,51**
Incidência no Custo Direto: MATERIAIS = 65,7%; EQUIPAMENTOS = 2,2%; MÃO-DE-OBRA = 32,1%				
CUSTO DO TRABALHO (sem lucro, % de custos indiretos de 10,00%)				**112,76**
CUSTO TOTAL DO TRABALHO (% DE LUCRO DE 8,00%)				**121,78**

Figura 2 – Ficha de custos compostos e rendimentos para SR2

Os custos dos recursos simples (materiais, equipamentos e mão-de-obra), os custos compostos e os rendimentos apresentados, devem ser considerados como sendo valores de referência, pelo que cada interveniente deverá proceder à sua adaptação tendo em conta os seus objetivos específicos.

As duas soluções de reforço são muito semelhantes entre si, diferenciando-se no tipo de argamassa utilizado. A aplicação de argamassas à base de cal exige um conhecimento mais especializado, sendo que por esta razão foi selecionada a categoria de pedreiro especializado no caso da SR1 (equiparada à de um antigo mestre). O valor do custo horário desta categoria foi atribuído através de consulta a uma empresa de construção civil com este tipo de mão de obra.

4. COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DAS SOLUÇÕES DE REFORÇO COM A REABILITAÇÃO DOS REVESTIMENTOS SEM REFORÇO

Uma vez que se admite que as soluções de reforço com rebocos armados são aplicáveis quando se considera necessário substituir os rebocos existentes, as soluções de reforço analisadas são comparadas com a solução de reabilitação sem rede de reforço, isto é, constituída por rebocos não armados.

No Quadro 2 apresentam-se custos diretos obtidos (através da metodologia definida na secção 3.2) de soluções de aplicação do revestimento sem a rede de reforço. Apresenta-se também, para comparação, as relações com as soluções de reforço apresentadas na secção 3.3 (Figuras 1 e 2).

Quadro 2 – Comparação de custos diretos de soluções de aplicação do revestimento sem a rede de reforço

Tipo de solução de aplicação do revestimento	**Custo direto [€/m²]**	**Comparação com SR1 e SR2**
Revestimento com argamassa de cal hidráulica natural (sem rede de reforço)	55,69	0,47 SR1
Revestimento com argamassa de cimento (sem rede de reforço)	39,61	0,39 SR2

Verifica-se que a aplicação de revestimentos com argamassa de cal hidráulica natural (sem rede de reforço) acresce em cerca de 29% ao valor da solução utilizada, face à aplicação de revestimento com argamassa de cimento (sem rede de reforço).

Considerando os custos diretos das soluções de aplicação do revestimento sem a rede de reforço obtidos através da metodologia definida na secção 3.2, verifica-se que o custo da aplicação de revestimento com argamassa de cal hidráulica natural (sem rede de reforço) corresponde a 47% do custo correspondente com aplicação de rede de reforço. No que se refere à solução com cimento (sem rede de reforço) verifica-se, que em termos de custos, corresponde a 39% da solução reforçada com rede correspondente. Apesar desta diferença ser significativa, os benefícios da colocação de revestimento armados podem tornar-se bastante evidentes quando o edifício onde estas paredes estão inseridas é submetido a situações limites, como é o caso de um sismo.

5. COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DAS SOLUÇÕES ADOTADAS COM OUTRAS SOLUÇÕES DE REVESTIMENTOS ARMADOS

Tendo em conta os trabalhos de investigação realizados por Costa & Oliveira (2010), Costa (2012) e Costa *et al.* (2013) após o sismo de 9 de julho de 1998 nos Açores, é possível comparar o custo das soluções adotadas com outras soluções de reforço equivalentes.

O sismo dos Açores de 1998 afetou cerca de 5000 edifícios nas ilhas do Faial e Pico. Tendo em conta a necessidade urgente de reforçar um grande número de edifícios danificados, foram realizados vários projetos de reabilitação por diversos gabinetes de arquitetura e engenharia. Segundo Costa & Oliveira (2010), as construções típicas dos Açores caracterizam-se por serem edifícios com paredes exteriores em alvenaria de pedra com espessura com cerca de 66 cm. As paredes divisórias interiores são geralmente em tabique de madeira ou frontais. A construção tradicional urbana encontra-se implementada em quarteirão ou em linha, tendo geralmente 2 a 3 pisos e raramente ultrapassando os 4.

Os autores do referido trabalho de investigação analisaram o mapa de medições de 17 projetos de reabilitação, dos quais 11 edifícios utilizaram a consolidação de paredes de alvenaria como técnica de solução de reforço. Esta solução de reforço consiste na execução de um reboco armado com rede metálica com uma espessura mínima de 3 cm, sendo que esta intervenção envolve também a limpeza das juntas e o seu refechamento, para aplicação da rede metálica devidamente ancorada por peças metálicas.

Com base nos trabalhos de Costa *et al*. (2013), o custo médio de aplicação de revestimentos armados é de 98,62 €/m^2. Este valor é bastante semelhante aos calculados para as soluções SR1 e SR2, correspondendo a cerca de 83% do custo da SR1 e a 96% da SR2. Segundo os mesmos autores, o custo total da intervenção nos 11 edifícios que utilizaram esta técnica de reforço foi de 846 604,50 €, sendo que o custo do reforço foi de 142 523,10 €, o que corresponde a uma percentagem de 16,80% do custo total da intervenção. Os valores apresentados são referentes aos custos finais das empreitadas executadas em reabilitações e reparações. Os valores apresentados estão já equiparados aos utilizados em Portugal Continental, tendo-se considerado um acréscimo de cerca de 30% em relação aos valores praticados nas ilhas e descritos no trabalho de Costa *et al.* (2013).

Os materiais de reforço que constituem os revestimentos armados podem ser de vários tipos. Salientam-se as fibras naturais, consideradas mais sustentáveis como: madeira, palha, junco, bambu, crina, sisal, juta, fibra de coco, entre outros. Por outro lado, as fibras de maior resistência e maior eficiência para o aumento da resistência à tração da argamassa são as fibras metálicas e as de carbono, podendo as fibras de vidro (resistentes aos álcalis) considerar-se com um desempenho intermédio.

A escolha das soluções de reforço a usar deve ter em conta a sua eficácia como reforço estrutural à ação sísmica, conjugando essa eficácia, na medida do possível, com a compatibilidade com os materiais e soluções de paredes

originais, sem a qual diversas anomalias construtivas poderão surgir e a durabilidade global da parede poderá ser comprometida. Embora o aumento da durabilidade do edifício e da parede original seja, em si, um fator de sustentabilidade, adicionalmente deverá ter-se em conta, sem prejuízo dos outros parâmetros apontados, o caráter sustentável dos materiais de reforço escolhidos.

No Quadro 3 e no Quadro 4 apresentam-se custos diretos obtidos (através da metodologia definida na secção 3.2) de soluções de reforço através de revestimentos armados com recurso a outros materiais de reforço, nomeadamente rede de juta, rede metálica e rede de fibra de carbono (Cype, 2019). Para comparação, apresentam-se também relações com as soluções de reforço apresentadas na secção 3.3 (Figuras 1 e 2).

Quadro 3 – Comparação de custos diretos para a aplicação de revestimentos armados com argamassas de cal hidráulica natural e vários tipos de redes de reforço

Composição do tipo de revestimento armado	**Custo direto [€/m²]**	**Comparação com SR1**
Rede natural de juta (122 gr/m²)	111,07	0,94 SR1
Rede metálica (malha com espaçamento de 50 mm e 2 mm de diâmetro)	112,35	0,95 SR1
Rede de fibra de carbono (malha de 18 mm x 16 mm)	129,19	1,09 SR1

Quadro 4 – Comparação de custos diretos para a aplicação de revestimentos armados com argamassas de cimento e vários tipos de redes de reforço

Composição do tipo de revestimento armado	**Custo direto [€/m²]**	**Comparação com SR2**
Rede natural de juta (122 gr/m²)	94,99	0,93 SR2
Rede metálica (malha com espaçamento de 50 mm e 2 mm de diâmetro)	96,27	0,94 SR2
Rede de fibra de carbono (malha de 18 mm x 16 mm)	113,11	1,10 SR2

Observa-se ainda uma grande aproximação em termos de custos entre as diferentes soluções reforçadas com outras redes de reforço, tanto para a situação em que é usada argamassa de cal hidráulica natural como para a situação em que é usada argamassa de cimento. Neste sentido verificam-se custos variáveis entre 0,94 SR1 e 1,09 SR1 no caso da utilização de cal hidráulica na argamassa e custos variáveis entre 0,93 SR2 e 1,10 SR2 no caso da utilização de cal na argamassa. Verifica-se também que, quer para os revestimentos com cimento quer para os revestimentos de cal hidráulica, o custo das respetivas soluções reforçadas com rede metálica e juta são ligeiramente inferiores à solução com rede de fibra de vidro enquanto que a solução de rede de fibra de carbono tem um custo ligeiramente superior à solução com rede de fibra de vidro.

6. CONCLUSÕES

Os rebocos armados permitem o aumento da ductilidade (capacidade de deformação), uma melhoria da resistência à tração e ao corte das paredes, tal como o controlo da fendilhação. A principal desvantagem da utilização dos revestimentos armados como solução de reforço, para além de ser aplicável apenas quando é necessário ou pelo menos aceitável remover os rebocos, prende-se com o facto desta solução não verificar o princípio da reversibilidade, visto que a sua remoção da parede provoca danos superficiais no paramento (Manzoni *et al*., 2008; Roque & Lourenço, 2002; Sofronie, 2004; Sofronie, 2005). Contudo, os rebocos de reforço com base em cal aérea ou mesmo hidráulica têm um certo grau de reversibilidade, em relação aos rebocos de cimento, ou de cimento e resina, de aderência mais elevada.

Tendo em conta os custos diretos apresentados da aplicação da solução de reforço por metro quadrado de

parede, verificamos que, apesar da solução de reforço de cal hidráulica natural (SR1) ter um custo direto um pouco mais elevado do que a solução de reforço de cimento (SR2), em cerca de 15,45 €/m^2 (acréscimo de aproximadamente 15%), a utilização da solução de reforço de cal hidráulica (SR1) justifica-se plenamente, na medida em que este material é mais compatível com a parede de alvenaria antiga que se pretende reforçar, nomeadamente por permitir uma evaporação mais fácil da humidade frequentemente existente nas paredes antigas, promovendo assim uma maior durabilidade global da parede. Adicionalmente a este aspeto, o material cal hidráulica natural pode ser um material mais sustentável do que o cimento, devido à sua menor temperatura de calcinação.

Comparando as soluções de reforço em análise (SR1 e SR2) com soluções de revestimento armado compostas por outras redes de reforço, verificamos que a utilização de rede de fibra de vidro apresenta-se como a mais indicada na medida em que a rede de fibra de juta não tem a resistência suficiente para o aumento da resistência à tração da argamassa onde é inserida, tornando esta solução de reforço menos eficaz (Ventura, 2009 e Brouwer, 2012). Comparando a rede de fibra de vidro com a rede metálica, também podemos concluir que neste caso a rede de fibra de vidro se apresenta como a mais indicada, na medida em que a rede de fibra de vidro tem uma durabilidade superior à rede metálica, já que esta apresenta problemas de corrosão ao longo do tempo. Finalmente, comparando a rede de fibra de vidro com a rede de fibra de carbono, também podemos concluir que a rede de fibra de vidro é a mais indicada, já que a utilização da rede de fibra de carbono apresenta custos mais elevados.

A diferença de custo entre reabilitar sem reforçar (colocação de um revestimento sem rede de reforço) e a aplicação dos revestimentos armados em análise, é de cerca de 42% superior para a solução de cal hidráulica natural (SR1) e cerca de 35% superior para a solução de cimento (SR2). Esta diferença de valores justifica-se plenamente, tendo em conta que, após a ocorrência de um sismo, o custo da reparação dos danos é muito superior, mas acima de tudo aumenta a probabilidade de salvaguardar vidas humanas.

As fichas de custos compostos e rendimentos de trabalhos de construção/reabilitação de edifícios desenvolvidas neste documento constituem uma base de trabalho para a sistematização na obtenção de fichas de custos para todos os trabalhos de reabilitação, numa perspetiva de uniformização da informação económica, compatibilização e interligação entre as distintas fontes existentes atualmente. Representa uma mais-valia científica para o setor da construção, contribuindo para o avanço do conhecimento científico na área da informação económica de trabalhos de reabilitação. Considera-se importante que o futuro contemple uma base de dados com uma compilação de informação económica existente, relativa a trabalhos de reabilitação, que deve ser gerida e disponibilizada a todas as entidades interessadas. Para retratar a realidade, este tipo de informação deve acompanhar as constantes mudanças a que está sujeita, pelo que se considera importante que seja desenvolvido um mecanismo expedito com a capacidade de proceder à atualização periódica e sistemática dos valores.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho insere-se no Projeto de Investigação e Inovação 2013-2020 do LNEC "REuSE – Revestimentos para Reabilitação: Segurança e Sustentabilidade".

REFERÊNCIAS

AICCOPN,2019 – **Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas.** https://prc.aiccopn.pt/ [acedido a 26-11-2019].

BRANCO, J., 2003 – **Rendimentos de mão-de-obra, materiais e equipamento em edificação e obras públicas**. Lisboa: Texto Editora.

BARTOLI, A.; SCALINCI, R., 2016 – **Prezzi informativi per l'edilizia**. Roma, Italia: Dei Tipografia del Genio Civile.

BROUWEr, W. D., 2012 – **Natural fibre composites in structural components: alternative applications for sisal?** http://www.fao.org/DOCREP/004/Y1873E/y1873e0a.htm [acedido a 17-12-2019].

COSTA, A.; OLIVEIRA, C., 2010 – **Reabilitação e reforço sísmico de construções antigas**. 8.º Congresso de Sismologia e Engenharia Sísmica (SÍSMICA 2010) Aveiro: Universidade de Aveiro.

COSTA, A., 2012 – **Reforço estrutural de edifícios: casos concretos e custos**. Lisboa: IST.

COSTA, A.; OLIVEIRA, C.; ARÊDE, A*. et al*., 2013 – **Reforço estrutural de edifícios: casos concretos e custos**. https://www.researchgate.net/publication/263658481_REFORCO_ESTRUTURAL_DE_EDIFICIOS_CASOS_CONCRETOS_E_CUSTOS [acedido a 02-12-2019].

CYPE, 2019 – **Gerador de preços Cype Ingenieros**. S.A. http://www.geradordeprecos.info/ [acedido a 26-11-2019].

EC, European Commission, 2014 – **Guide to cost-benefit analysis of in-vestment projects: economic appraisal tool for cohesion Policy 2014 -2020**. DG Regional Policy European Commission, 364 p.

FONSECA, M.; MANSO, A., 1990 – **Manual de utilização do programa base de dados de fichas de rendimento e cálculo de custos**. Relatório 43/90-NEP. Lisboa: LNEC.

FALCÃO SILVA, M. J.; SALVADO, F.; BAIÃO, M., 2016 – **Architectural heritage sustainable rehabilitation: Proposal for application of cost-benefit analysis**. 41st IAHS World Congress on Sustainability and Innovation for the Future. Portugal, Albufeira.

GIT, 2019 – **Le Logiciel – G.I.T. – Maitrise d'oeuvre**. https://www.logicielgit.com/ [acedido a 26-11-2019].

ITEC, 2019 – **Institut de Tecnologia de La Construcció de Catalunya**. https://itec.cat/ [acedido a 26-11-2019].

JOHNSON, V., 2017 – **Laxton's SMM building price book**. London, UK: LLP.

LANGDON, D., 2017 – **Spon's architects' and builders' price book**. London, UK: AECOM.

LUFKIN, P.; ABATE, D.; ROMANI, L.; TOWERS, M.; DOTZ, R.; MILLER, J., 2018 – **Facility operations cost reference 2017-18.** Califórnia, USA: Whitestone Research.

MANSO, A.; FONSECA, M.; ESPADA, J., 2010 – **Informação sobre custos. Fichas de rendimentos**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

MANZONI, E.; DUSI, A.; MEZZI, M., 2008 – **Polymeric grid for a cost effective enhancement of the seismic performance of masonry buildings.** 14th World Conference on Earthquake Engineering, Pequim, China.

ROQUE, J. & LOURENÇO, P., 2002 – **Caracterização mecânica de paredes antigas de alvenaria**. Guimarães: Universidade do Minho.

SALVADO, F., 2019 – **Custo do ciclo de vida na gestão de edifícios. Modelo de apreciação económica aplicado a portefólios de edifícios escolares públicos**. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico. 596 p.

SOFRONIE, R., 2004 –**Seismic strengthening of masonry in buildings and cultural heritage**. 6.º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica, Universidade of Bucareste, Roménia.

SOFRONIE, R., 2005 – **Application of reinforcing techniques with polymer grids for masonry buildings**. Report n.º 5 of the RTN CASCADE. Lisboa: LNEC.

VENTURA, A. M., 2009 – **Os compósitos e a sua aplicação na reabilitação de estruturas metálicas**. *Ciência & Tecnologia dos Materiais*. Vol. 21, nº 3/4.

RISCO NAS ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS

RISK IN BULDING MAINTENENCE STRATEGIES





Rui Calejo Rodrigues [(1)], Patrícia Fernandes Rocha [(2)]

(1) FEUP/CONSTRUCT/GEQUALTEC/CEES, Portugal, calejo@fe.up.pt
(2) CONSTRUCT/GEQUALTEC/CEES, Portugal, arqprocha@hotmail.com

RESUMO

Propõe-se a abordagem da eficácia das estratégias de manutenção de edifícios.

Fundamenta-se a problemática apresentada com base na incerteza associada ao comportamento de um edifício em serviço quando submetido a uma política de manutenção. Desconhece-se a eficácia de diferentes estratégias e concluiu-se existirem situações excessivas, porque caras, e outras insuficientes, porque negligentes. Ou seja, pratica-se, em manutenção de edifícios, um conjunto de procedimentos cujas consequências na promoção do desempenho do edifício em serviço, incrementando a sua vida útil, são muito pouco relevantes ou inexistentes.

A proposta desta comunicação é abordar esta problemática, sob o ponto de vista teórico, identificando o risco associado à ausência de manutenção e respetivas consequências para a vida de um edifício em serviço. Neste sentido, apresenta-se um modelo de análise de risco associado a comportamentos de ausência de manutenção, no âmbito do qual se propõe a quantificação do risco aceitável para a ausência de manutenção.

As análises experimentais e a abordagem teórica antes referida permitem apresentar um modelo baseado na análise da exposição aos Agentes de Degradação e na resposta às Exigências Funcionais. Inclui a importância da Manutenção com base na facilidade de operação ao nível da Inspeção de manutenção baseada em fenómenos de pré patologia, da Limpeza Técnica, da Pro-ação (identificada como os procedimentos necessários para garantir o desempenho de elementos ou componentes dos edifícios) e das Políticas de Correção e Substituição. Estas orientações são apresentadas e diferenciadas para os diferentes Elementos Fonte de Manutenção (EFM).

Com o propósito de fazer validar a utilidade desta abordagem, apresenta-se um caso prático, no qual se estabelece um comparativo entre uma abordagem corrente, frequente nas prestações de serviços, e a abordagem proposta.

Palavras-chave: Edifícios / Manutenção / Políticas / Estratégias / Risco

1. INTRODUÇÃO

O que acontece se não se praticar manutenção de edifícios?

A questão apresentada envolve um conjunto importante de considerações que muito complicam a resposta. Por um lado, é comum assumir-se que a ausência de manutenção provoca um acelerado decaimento das exigências a que o edifício ou seus componentes se encontram submetidos, por outro lado, considerando que o decaimento referido é muitas vezes provocado por erros (de conceção, projeto, construção ou utilização), as operações de pura manutenção poderão contribuir para a reincidência dos mesmos, sendo por isso necessário reabilitar.

Em extremos opostos, defendem-se políticas minimalistas de manutenção apenas destinadas a "garantir um mínimo de usabilidade", a que se contrapõem políticas maximizadoras da manutenção, em que, alegadamente, se garante a permanência do edifício "como novo".

A abordagem que se pretende fazer neste trabalho, recorre ao conceito de risco e à procura de um modelo de avaliação de risco em manutenção de edifícios, para que se possa fundamentar qual a prática de manutenção aceitável, dentro de cada política de gestão do imóvel. De alguma forma, pretende-se responder à pergunta formulada, identificando o risco de não manutenção – RNM que, como decorre do conceito, se assume poder existir um determinado risco aceitável, no qual se enquadra uma determinada política de manutenção. Ou seja, se não se praticar manutenção, correndo um risco aceitável, as consequências podem ser previsíveis e admissíveis. Por outro lado, corolários da anterior afirmação, para minimizar o risco de não manutenção, maiores medidas contribuirão sempre para um patamar de risco mínimo e, por isso mesmo, aceitável, mas potencialmente não desejável. É por isso possível observarem-se medidas de manutenção, dir-se-ia planos de manutenção, cuja implementação não permita garantir o desempenho desejado, porque o risco está aquém do desejável, e vice-versa, potencialmente os mesmos planos poderão, face a outros edifícios, garantir, por excesso (potencialmente com encargos exagerados), os objetivos de desempenho.

Há um risco associado às intenções de manutenção que depende não só dos respetivos planos, mas também dos edifícios a que se destinam. Neste trabalho, apresenta-se uma proposta de método para avaliar o risco de não manutenção, procurando identificar qual o risco aceitável.

Exemplificando com a concretização de um cenário construtivo real, o que se pretende é saber, face a uma "*cobertura invertida plana não acessível*", que risco se corre se negligenciar o agente de degradação "*vento*" e as consequências "*estéticas*" em caso de anomalia, face ao agente de degradação "*deposição de folhagem caduca*", e as consequências na "*drenagem*" em caso de anomalia. Facilmente se aceita que, negligenciando a manutenção face ao primeiro agente, o risco é "*baixo*" e face ao segundo exemplo, é "*alto*".

2. AVALIAÇÃO DE RISCO E MANUTENÇÃO - CONCEITOS

2.1. Risco

A avaliação de risco como área do conhecimento é recente, tendo conhecido maior relevo nos últimos 30 anos. A *SRA –Society for Risk Analysis* (SRA, 2015), fundada em 1980 e contando atualmente com mais de dois milhares de membros, desenvolveu um trabalho central na procura e difusão do conhecimento em análise de risco, a que os autores recorreram. Em particular destacam-se as publicações de Terje Aven (Aven & Zio, 2014) a partir das quais se utilizaram os conceitos de base de risco e de análise de risco. O Guia ISO (ISO 2019) define risco como "*o efeito da incerteza nos objetivos*". Do trabalho de Aven (Aven *et al*., 2014) foi recolhida a abordagem qualitativa (para além da probabilística), que é reconhecida como uma das ferramentas úteis no processo de avaliação de risco.

Assume-se assim que o risco de um fenómeno é o resultado da probabilidade da sua ocorrência afetado pelas consequências que daí resultam, o que no campo da manutenção de edifícios tem sentido, uma vez que se pode postular que o risco da ausência, ou a diminuição de manutenção, depende da probabilidade de ocorrência de fenómenos de degradação e naturalmente da severidade das consequências daí advindas.

2.2. Manutenção

Considera-se que a definição de manutenção decorre do estabelecido na norma EN 13306:2007, na qual se define como sendo o conjunto de ações técnicas e administrativas destinadas a garantir que um edifício exibe as caraterísticas exigenciais da sua entrada em serviço.

Por outro lado, considera-se ainda que o comportamento de um edifício em serviço não deve ser interpretado como um todo coerente, mas estar associado a um conjunto de Elementos Fonte de Manutenção (EFM) no qual este se pode decompor, exibindo cada EFM características comportamentais próprias e individuais. De alguma forma, o comportamento de um edifício em serviço resulta do "somatório" dos desempenhos individuais de cada EFM (Calejo Rodrigues, 2001).

De forma a ser possível consubstanciar o modelo que se propõe, considera-se que os procedimentos de manutenção se centram em operações de inspeção, limpeza, pro-ação, correção e substituição. A inspeção engloba todas as ações de procura e identificação de fenómenos de pré-patologia que permitam antecipar/atempar formas de correção. A limpeza, tanto a de higienização com a técnica, estão associadas à recuperação das exigências de higiene e desempenho de muitas das soluções construtivas. A pro-ação identifica o conjunto de ações necessárias para que uma dada solução construtiva garanta o seu desempenho funcional (desassorear caixas de retenção, desengordurar tubagem de pias, impermeabilizar tijolo à vista, lubrificar dobradiças e fechaduras, etc.). A correção está associada à reparação de erros que afetam o desempenho das soluções. A substituição abarca todos os componentes cuja vida útil é inferior à prevista para o edifício (desde a substituição de resilientes, filtros, anilhas de desgaste, até repinturas, etc.) (Calejo Rodrigues, 2001).

2.3. Modelos de risco

Vários métodos e modelos têm sido usados e desenvolvidos com o objetivo de avaliar o risco em manutenção ou durante a fase de utilização de um edifício, entre eles a utilização do método *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Contudo o objetivo fundamental do método FMEA, visa apoiar o diagnóstico de sistemas e equipamentos procurando hierarquizar causas de problemas, para, desta forma, poderem ser evitadas, por meio de planos de medidas preventivas ou corretivas (Bergman, 2010; Falorca, 2019). Contudo a utilização de FMEA tem vindo a ser vista com alguma prudência, uma vez que os resultados dependem muito da descrição e identificação dos componentes do sistema e respetivas falhas (Andrade *et al*., 2005). Não têm sido publicadas análises de sensibilidade, fazendo pressupor alguma dificuldade em identificar reprodutibilidade de resultados.

O modelo descritivo que se propõe, não está também isento da necessária análise de sensibilidade, mas, na fase em que se encontra, necessariamente a sugerir desenvolvimento, tem revelado bons indicadores.

3. MODELO PROPOSTO

3.1. Enquadramento

Do ponto de sita semântico, desenvolver um modelo de "risco da manutenção" poderia ser motivo de alguma má interpretação, pois a manutenção como conceito não acarreta o que comummente se considera ser "risco". Resulta assim que, num cenário de risco, ele está mais associado à ausência ou simplificação da manutenção do que à sua efetivação. Por este motivo, desenvolveu-se o conceito de Risco de Não Manutenção (RNM) como

sendo o risco associado à redução ou à não execução de procedimentos de manutenção, ponderando as consequências daí advindas.

Retomando o conceito de risco como sendo o resultado da probabilidade de ocorrer um fenómeno agravado pelas consequências do mesmo, entendeu-se identificar os fenómenos como os "agentes de degradação" que afetam o desempenho de um dado EFM, sendo as consequências o resultado da perda de desempenho relativa às "exigências funcionais" específicas. Estabeleceu-se assim que RNM decorre da maior ou menor exposição do EFM aos diversos agentes de degradação, agravado pelos prejuízos decorrentes das perdas funcionais que daí advêm.

Para ponderar a importância relativa de cada agente de degradação, entendeu-se afetá-lo de um dado coeficiente de importância. Para identificar os prejuízos funcionais são individualizadas as respetivas exigências, que se maximizam por causa das consequências dos respetivos danos e se minimizam pela facilidade de executar manutenção – *maintainability*.

Resulta assim um modelo em que o RNM é resultado do produto de uma probabilidade de ocorrência de um dano (função dos agentes a que está submetido) pela severidade das consequências (função das exigências, da extensão dos danos, e da facilidade em manter).

3.2. Parametrização

Em face do exposto propõe-se que (equação 1):

$$RNM = POD * SDC \tag{1}$$

Sendo:

RNM: Risco de Não Manutenção

POD: Probabilidade de Ocorrência de Dano

SDC: Severidade Das Consequências

Por sua vez, a Probabilidade de Ocorrência de Dano – POD, resulta da seguinte expressão (equação 2):

$$POD = \frac{ExpA1 * IpA1 + Exp \quad * IpA2 + \cdots + ExpAn * IpAn}{1{,}2 * n} \tag{2}$$

Sendo:

POD: Probabilidade de Ocorrência de Dano

$ExpAn$: Exposição ao Agente de Degradação n [0,8 : 1,2]

$IpAn$: Importância do Agente de Degradação n [0 : 1]

n: número de Agentes de Degradação

A severidade das Consequências – SDC, pode ser obtida através da seguinte expressão (equação 3):

$$SDC = \frac{IED * EXD * (0{,}5 * MAN)}{0{,}608} - 0{,}421 \tag{3}$$

Sendo:

SDC: Severidade Das Consequências

IED: Importância das Exigências de Desempenho

EXD: EXtensão dos Danos

MAN: MANutebilidade

A Importância das Exigências de Desempenho (IED), obtém-se da média da avaliação de cada exigência conforme a expressão seguinte (equação 4):

$$IED = \frac{ImpE1 + ImpE2 + \cdots + ImpEm}{m} \quad (4)$$

Sendo:

IED: Importância das Exigências de Desempenho

$ImpEm$: Avaliação da Exigência *m* [0,8 : 1,2]

m: número de Exigências

O parâmetro de Extensão dos Danos – EXD, resulta da média da ponderação para cada exigência de desempenho das consequências dos danos estéticos e funcionais (equação 5):

$$EXD = \frac{\frac{DEstE1 * 1 + DFunE_1 * 3}{4} + \frac{DEst \quad * 1 + DFunE2 * 3}{4} + \cdots + \frac{DEstEm * 1 + DFunEm * 3}{4}}{m} \quad (5)$$

Sendo:

EXD: Extensão Dos Danos

DEstEm: Avaliação dos Defeitos Estéticos da Exigência m [0,8 : 1,2]

DFunEm: Avaliação dos Defeitos Funcionais da Exigência m [0,8 : 1,2]

m: número de Exigências

O parâmetro Manutebilidade – MAN, é obtido avaliando a importância (desagravo) de cada uma das ações de manutenção na severidade das consequências em cada exigência de desempenho conforme se apresenta na equação que se segue (equação 6):

$$MAN = \frac{\sum_{i=1}^{m} \frac{InEi + LiEi + PaEi + CrEi + StEi}{5}}{m} \quad (6)$$

Sendo:

MAN: Manutebilidade

InEi: Avaliação do benefício da Inspeção na Exigência i [1,2 : 0,8]

LiEi: Avaliação do benefício da Limpeza na Exigência i [1,2 : 0,8]

PaEi: Avaliação do benefício da Pró-ação na Exigência i [1,2 : 0,8]

CrEi: Avaliação do benefício da Correção na Exigência i [1,2 : 0,8]

StEi: Avaliação do benefício da Substituição na Exigência i [1,2 : 0,8]

m: número de Exigências

A avaliação dos diferentes indicadores é feita expressando numericamente uma variação entre 0,8 e 1,2 como forma de limitar as consequências de dispersão de valores num processo multiplicativo. Como orientação para o avaliador entende-se propor um conjunto de descrições orientadoras conforme os quadros seguintes (Quadro 1 a 5).

Quadro 1 – Orientação para avaliação da Exposição ao Agente de Degradação – *ExpAn*

Avaliação	Definição	Descrição
1,2	Muito alto	Exposição aos agentes ocorre continuamente
1,1	Alto	Exposição aos agentes ocorre muito frequentemente
1,0	Medio	Exposição aos agentes corrente
0,9	Baixo	Exposição aos agentes ocorre pontualmente
0,8	Muito baixo	Exposição aos agentes não tipifica risco

Quadro 2 – Orientação para avaliação da Importância do Agente de Degradação – *IpAn*

Avaliação	Definição	Descrição
[0,8 – 1,0]	Muito importante	Agente principal, único e decisivo
[0,6 – 0,8]	Importante	Agente importante em paralelo com outro
[0,4 – 0,6]	Corrente	Agente com igual importância a outros
[0,2 – 0,4]	Moderada	Agente de menor importância face a outros
[0,0 – 0,2]	Baixa ou Inexistente	Agente inexistente ou pouco importante

Quadro 3 – Importância da Exigência de Desempenho – *ImpEm*

Avaliação	Definição	Descrição
1,2	Decisiva	Exigência principal, única, segurança saúde ou salubridade
1,1	Muito Importante	Exigência importante em paralelo com outra de segurança saúde ou salubridade
1,0	Importante	Exigência principal, sem ser de segurança saúde ou salubridade
0,9	Moderada	Exigência importante em paralelo com outra sem ser de segurança saúde ou salubridade
0,8	Baixa ou Inexistente	Exigência pouco importante

Quadro 4 – Avaliação da Extensão dos Defeitos Estéticos ou Funcionais – *DEstEm / DFunEm*

Avaliação	Definição	Descrição
1,2	Generalizado	Efeitos observados em todo o EFM
1,1	Muito Extenso	Efeitos observados na generalidade do EFM
1,0	Moderada	Efeitos observáveis e não extensos
0,9	Baixa	Efeitos observáveis pontuais
0,8	Pontual ou Inexistente	Efeitos pontuais a motivar esforço de observação

Quadro 5 – Avaliação dos Benefícios de Manutebilidade – *InEi / LiEi / PaEi / CrEi / StEi*

Avaliação	Definição	Descrição
0,8	Extremamente fácil	Sem encargos nem meios especiais, bom acesso
0,9	Fácil	Baixos encargos, meios correntes, bom acesso
1,0	Normal	Encargos normais, meios próprios de acesso e/ou manutenção
1,1	Difícil	Encargos específicos, meios não correntes de acesso e/ou manutenção
1,2	Complexa	Encargos altos e/ou meios especiais de acesso e/ou manutenção

3.3. Identificação do Espaço de Risco Aceitável

Procedeu-se a um conjunto de simulações, procurando conjugar a variabilidade dos parâmetros de avaliação com as definições respetivas no sentido de identificar zonas limite de risco aceitável. A Figura 1 mostra o RISCO resultante da variação da Probabilidade de Ocorrência de Danos (POD) com a Severidade das Consequências (SDC).

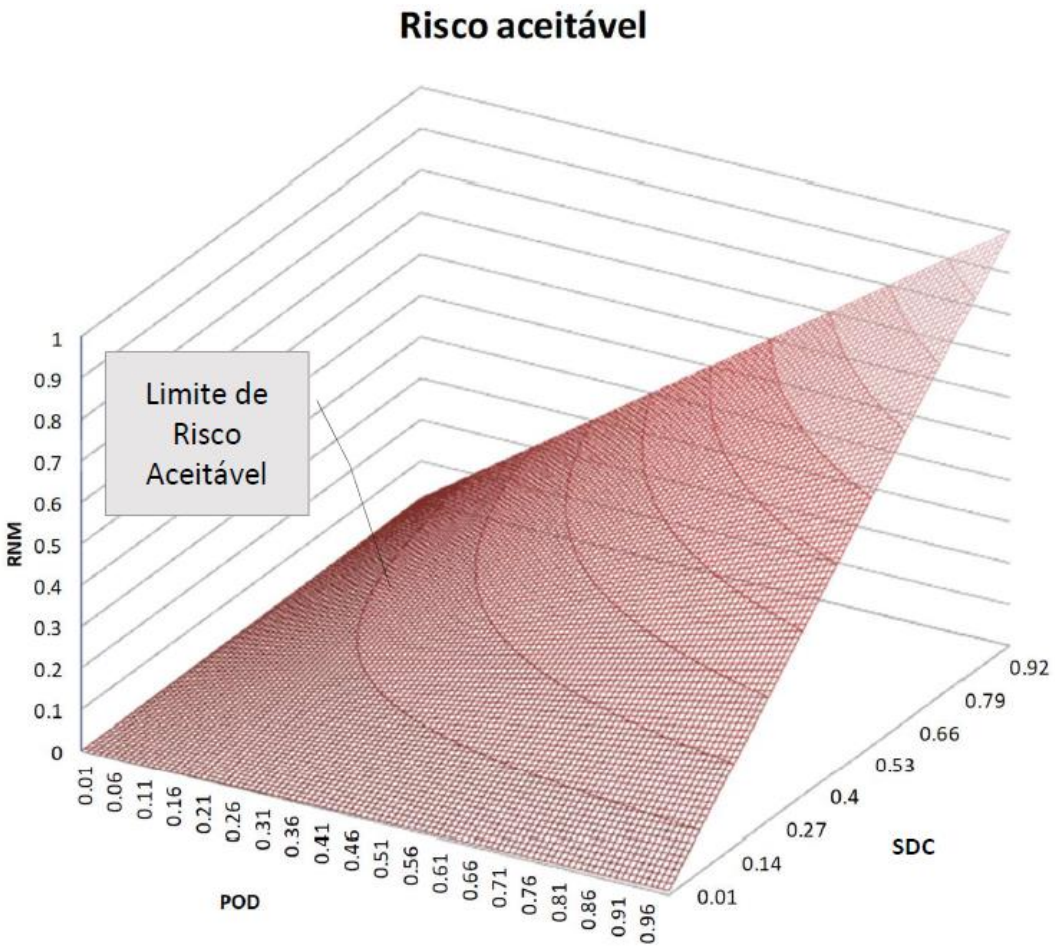


Figura 1 – Limite de Risco Aceitável

Para identificação do limiar de risco aceitável procedeu-se à identificação do risco decorrente da seguinte situação considerada limite aceitável em cada parâmetro avaliado, que se resume no quadro seguinte (Quadro 6):

Quadro 6 – Avaliação dos parâmetros na situação “aceitável”

Avaliação	Parâmetro	Descrição
1,0	*ExpAn*	“Médio” – Exposição aos agentes corrente
0,5	*IpAn*	“Corrente” – Agente com igual importância a outros
1,0	*ImpEm*	“Importante” – Exigência principal, sem ser de segurança saúde ou salubridade
1,0	*DEstEm / DFunEm*	“Moderada” – Efeitos observáveis e não extensos
1,0	*InEi / LiEi / PaEi / CrEi / StEi*	“Normal” – Encargos normais, meios próprios de acesso e manutenção

O Risco associado a esta situação é de **0,17**, ou seja, considerando que o Risco 1,0 corresponde à certeza de eventos considerados “extensos”, “muito expostos” e “graves”, e Risco “0,0” a ausência de ocorrência, o valor **0,17** identifica o limiar superior de risco aceitável que não pode ser ultrapassado com diferentes conjugações dos parâmetros antes identificados.

4. AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO

4.1. Comparativo de diferentes políticas

É comum estabelecer-se, para um edifício em serviço, a existência de duas grandes famílias de politicas de manutenção: a manutenção preventiva (sistemática e condicionada) e a manutenção reativa. Recentemente promovem-se politicas de manutenção integrada. Considera-se, contudo, que a “política” habitual que é autodesignada por corretiva, na realidade não passa de uma ausência de qualquer metodologia que não seja a de reagir face a solicitações mais ou menos urgentes, numa perspética de “desenrasque”. Realizou-se, assim, uma análise de risco das seguintes formas de proceder: Preventiva (sistemática); Preventiva (condicionada); Reativa; Integrada; “Desenrascativa”.

O Quadro 7 resume a parametrização associada a cada uma das políticas, numa situação neutra de exposição a agentes de degradação e a exigências funcionais. Apresenta-se ainda o caso prático de uma cobertura plana invertida não acessível.

Quadro 7 – Parametrização das diferentes políticas [dados cobertura plana invertida não acessível]

Política	*ExpAn*	*IpAn*	*ImpEm*	*DEstEm / DFunEm*	InEi / LiEi / PaEi / CrEi / StEi	*RNM*
Preventiva (sistemática)	1,0 [1,1]	0,5 [0,8]	1,0 [1,1]	1,0 / 1,0 [0,8] / [0,8]	1,0 / 0,9 / 0,8 / 0,9 / 0,8 [1,1 / 1,0 / 0,8 / 0,8 / 0,8]	0,13 [0,17]
Preventiva (condicionada)	1,0 [1,1]	0,5 [0,8]	1,0 [1,1]	1,0 / 1,0 [0,8] / [0,8]	1,0 / 0,9 / 0,8 / 0,9 / 0,9 [1,1 / 1,0 / 0,8 / 0,8 / 0,9]	0,13 [0,18]
Reativa	1,0 [1,1]	0,5 [0,8]	1,0 [1,1]	1,0 / 1,0 [0,8] / [0,8]	1,1 / 0,8 / 1,0 / 1,1 / 1,1 [1,2 / 1,0 / 1,2 / 1,0 / 1,2]	0,17 [0,29]
Integrada	1,0 [1,1]	0,5 [0,8]	1,0 [1,1]	1,0 / 1,0 [0,8] / [0,8]	0,9 / 0,8 / 0,8 / 0,8 / 0,8 [1,2 / 0,8 / 0,8 / 0,8 / 0,8]	0,11 [0,16]
“Desenrascativa”	1,0 [1,1]	0,5 [0,8]	1,0 [1,1]	1,0 / 1,0 [0,8] / [0,8]	0,8 / 1,2 / 1,2 / 1,2 / 1,2 [0,8 / 1,2 / 1,2 / 1,2 / 1,2]	0,21 [0,29]

4.2. Análise de dados

Os dados obtidos permitem observar uma grande dependência das políticas de manutenção, dito de outra forma, o risco decorrente de não realizar operações de manutenção é naturalmente multi-dependente da forma como o edifício sofre essa manutenção. Face a uma situação "média" de exposição a agentes de degradação e a exigências funcionais "correntes", a sensibilidade a determinadas políticas é significativa, salientando-se a situação habitual de manutenção – que se identificou como "desenrascativa", a evidenciar um nível de risco superior ao considerado aceitável, o patamar de 0,17.

Note-se que o exemplo apresentado corresponde a uma análise global de políticas que sendo específicas de um dado EFM, agravam e aceleram o risco referido. Tem particular relevância o caso do exemplo prático apresentado relativo a uma cobertura plana invertida não acessível, no qual as assimetrias se agravam, acentuando-se o RNM relativo a políticas "desenrascativas", mas mesmo políticas reativas puras acabam por se colocar no limite do risco não aceitável.

5. CONCLUSÕES

Retomando a questão inicial sobre o que acontece se não se praticar manutenção de edifícios, resulta claro que o edifício corre riscos que dependem da exposição e importância dos agentes de degradação a que está exposto e das exigências de desempenho a que tem de dar resposta. As diferentes políticas de manutenção afetam significativamente esse risco.

Para chegar a estas conclusões, desenvolveu-se um modelo de análise de risco baseado numa avaliação qualitativa de diferentes parâmetros que identificou um nível máximo de risco aceitável, ou seja permite projetar formas de intervenção (e definir políticas) que sejam dimensionadas para a eficácia do desempenho.

Das simulações apresentadas, salienta-se a prestação da forma de atuar corrente, que se apelidou de "desenrascativa", a denunciar um risco associado acima do valor aceitável e muito sensível ao Elemento Fonte de Manutenção analisado, que agrava o risco em cerca de 38%, passando de uma situação "média" de 0,21 (já acima do patamar de aceitação), para uns reveladores 0,29. Concluiu-se que esta forma de atuar face ao comportamento dos edifícios em serviço comporta riscos de não resposta aos agentes de degradação e consequente incapacidade de garantir desempenho funcional.

No campo oposto, a forma de atuação Integrada (misto de políticas ajustadas às circunstâncias de funcionamento do edifício) revela-se claramente a que menor risco comporta, sempre inferir ao limite aceitável de 0,17, mas a identificar sensibilidade no caso do EFM analisado.

Esta metodologia, ainda em desenvolvimento, procura produzir um indicador/avaliador de práticas de manutenção suportado nas consequências para o edifício em termos de desempenho. O desenvolvimento futuro assenta na análise de independência dos diferentes parâmetros utilizados. Como parâmetros qualitativos dependentes de um avaliador, a necessária avaliação de sensibilidade avança no sentido de uma abordagem probabilística que sintetize a decisão de diferentes avaliadores.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por: Financiamento Base - UIDB/04708/2020 e Financiamento programático – UIDP/04708/2020 da Unidade de Investigação CONSTRUCT – Instituto de I&D em Estruturas e Construções – financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Luis; ZARDO, Claiton; FORCELLINI, Fernando, 2005 – **O uso do FMEA como uma métrica para a confiabilidade no Projeto Conceitual**. V Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento do Produto (CBGDP), Curitiba.

AVEN, Terje; ZIO, Enrico, 2014 – **Foundational issues in risk assessment and risk management**. *Risk Analysis*. volume 37, pp. 1164-1172. doi:10.1111/risa.12132.

BERGMAN, Bo; KLEFSJÖ, Bengt, 2004 – **Quality from customer needs to customer satisfaction**. Lightning Source, ISBN9144041667.

FALORCA, Jorge, 2019 – **Main functions for building maintenance management: an outline application**. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*. vol 37, n.º 5, pp. 490-509, doi: 10.1108/IJBPA-08-2018-0067.

ISO, 2009 – **Risk management – Vocabulary**. Guide 73.

CALEJO RODRIGUES, Rui, 2001 – **Gestão de edifícios – Modelo de simulação técnico económica**. Dissertação de Doutoramento. Porto: FEUP.

SRA (Society of Risk Analysis), 2015 – **Foundations of risk analysis, discussion document**. – www.sra.com – consultado em 24.10.2019 .



ENCORE 2020

4º encontro de conservação
e reabilitação de edifícios

Reabilitação: uma Prática Integrada



A reabilitação, principalmente no que respeita ao património com valor cultural, é uma temática multidisciplinar, que envolve uma diversidade de perspetivas e de problemáticas e a necessidade de conciliar requisitos de tipo muito diferente, exigindo frequentemente decisões difíceis, que devem ser sempre bem fundamentadas, no conhecimento do existente, das soluções possíveis e dos valores a preservar. Por isso, esta seção aborda uma perspetiva mais abrangente e integrada da reabilitação, contemplando trabalhos que identificam a complexidade da garantia de cumprimento das exigências de segurança, salubridade, conforto e ambiente dos edifícios sem pôr em risco a preservação dos seus valores culturais e mantendo a viabilidade técnica e económica. Os trabalhos desta secção apresentam e discutem também soluções e desafios para a promoção de uma perspetiva de reabilitação integrada, bem como estudos de caso.

AVALIAÇÃO CULTURAL E AMBIENTAL DA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HABITACIONAIS URBANOS

CULTURAL AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF URBAN HOUSING REFURBISHMENT



Joana Mourão

Instituto Superior Técnico e LNEC, Portugal, jmourao@lnec.pt; joana.mourao@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

A comunicação apresenta um método de avaliação multicritério para a avaliação de impactes culturais e energéticos da reabilitação de edifícios habitacionais urbanos (método IMPACTE REHURB). Este método destina-se ao apoio à decisão no controlo prévio das obras de reabilitação de edifícios. Apresentam-se na comunicação os objetivos, as principais fontes e a estruturação do método. São descritos os critérios e os elementos de avaliação a aplicar, quer para o diagnóstico de valor, quer para a avaliação de impacte. É sintetizada uma aplicação-piloto do método e respetivos resultados. Finalmente, são abordados os desenvolvimentos futuros.

Palavras-chave: Avaliação Multicritério / Património Cultural / Energia / Habitação / Reabilitação

RESUMO ALARGADO

Nos últimos anos as obras em edifícios urbanos existentes tornaram-se mais frequentes e mais profundas, transformando parte significativa do parque edificado habitacional urbano. Estas obras decorreram ao abrigo de um regime excecional e temporário, recentemente revogado pelo novo regime aplicável à reabilitação de edifícios e frações autónomas (DL 95/2019). O novo regime enuncia os princípios de proteção e valorização do existente, de sustentabilidade ambiental e de melhoria proporcional e progressiva.

No atual momento de transição entre regimes, para melhorar a qualidade e adequação das obras de reabilitação de edifícios, e também para assegurar a coerência destas para com os princípios do novo regime, a reabilitação de edifícios necessita de apoio técnico-científico. Para este fim, são necessários instrumentos de avaliação que apoiem a preservação do património edificado com valor cultural e, simultaneamente, considerem a redução e otimização do consumo de materiais e de energia, ao longo do ciclo de vida dos edifícios.

Na perspetiva da conservação urbana integrada os valores culturais e ambientais encontram-se associados entre si na transformação e reuso dos edifícios, devendo ser ponderados em conjunto: no que respeita à preservação cultural, a UNESCO e o ICOMOS têm-se dedicado a proteger monumentos e sítios, mas é necessário alargar essa proteção criteriosa ao património não classificado; no que respeita à redução e otimização do consumo de materiais e de energia, a normativa para a sustentabilidade ambiental dos edifícios é cada vez mais desenvolvida e começa a integrar também os edifícios históricos (EN 16883: 2017). Torna-se cada vez mais evidente a relação entre sustentabilidade e reabilitação do património edificado.

Esta comunicação apresenta um método de avaliação multicritério para o diagnóstico de valores e a avaliação de impactes culturais e energéticos da reabilitação, inserido num processo de apoio técnico específico. O método está estruturado por uma matriz de critérios e de elementos de avaliação, agrupados em seis domínios, três na dimensão técnico-cultural (morfologia urbana, tipologia arquitetónica, sistema construtivo) e três na dimensão energético-ambiental (materiais, vãos e componentes para o conforto passivo, sistemas de energia para o conforto ativo).

Os seis critérios de avaliação considerados são: a especificidade; a adequabilidade; a integração, e; a energia incorporada, o conforto passivo e a energia operacional. Estes critérios são aplicados aos pares a cada elemento de avaliação. A especificidade e adequabilidade são aplicados aos elementos de avaliação do impacte técnico-cultural e os restantes critérios são aplicados, em diferentes combinações, aos elementos de avaliação do impacte energético-ambiental.

No método IMPACTE REHURB, cada elemento de avaliação é avaliado pelos critérios respetivos numa primeira fase de diagnóstico – onde se classifica o valor como elevado, médio ou reduzido –, e numa segunda fase de avaliação – onde se classifica o impacte como positivo, neutro ou negativo.

No final da avaliação, a pontuação obtida em cada elemento (1, 0 ou -1) pode ser somada, permitindo uma classificação do impacte em cinco níveis (de impacte muito negativo a impacte muito positivo). Esta classificação poderá servir de referência para a resposta a dar por entidades de gestão territorial a pedidos de licenciamento, ou comunicação prévia, de obras de reabilitação, nas categorias previstas de obras de alteração, reconstrução e/ou ampliação.

Para ilustrar e testar esta avaliação, e o respetivo procedimento de classificação de valores e impactes, apresenta-se o estudo de um caso prático de reabilitação de um edifício habitacional urbano, com base na visita ao edifício, na consulta do projeto e numa entrevista com as projetistas.

Neste caso, obtiveram-se resultados consistentes com a observação empírica, verificando-se uma compensação entre as ações com impacte positivo e as com impacte negativo. A avaliação totalizou 19 pontos, em 58 elementos, correspondendo a 33% de impacte positivo e, assim, a um "impacte positivo médio".

Dos seis domínios avaliados destacou-se a morfologia urbana (tecido urbano, cérceas, alçados de conjunto) com impactes mais positivos, enquanto o domínio que apresenta um impacte mais negativo é o dos materiais (novos e existentes). Na tipologia arquitetónica (organização espacial, comunicações e caracterização decorativa), no balanço entre ações de reabilitação nos dois lados do edifício, os impactes negativos superam os positivos.

Na avaliação relativa a componentes para o conforto passivo, embora com disparidades entre os numerosos fatores a considerar (exposição e acesso solar, iluminação natural, ventilação natural, controlo de humidade, inércia e isolamento térmicos), no balanço final obtêm-se impactes positivos significativos. Já em termos de sistemas para conforto ativo a intervenção fica aquém do impacte positivo desejável, devido à ausência de sistemas integrados, quer de climatização quer de energias renováveis.

No total, o impacte positivo cultural corresponde a quase o dobro do impacte positivo energético. Neste caso, atingir a classe de impacte muito positivo, com pontuação positiva em praticamente todos os elementos de avaliação, significaria uma obra com maiores condicionantes programáticas e maior apoio da investigação.

A aplicação piloto do método IMPACTE REHURB demonstrou que este pode contribuir para a regulação da reabilitação de edifícios de habitação urbana, por via da classificação dos valores técnico-culturais e energético-ambientais presentes, e dos impactes esperados, no controlo prévio das obras de reabilitação. Complementarmente, este método pode ser utilizado como ferramenta de apoio ao projeto de reabilitação.

A aplicação piloto permitiu também identificar os desenvolvimentos necessários e oportunos para a investigação em curso, designadamente: i) ponderar os critérios e elementos de avaliação entre si; ii) prever a desagregação da pontuação por unidades físicas do edificado; iii) ampliar a árvore de domínios e critérios à dimensão de avaliação socioeconómica; e, iv) aplicar o método para o aprofundamento e verificação do cumprimento dos princípios da nova legislação.

Quanto à ponderação dos critérios e elementos do método, após consulta técnica preliminar junto de um conjunto de peritos, uma nova consulta será desenvolvida para debater a sua ponderação relativa.

Quanto à desagregação da avaliação por unidades físicas dos edifícios, se na aplicação-piloto se avaliou a situação dominante nas diferentes unidades, sem a desagregar, no futuro deverá ser possível ter em conta a avaliação em cada nível físico (conjunto edificado, edifício, piso, espaços comuns, fração, compartimento).

Quanto à ampliação das dimensões de avaliação, encontra-se em curso a extensão da matriz de critérios e de elementos de avaliação de forma a incluir a oferta de habitação adequada, como objetivo de coesão socioeconómica urbana a acrescentar aos objetivos considerados na primeira fase do trabalho de investigação.

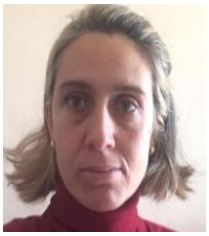
Finalmente, é de salientar a oportunidade de relacionar o método de avaliação multicritério apresentado com o novo regime aplicável à reabilitação de edifícios e frações autónomas (DL95/19), considerando os seus princípios de proteção do existente, de sustentabilidade ambiental e de melhoria proporcional e progressiva, princípios apresentados e discutidos oportunamente numa outra comunicação neste encontro (Pedro e Mourão, 2020).

Nota:

Artigo completo publicado no número temático: Avaliação técnico-cultural e energético-ambiental da reabilitação de edifícios habitacionais urbanos in *Cidades, Comunidades e Territórios*, Dossier temático ENCORE 2020 a publicar em 2021.

ANÁLISE FINANCEIRA A INCORPORAR EM ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO APLICADA À REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS ESCOLARES PÚBLICOS

FINANCIAL ANALYSIS TO BE INCORPORATED INTO COST-BENEFIT ANALYSIS APPLIED TO PUBLIC SCHOOL BUILDINGS REHABILITATION


Filipa Salvado [(1)], Maria João Falcão Silva [(2)], Paula Couto [(3)]

(1) LNEC, Portugal, asalvado@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, pcouto@lnec.pt

RESUMO

A análise custo-benefício (ACB) é frequentemente usada por governos e outras organizações para avaliar a conveniência de determinada opção de investimento relativamente a outras. Trata-se de uma metodologia que permite a comparação entre os benefícios e os custos esperados, considerando as alternativas que se podem perdem e a manutenção da situação original (status quo). A aplicação desta análise a intervenções de reabilitação de edifícios pode constituir uma ferramenta poderosa e de grande funcionalidade, contribuindo para fundamentar o processo de decisão sobre a reabilitação de um ou mais edifícios ou de outras infraestruturas e comparar a eficiência de diferentes estratégias em termos da relação Custo-Benefício. Uma ACB integra a evolução das políticas comunitárias e instrumentos financeiros e visa disponibilizar apoio técnico e contribuir para a reflexão sobre a modulação das taxas de cofinanciamento.

O presente artigo apresenta o desenvolvimento duma ACB para a avaliação socioeconómica de projetos de investimento de reabilitação de edifícios escolares públicos. O caso de estudo compreende um conjunto selecionado de edifícios escolares públicos portugueses, com intervenções de reabilitação realizadas entre 2007 e 2011, ao qual é aplicado parte do modelo de ACB desenvolvido (até à análise financeira), de forma a validar a sua aplicabilidade a outras situações futuras semelhantes. Finaliza-se o artigo com as conclusões obtidas, referindo-se os desenvolvimentos futuros a considerar no âmbito da aplicação de uma ACB completa.

Palavras-chave: Análise Custo-Benefício / Análise Financeira / Reabilitação de Edifícios / Edifícios Escolares Públicos

1. INTRODUÇÃO

A União Europeia tem vindo a estabelecer metas e políticas para a redução de impactes ambientais e sociais negativos (*e.g*. contaminação do ar e água, produção de ruído, ocupação do solo) no setor AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) (EC, 2008). A construção nova de edifícios públicos contribui para esses impactes além de representar um esforço financeiro com elevada influência no orçamento de um país. A procura de soluções para atingir estas metas tem conduzido ao aumento da vida útil dos edifícios existentes, através da sua reabilitação em vez da sua demolição e construção nova, o que reduz drasticamente quer o consumo de materiais novos quer a produção de resíduos. Por outro lado, surge a necessidade de realizar análises económico-financeiras, de longo prazo, de forma a quantificar custos e benefícios que os edifícios geram ao longo da sua vida útil (Salvado e Falcão Silva, 2015).

A situação de degradação do edificado público Português, indica a necessidade de desenvolver soluções sustentáveis de reabilitação. Torna-se urgente desenvolver estudos de investigação, de base económico-científica, que permitam fundamentar análises de viabilidade de diferentes estratégias de reabilitação, considerando as diferentes tipologias construídas no território português e os diferentes riscos associados a cada uma delas (DG-EC, 2003).

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

A Análise Custo-Benefício (ACB) de projetos de investimento é explicitamente exigida pelos novos regulamentos da União Europeia que regem os Fundos Estruturais, o Fundo de Coesão e o Instrumento Estrutural de Pré-Adesão, no caso de projetos cujos orçamentos excedam, respetivamente, 50, 10 e 5 milhões de euros. A finalidade de uma ACB é avaliar se um projeto é viável do ponto de vista do bem-estar social através da soma algébrica dos seus custos e benefícios com desconto, ao longo do tempo. A ACB permite determinar se os benefícios futuros serão suficientes para justificar os custos atuais de projetos de investimento, assentando na conversão em valores monetários de todos os custos e benefícios, e respetivas correções, mesmo quando são de carácter intangível (GCBA, 2014; DG-EC, 2003).

No *Manual de Análise de Custos e Benefícios* dos projetos de investimento (GCBA, 2014) encontra-se definida uma proposta de metodologia para ACB, constituída por cinco Fases conforme adaptado na Figura 1.



Figura 1 – Fases de uma ACB

FASE 1

Identificar e definir com clareza os objetivos socioeconómicos a cumprir no âmbito de um projeto e os seus indicadores materiais, assim como o contexto da sua implementação. O conjunto de benefícios decorrentes do projeto de investimento, em termos de bem-estar, deve ter uma proporção adequada aos custos e devem ser contabilizados os principais efeitos sociais e económicos diretos ou indiretos.

FASE 2

Garantir a viabilidade do projeto em estudo, de um ponto de vista técnico. A análise das alternativas deve ter em consideração as soluções tecnológicas a adotar, bem como outras opções possíveis para as infraestruturas

(por exemplo, considerar a possibilidade de alteração do fim a que se destina).

FASE 3

Obter a informação necessária em termos de receitas e despesas, seus preços de mercado relativos e como se distribuem ao longo do tempo previsto para o projeto. Esta análise tem três finalidades: i) reunir a informação necessária para a análise do cash-flow; ii) avaliar a viabilidade financeira do projeto; e iii) avaliar os benefícios financeiros calculando a rentabilidade do ponto de vista do investidor.

FASE 4

Estudar a adequabilidade de um projeto em termos dos valores económicos dos custos e benefícios. Partindo da análise financeira, a análise económica aplica uma série de correções aos dados financeiros, e considera os benefícios e custos sociais não contabilizados. Estas correções consistem em eliminar efeitos fiscais, em considerar as externalidades que conduzem a custos e benefícios sociais, e em converter os preços do mercado utilizados na análise financeira.

FASE 5

Selecionar as variáveis e parâmetros "críticos" do modelo, ou seja, aquelas cujas variações, positivas ou negativas em relação ao valor utilizado como melhor estimativa no caso de referência, têm um efeito mais pronunciado nos parâmetros económicos determinados. Os critérios a utilizar para a escolha das variáveis críticas diferem em função das caraterísticas do projeto e devem ser avaliados com rigor em cada caso. Após a identificação das variáveis críticas, é necessário, para proceder à análise de risco, associar a cada variável uma distribuição de probabilidades, definida numa gama de valores em torno da melhor estimativa utilizada no caso de referência.

3. REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS ESCOLARES PÚBLICOS

O caso de estudo do presente artigo é constituído por um conjunto de 70 edifícios escolares públicos construídos em Portugal entre 1968 e 1981 e totalizam uma área de construção de edificado de 1.043.200 m^2. Caracterizam-se por se estruturem a partir de um conjunto de blocos autónomos, permitindo a adaptação do edifício a terrenos de características topográficas e geológicas diversas. Os blocos são ligados por galerias exteriores cobertas. Este tipo de solução construtiva está reproduzido em diversas zonas do país com adaptações pontuais. São edifícios modelares de estrutura em pórtico de betão armado com lajes do mesmo material e paredes de alvenaria de tijolo rebocada e pintada com alguns elementos de betão aparentes. As coberturas são planas, não visitáveis, ou são inclinadas com lanternins revestidos com placas de fibrocimento. Os vãos são de caixilharia de madeira ou de alumínio com vidro simples (Barrelas,2012). Estes edifícios foram reabilitados no âmbito do *Programa de Modernização do Parque Escolar destinado ao Ensino Secundário*, entre 2007 e 2011 (PE, 2011). O âmbito deste caso de estudo centra-se nos trabalhos de reabilitação destes edifícios, não estando comtemplados estudos das fases de operação e manutenção.

Apresenta-se de seguida a descrição da operacionalização das Fases 1 a 3 de uma ACB. São também descritas considerações gerais, para o presente caso de estudo, no que se refere às Fases 4 e 5.

FASE 1

O *Programa de Modernização do Parque Escolar destinado ao Ensino Secundário*, apresenta os seguintes objetivos fundamentais (PE, 2011): i) reabilitação dos edifícios, potenciando uma cultura de aprendizagem, divulgação do conhecimento e aquisição de competências, através de intervenções de reabilitação; ii) disponibilização da escola à comunidade, criando condições espaço funcionais e de segurança, para que nos horários pós-escolares, os edifícios possam ser utilizados pela comunidade no âmbito de atividades ligadas à

formação contínua, a eventos culturais e sociais, ao desporto e ao lazer; e iii) definir um sistema eficiente e eficaz de gestão dos edifícios.

Os benefícios decorrentes desse projeto, em termos de bem-estar (nível de conforto nas salas de aulas – térmico, acústico – área de espaços exteriores por aluno, aproveitamento escolar, etc.) devem ter uma proporção adequada aos custos e devem ser considerados os principais efeitos sociais e económicos, diretos e indiretos (PE, 2011).

FASE 2

A opção adotada pela entidade Parque Escolar EPE, ao abrigo deste Programa de Modernização do Parque Escolar destinado ao Ensino Secundário apostou num modelo de edifício escolar adequado ao projeto educativo de cada escola, com vista a garantir a durabilidade e sustentabilidade da intervenção de reabilitação, considerando possíveis adaptações, a reestruturação do espaço de acordo com as estratégias educativas e o desgaste natural provocado pelo uso, bem como a necessidade de atender às crescentes exigências legais de conforto ambiental bem como à de eficiência energética dos edifícios (PE, 2011; PE, 2010).

Na opção selecionada para a intervenção, considera-se uma total reabilitação dos edifícios existentes (OPÇÃO 1). No entanto, com o intuito de verificar se esta opção escolhida corresponde à melhor de entre as alternativas possíveis e que foram devidamente ponderadas outras opções, considera-se outra opção que consiste na total demolição e construção nova dos edifícios escolares (OPÇÃO 2).

FASE 3

A informação relacionada com as despesas financeiras (investimento público) é compilada nesta fase, de forma a serem calculados indicadores financeiros (ProNIC, 2019; Salvado, Almeida e Azevedo, 2019). Embora também possam ser calculados outros indicadores económicos, no presente caso de estudo são determinados custos/m^2 e custo atual líquido (CAL) de investimento no edificado. Estes custos dizem respeito a intervenções de reabilitação para a OPÇÃO 1 e de demolição e de construção nova para a OPÇÃO 2.

No Quadro 1, apresentam-se custos/m^2 do edificado, que correspondem aos valores médios obtidos para a amostra de 70 edifícios escolares.

Quadro 1 – Indicadores financeiros (custo/m^2)

Opção	**Indicador**	**[€/m²]**
OPÇÃO 1	Custo/m² de reabilitação	507,35
OPÇÃO 2	Custo/m² de demolição	41,09
	Custo/m² de construção nova	1.087,16

O custo atual líquido (CAL) do investimento na OPÇÃO 1 e OPÇÃO 2 é obtido através da Equação 1.

$$CAL = \sum \left(Cn * \sum_{n=1}^{p} (1+d)^t \right) \quad (1)$$

Onde,

C representa o custo no ano *n*;

q representa o fator de desconto;

d representa a taxa de desconto esperada por ano, considera-se de 3% (Salvado, Almeida e Azevedo, 2018) no presente caso de estudo;

t representa o número de anos entre a data do investimento e a ocorrência do custo (2018) e

p representa o período de apreciação (de 2007-2011 a 2018).

Quadro 2 – Indicadores financeiros (CAL)

Opção	Indicador	[€]
OPÇÃO 1	CAL de reabilitação	256.956.536,70
OPÇÃO 2	CAL de demolição	27.667.508,42
	CAL de construção nova	27.667.508,42

Em termos financeiros, verifica-se que a OPÇÃO 1 é mais vantajosa. Salienta-se que outro tipo de custos e benefícios *(e.g*. económicos, ambientais e sociais) devem ser considerados nas fases seguintes de uma ACB. No entanto, operacionalização da FASE 4 (aplicação de correções aos dados financeiros obtidos, e consideração de benefícios e custos sociais) e da FASE 5 (seleção e avaliação de variáveis e parâmetros críticos) ao presente caso de estudo, não estão abrangidas no âmbito do presente trabalho, no entanto encontram-se atualmente em desenvolvimento pelos autores e serão objeto de futuras publicações, que integrem também externalidades (segurança; saúde; conforto; meio ambiente; preservação de valores culturais, etc.) e diversas dimensões da reabilitação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ACB apresenta-se como uma ferramenta útil na avaliação e seleção de opções de investimento em edifícios públicos, no entanto requer rigor e coerência metodológica. A tomada de decisão sobre projetos de investimentos públicos, suportada por uma ACB deve contemplar diversas áreas de intervenção que se assumem, logo à partida, como transversais, destacando-se com particular relevância as áreas: i) técnica; ii) financeira; iii) ambiental; iv) do ordenamento do território; v) da competitividade; e vi) do desenvolvimento económico e social. A metodologia de ACB apresentada é aplicável à resolução de problemas complexos, revelando-se de grande utilidade para o agente da decisão, não só no que respeita à sua tomada de decisão, como também na estruturação e compreensão do problema, pois permite: i) expressar juízos sobre a sua conveniência económico-social; ii) estabelecer uma comparação entre diferentes alternativas; e iii) incentivar a identificação e contabilização de custos e benefícios económicos.

Os indicadores de desempenho financeiro determinados (custo/m^2 de intervenção e custo atual líquido do investimento) para diferentes opções de investimento público representam uma etapa relevante incentivar a sua implementação e verificar a viabilidade financeira.

REFERÊNCIAS

BARRELAS, J., 2012 – **Caracterização construtiva e do estado de degradação das escolas do ensino secundário. Caso de estudo: Edifícios Pavilhonares e Préfabricados**. Lisboa: Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

DG-EC, 2003 – **Manual de análise de custos e benefícios dos projetos de investimento**. DG Política Regional da Comissão Europeia.

EC, 2008 – **Europe 2020 targets**. Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de novembro de 2008 relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas.

GCBA, 2014 – **Guide to cost-benefit analysis of investment projects: economic appraisal tool for cohesion policy 2014-2020**. European Commission.

PE, 2010 – **Parque Escolar. Liceus, escolas técnicas e secundárias**. Lisboa: Parque Escolar EPE, Direção-Geral de Projeto – Área de Edificações.

PE, 2011 – **Parque Escolar 2007-2011. Intervenção em 106 escolas**. Lisboa: Parque Escolar EPE, Direção-Geral de Projeto – Área de Edificações.

ProNIC, 2019 – **Protocolo para a normalização da informação técnica na construção**. http://www.pronic.inescporto.pt [acedido a 28-11-2019].

SALVADO, F.; ALMEIDA, N.; AZEVEDO, A., 2018 – **Towards improved LCC-informed decisions in building management**. *Journal of Built Environment Project and Asset Management*. Vol. 8:2, pp. 114-133.

SALVADO, F.; ALMEIDA, N.; AZEVEDO, A., 2019 – **Historical analysis of the economic lifecycle performance of public school buildings**. *Building Research & Information*. Vol.47:7, pp. 813-832.

SALVADO, F.; FALCÃO SILVA, M.J., 2015 – **Aplicabilidade da metodologia de análise custo-benefício. Identificação e proposta de avaliação de externalidades na reabilitação de edifícios**. Relatório 84/2015 – DED/NEG. Lisboa: Edições LNEC.

TECNOLOGIAS E CUSTOS EM INTERVENÇÕES DE REABILITAÇÃO: APLICAÇÃO A EDIFÍCIOS ESCOLARES

TECHNOLOGIES AND COSTS IN REHABILITATION INTERVENTIONS: APPLICATION TO SCHOOL BUILDINGS

Paula Couto [(1)], Maria João Falcão Silva [(2)], Manuel Baião [(3)], Fernando Pinho [(4)]

(1) LNEC, Portugal, pcouto@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal, mbaiao@lnec.pt
(4) CERIS, FCT-UNL, Portugal, ffp@fct.unl.pt

RESUMO

Na atualidade, o setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) encontra-se em fase de franca recuperação de uma crise económica, não existindo disponíveis grandes fundos para investimento em obras de construção nova. A solução encontrada para o setor passa pela reabilitação do parque edificado existente, por forma a ir de encontro às necessidades observadas. Relativamente ao parque escolar, que representam o local onde a população jovem passa grande parte do seu dia-a-dia, nem todos os edifícios apresentam as condições ideais de utilização para a comunidade escolar. Neste sentido, torna-se necessário em muitas situações proceder a operações de reabilitação que lhes confiram as necessárias características de conforto, desempenho, segurança funcional, segurança estrutural e construtivas.

O trabalho desenvolvido tem por base o levantamento de tecnologias e de custos associados às intervenções de reabilitação em edifícios escolares, sendo o seu principal objetivo a determinação de indicadores económicos para reabilitação, que permitam perspetivar e melhorar o controlo orçamental de futuras intervenções de carácter análogo. O estudo inicia-se com um enquadramento sobre a reabilitação de edifícios, seguido da identificação de algumas patologias correntes e das respetivas soluções de reabilitação. Com vista a atingir o objetivo principal, foram adotadas diversas estruturas de custo, para análise dos diferentes custos dos trabalhos, envolvidos nos vários níveis de reabilitação de edifícios escolares, através dos mapas de quantidades de trabalho e dos orçamentos de cada obra realizada. No trabalho é usada a plataforma ProNIC, onde se encontra registada a informação técnica e económica das obras em causa. Após recolha da informação técnica e de investimento relevante, esta foi trabalhada no sentido de determinar diferentes indicadores económicos, as principais diretrizes de reabilitação e os respetivos custos unitários. Por último são apresentados os resultados obtidos e respetivas conclusões, assim como propostas para desenvolvimento futuro de trabalhos complementares.

Palavras-chave: Níveis de Reabilitação / Custos de Reabilitação / Indicadores Económicos

1. INTRODUÇÃO

Os espaços, aonde as crianças e jovens passam a maior parte dos seus dias, são os edifícios escolares, pelo que estes se afiguram como apresentando um elevado grau de importância para as comunidades locais em particular e para a sociedade em geral. Contudo o ambiente escolar não passa apenas pela questão educacional, sendo da maior importância a oferta de qualidade nas instalações bem como das condições ideais de funcionamento, conforto, segurança e salubridade para alunos, docentes e os demais agentes do sistema educativo (Neto, 2019).

Com vista a estruturar e perspetivar as futuras intervenções de reabilitação no parque escolar nacional torna se necessário levantar as anomalias existentes em cada caso, podendo estas ter diferentes origens ao longo do ciclo de vida da construção. Finalizado o levantamento das anomalias, dependendo da localização das mesmas e da sua extensão, torna-se necessário determinar as soluções de intervenção que melhor se adequam a cada anomalia identificada (Appleton, 2011).

No levantamento de custos para apoio a intervenções de reabilitação sobre o parque edificado existente, com aplicabilidade extensível a edifícios escolares, é possível considerarem-se diversas orientações e métodos, inclusive internacionais, dependentes da estrutura de custos requerida e do tipo de informação disponível. De acordo com as diferentes estruturas de custos identificadas, e após a recolha criteriosa das informações relevantes, são obtidos os respetivos custos unitários que permitem a definição de variados indicadores económicos para a reabilitação de edifícios escolares (Laxton's, 2008; Vários autores, 2008).

2. REABILITAÇÃO DO PATRIMÓNIO EDIFICADO

A Reabilitação no património edificado pode definir-se como o conjunto de intervenções destinadas a reutilizar o existente, de acordo com as exigências atuais, estabelecendo um compromisso entre o seu estado original e o resultado da reabilitação. Neste sentido, quando se fala em reabilitação, tem de se ter conhecimento sobre o estado original do edificado, incluindo todas as metodologias de construção utilizadas (Corrêa, 2016). As operações de reabilitação têm por objetivo assegurar a longevidade do edificado, primando pela maior reutilização dos elementos e materiais existentes, cumprindo assim os princípios da reabilitação ao nível da autenticidade, compatibilidade e reversibilidade das técnicas usadas. No sentido de proceder à reparação das anomalias identificadas deve-se prever os seguintes elementos: i) identificação do historial; ii) diagnóstico; iii) plano de soluções; e iv) avaliação e prevenção.

Para as diversas anomalias que eventualmente possam surgir consideram-se diferentes técnicas de intervenção, consoante o tipo de elementos (estruturais ou não-estruturais) a reabilitar. Existem inúmeras soluções de intervenção que podem ser utilizadas, contudo estas têm de ser estudadas de acordo com tipo de elementos (estruturais, não estruturais, primários, secundários, revestimentos, acabamentos), o nível de degradação observada, compatibilidade para com as soluções construtivas existentes, a vizinhança do edificado, o investimento necessário, etc. Só deste modo se torna possível determinar a solução a utilizar com o maior grau de sucesso (Neto, 2019).

Tratando-se de elementos estruturais, incluindo elementos em alvenaria e madeira para além do betão armado, referem-se como soluções consideradas em intervenções de reabilitação (PINHO, 2000a; Roque e Lourenço, 2003; Palma, 2010; Heitor, 2011): i) substituição de armaduras degradadas; ii) substituição de elementos e/ou parte de elementos degradados; iii) aumento das dimensões das seções; iv) adição de elementos metálicos; v) refechamento de juntas; vi) rebocos armados; vii) confinamento transversal (conectores, pregagens, etc.); viii) injeção de caldas; ix) dissipadores de energia. As operações de reabilitação ao nível dos elementos primários (paredes exteriores e interiores) podem compreender: i) intervenções nos revestimentos e no isolamento

térmico, não desprezando a melhoria das condições de ventilação dos espaços afetados; ii) limitação da humidade relativa do ar abaixo dos 65%; iii) remoção completa do reboco; iv) aplicação de um revestimento curativo de ligantes sintéticos (fendas pequenas); v) aplicação em todo o paramento de um revestimento armado com rede de fibra de vidro protegida contra os álcalis do cimento (fendas significativas); e vi) remoção integral do sistema de impermeabilização. No que se refere a elementos secundário (janelas, portas e respetivos sistemas de proteção solar ou dispositivos), as estratégias de intervenção que se podem considerar, incluem: i) remoção (parcial ou total) e eventual integração de elementos novos; e ii) revestimento de proteção especificado em função da agressividade ambiental (Lopes, 2017). Em revestimentos e acabamentos identificam-se as seguintes intervenções (Pinho, 2000b): i) limpeza e tratamento de fissuras; ii) reparações localizadas; iii) consolidação com uso de *groutings* que promovam a recolagem entre camadas; e iv) substituição total ou parcial de uma determinada zona de reboco.

3. TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO DE CUSTOS

3.1. Estrutura orçamental

No âmbito de um orçamento todos os custos são reunidos num Mapa Orçamental, onde surge para cada operação o custo total da obra, já com os encargos necessários à execução da mesma, designadamente (Victor, 2000; Lameiras, 2010): i) encargos com a produção (montagem, desmontagem e exploração do estaleiro, encargos gerais, encargos com o pessoal técnico e administrativo, encargos com projetos e orçamentos); ii) encargos de estrutura ou indiretos, (sede da empresa, serviços centrais de apoio às obras); iii) lucros e imprevisto (lucro esperado e margem de risco a ter em conta em qualquer atividade industrial); iv) encargos financeiros (custos com garantias, custo dos capitais mobilizados para a realização da obra, tais como: retenções, empréstimos, etc.). É prática corrente utilizar uma margem sobre os custos de operação, sendo esta variável de empresa para empresa e determinada principalmente por experiência antigas e valores de referência (Neto, 2019).

3.2. Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção (ProNIC)

A plataforma ProNIC possui uma extensa base de dados de informação técnica e económica, constituída por Fichas de Execução de Trabalhos (FET) e Fichas de Materiais (FMAT), desenvolvidas por especialistas para cada capítulo, e, ainda, Fichas de Rendimentos e Custos, elaboradas a partir da Informação sobre Custos: Fichas de Rendimento do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) (Heitor, 2011; Proença e Gago, 2011). No ProNIC estão ainda disponíveis as Fichas de Rendimento e Custos que se encontram associadas aos diversos artigos ou trabalhos de construção e que permitem a constituição de uma base de dados de preços de referência, possibilitando a geração da estimativa orçamental da obra (Neto, 2019). Depois de selecionado o capítulo (a que corresponde o trabalho a executar), devem ser selecionados os sucessivos subcapítulos até ser enquadrado o artigo, cujo código é único e sempre mesmo para cada trabalho de construção. Cada artigo, ou trabalho de construção, que é a entidade de menor nível da obra, ao ser inserido no ProNIC tem de ser enquadrado na especialidade do projeto a que diz respeito, na unidade de construção em que vai ser executado e no capítulo e respetiva árvore de organização do articulado onde está integrado (WBS – Work Breakdown Structure) (ProNIC, 2019).

3.3. Método de avaliação das necessidades de reabilitação (MANR)

A avaliação de cada edifício baseia-se numa inspeção visual das anomalias, construtivas e espaciais, existentes e na forma como o edifício se encontra implantado no tecido urbano (Vilhena, 2010). Na apreciação dos aspetos construtivos, cada elemento funcional é avaliado em três parâmetros: i) gravidade; ii) extensão; iii)

complexidade. Todas as análises se iniciam pelo fator de gravidade, de acordo com a escala: i) sem significado; ii) ligeira; iii) média; iv) grave. Se a gravidade da anomalia for ligeira, média ou grave, é indicado um segundo parâmetro de análise designado de extensão que é classificada de acordo com a escala: i) localizada; ii) média; iii) extensa; iv) total. Em complemento, o terceiro parâmetro a analisar, a ser estudado em simultâneo com a extensão, será a complexidade da intervenção, de acordo com a escala: i) simples; ii) média; iii) difícil. A avaliação dos aspetos espaciais, encontra-se dividida em dois parâmetros, gravidade da anomalia e viabilidade da intervenção. A gravidade é classificada segundo a escala: i) sem significado; ii) ligeiras; iii) médias; iv) graves. As anomalias espaciais são classificadas de acordo com a viabilidade da realização das intervenções consoante a seguinte escala: i) no edifício; ii) no logradouro do lote; iii) à custa de edifícios de lotes adjacentes; iv) no logradouro de lotes adjacentes; v) na via pública. Após análise dos parâmetros é possível obter o nível de necessidade de reabilitação do edifício. O nível de reabilitação de cada elemento funcional pode ser quantificando, de acordo com as respetivas escalas. Neste sentido, é possível classificar todo o tipo de intervenção, associando-se um custo médio por nível de cada classificação (Neto, 2019).

3.4. Regulamento Geral de Edificações (RGE)

A reabilitação de edifícios devolutos nos centros urbanos provoca a migração de pessoas para estas zonas reabilitadas aumentando aí a densidade populacional. Como consequência, surgem problemas relacionados com a escassez de estacionamento, o aumento de tráfego e o aumento da poluição sonora e a emissão de gases nocivos para a saúde. Estes aspetos fazem também aumentar a necessidade de existência de mais equipamentos e serviços urbanos e comunitários. A médio prazo pode também ocorrer desvalorização imobiliária destas zonas (RGE, 2011).

4. CASO ESTUDO

O atual parque escolar edificado, destinado ao ensino secundário público, integra um total de 477 escolas, cuja construção se encontra dividida em três fases, tendo tido o seu início no final do séc. XIX. Destas, 23% foram construídas até ao final da década de 60. As restantes 77% correspondem ao período de expansão da rede escolar e de alargamento da escolaridade obrigatória, para seis e nove anos, sendo que 46% foram construídas já na década de 80. Embora o parque escolar português seja maioritariamente composto por soluções normalizadas, decorrentes da aplicação de projetos-tipo e com recurso à construção em série, compreende também alguns edifícios com reconhecido valor patrimonial bem como outros em que foram ensaiadas soluções construtivas e organizações espaciais inovadoras. Neste sentido, não foi possível, contudo, desenvolver uma prática constante e consistente, quer ao nível da conservação e manutenção dos edifícios existentes, quer ao nível da sua adaptação funcional em linha com as alterações entretanto ocorridas. Acresce ainda a necessidade de atender às crescentes exigências legais de conforto ambiental bem com à de eficiência energética dos edifícios. Para o desenvolvimento do Caso Estudo foi escolhida a classificação presente no RGE, para se atribuir uma categoria (Nível) de intervenção às operações de reabilitação realizadas em escolas pertencentes à Fase 3 do Programa de Modernização das Escolas Secundárias do Parque Escolar EPE (PMEES). A metodologia baseia-se nos custos envolvidos nas operações de reabilitação, sendo comparados com o custo de construção nova de um edifício de áreas brutas iguais, excluindo qualquer visita por pessoal técnico ao local da obra.

4.1. Amostra

Para o caso de estudo, foram selecionadas 21 obras de reabilitação (a preto na Figura 1), das 69 intervenções (a vermelho na Figura 1) pertencente à Fase 3 do PMEES. As escolas foram divididas consoante a sua localização no País, tendo-se determinado o índice percentual médio de reabilitação e o respetivo custo. Decidiu-se realizar este estudo com o objetivo de se perceber em que zona de Portugal as escolas, que contêm ensino secundário,

apresentam maiores necessidades de intervenção. As escolas intervencionadas estão agrupadas por período de construção em três grupos, associados ao período de construção, modelos arquitetónicos e processos construtivos.

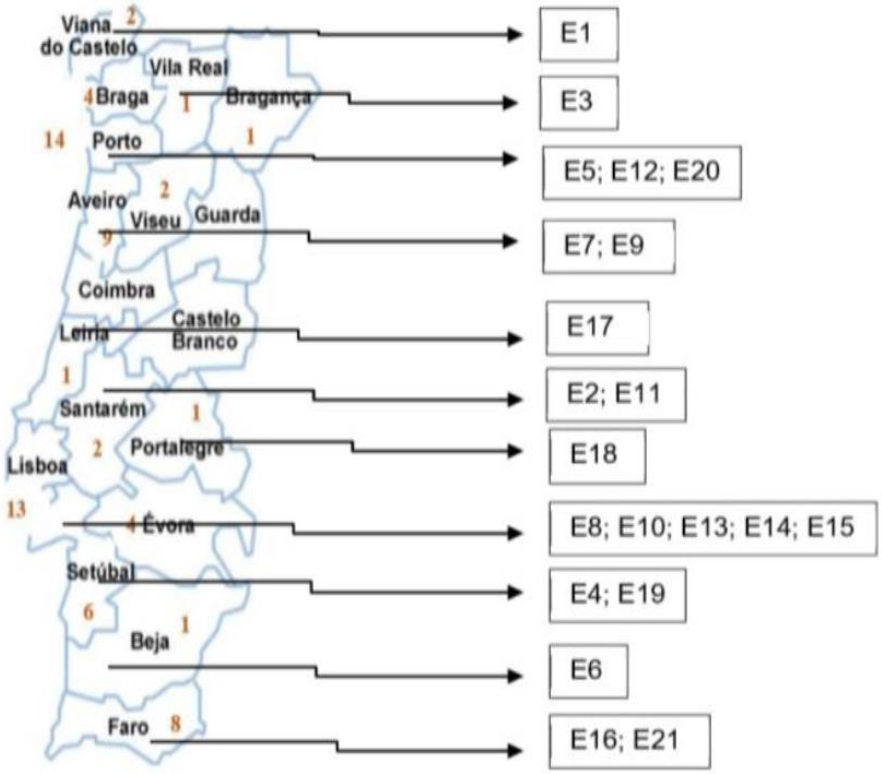


Figura 1 – Escolas Secundárias intervencionadas na Fase 3 do PMEES (por distrito)

O primeiro período compreende os primeiros liceus planeados de raiz em Portugal (reforma de Passos Manuel de 1836) e os construídos até ao final da segunda década do séc. XX. São escolas situadas nas cidades de Lisboa, Porto, Coimbra, Beja e Lamego, construídas em zonas centrais das cidades e em lotes de grande dimensão e que representam 2% do parque escolar. Representam a evolução do modelo de edifício único com pátios encerrados, filiado no modelo dos antigos colégios como é o exemplo do Liceu Camões (Figura 2).



Figura 2 – Liceu Camões: a) 1909; b) vista aérea atual; c) fachada principal atual (Google images, 2020)

No segundo período incluem-se as escolas construídas, pelo Ministério das Obras Públicas através da Junta das Construções para o Ensino Técnico e Secundário, entre 1936 e 1968, representando 21% do parque escolar. São escolas construídas, com particular incidência nas capitais de distritos, em zonas de elevada acessibilidade e implantadas em lotes de grandes dimensões. Apresentam configurações lineares, constituídas por vários grupos de edifícios agregados entre si, normalmente com dois ou três pisos, podendo chegar aos quatro pisos (Figura 3).



Figura 3 – Escola Secundária Marquês de Pombal: a) 1963; b) vista aérea atual; c) fachada principal atual (Google images, 2020)

O terceiro período representa a maior percentagem do parque escolar nacional, cerca de 356 escola (77%), construídas sob a responsabilidade partilhada entre o Ministério de Educação e o Ministério das Obras Públicas, através da Direção Geral do Equipamento Escolar e da Direção-Geral das Construções Escolares respetivamente. No final da década de 60, desenvolveu-se um conjunto limitado de projetos-tipo, baseados em soluções de grande pragmatismo, com o objetivo de garantir a rapidez e economia de execução. Estes projetos-tipo estruturaram-se a partir de um conjunto de blocos autónomos, permitindo a adaptação do edifício a terrenos e características topográficas, de exposição, de acessos e geológicas muito diversas e desconhecidas (Figura 4).



Figura 4 – Escola Secundária Pedro Alexandrino: a) vista aérea atual; c) alguns blocos vistos do exterior (Google images, 2020)

4.2. Metodologia

Com vista a responder aos objetivos propostos, houve a necessidade de organizar os diferentes trabalhos, seguindo o procedimento: i) Dividir os elementos Estruturais em Fundações, Estrutura e Cobertura; ii) separar os Elementos Primários em paredes interiores e respetivos isolamentos, em paredes exteriores e respetivos isolamentos e impermeabilizações, da cobertura (isolamentos e impermeabilizações) e isolamentos acústicos; iii) separar os elementos secundários em exteriores e interiores; iv) separar os acabamentos em elementos exteriores mais pinturas, elementos interiores mais pinturas e cobertura. Posteriormente agruparam-se fundações e estrutura num grupo, os elementos exteriores e isolamentos acústicos em outro grupo, os elementos interiores e os elementos de cobertura (estes elementos quando sofrem intervenções de reabilitação, são orçamentados como um só elemento). Face ao exposto, torna- se possível ficar-se com a identificação dos principais elementos construtivos que podem ser intervencionados no âmbito de operações de reabilitação e as correspondentes percentagens de custos envolvidas. Todas as intervenções em qualquer rede ou sistema de instalações e equipamentos foram agrupadas num só grupo.

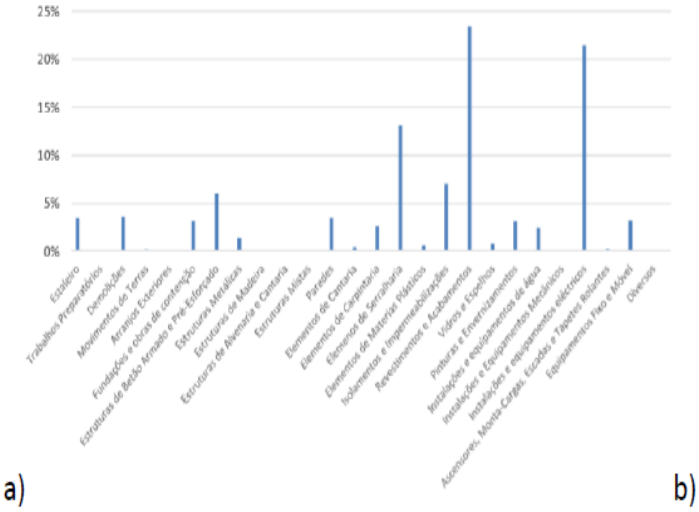
A metodologia proposta para desenvolvimento do estudo compreendeu seis fases sequenciais (Neto, 2019): i) FASE 1 – Seleção das escolas intervencionadas; ii) FASE 2 – Recolha das memórias descritivas de cada obra e das fichas técnicas da respetiva escola (Plataforma ProNIC); iii) FASE 3 – Recolha das estimativas de custos associadas às operações de reabilitação; iv) FASE 4 – Estabilização de três estruturas de custos; v) FASE 5 – Pormenorização da estimativa orçamental de acordo com as estruturas de custos definidas; vi) FASE 6 – Tratamento dos dados e levantamento de indicadores.

4.3. Resultados

Considerando que a estrutura de custos apresentada nas estimativas orçamentais estudadas, não coincide completamente com a Estrutura de Custos 1 (definida no ProNIC) começou-se por estabelecer esta ligação de acordo com o conteúdo de cada uma das estruturas. Neste sentido, após as análises para cada um dos blocos individualmente, procedeu-se ao agrupamento de todos os blocos da mesma escola. O tratamento de dados, agrupando custos associados a cada capítulo da estrutura orçamental do ProNIC, é apresentado sob a forma de síntese por grupos de escolas (Figura 5a) sendo feita ainda uma análise da variação percentual segundo a estrutura de custos considerada (Figura 5b).

Capítulos ProNIC	Escola 1		Escola 2		Escola 3	
	Custo [€]	Custo [%]	Custo [€]	Custo [%]	Custo [€]	Custo [%]
1 - Estaleiro	198 837	19	133 151	3	0	0
2 - Trabalhos Preparatórios	1 800	0	0	0	0	0
3 - Demolições	95 660	9	98 464	2	0	0
4 - Movimentos de Terras	5 998	1	1 518	0	0	0
5 - Arranjos Exteriores	0	0	0	0	0	0
6 - Fundações e obras de contenção	26 857	3	81 707	2	0	0
7 - Est Betão Armado e Pré-Esforçado	114 562	11	405 889	9	0	0
8 - Estruturas Metálicas	37 615	4	59 223	1	0	0
9 - Estruturas de Madeira	0	0	0	0	0	0
10 - Estruturas de Alvenaria e Cantaria	10 299	1	0	0	0	0
11 - Estruturas Mistas	0	0	0	0	0	0
12 - Paredes	61 162	6	72 420	2	125 367	6
13 - Elementos de Cantaria	0	0	0	0	9 162	0
14 - Elementos de Carpintaria	0	0	103 400	2	219 083	11
15 - Elementos de Serralharia	349 558	34	609 139	13	90 562	5
16 - Elementos de Materiais Plásticos	0	0	0	0	39 902	2
17 - Isolamentos e Impermeabilizações	34 265	3	1 021 227	22	149 070	7
18 - Revestimentos e Acabamentos	37 911	4	181 977	4	1 136 260	57
19 - Vidros e Espelhos	0	0	26 117	1	70 098	4
20 - Pinturas e Envernizamentos	51 496	5	111 868	2	156 391	8
21 - Inst e equipamentos de água	0	0	102 777	2	0	0
22 - Inst e Equipamentos Mecânicos	0	0	0	0	0	0
23 - Inst e equipamentos elétricos	0	0	1 571 421	34	0	0
24 - Ascensores, Escadas e Tapetes	0	0	0	0	0	0
25 - Equipamentos Fixo e Móvel	0	0	72 066	2	0	0
26 - Diversos	0	0	0	0	0	0
Valor Total	1 026 020	100	4 652 363	100	1 995 895	100

a)



b)

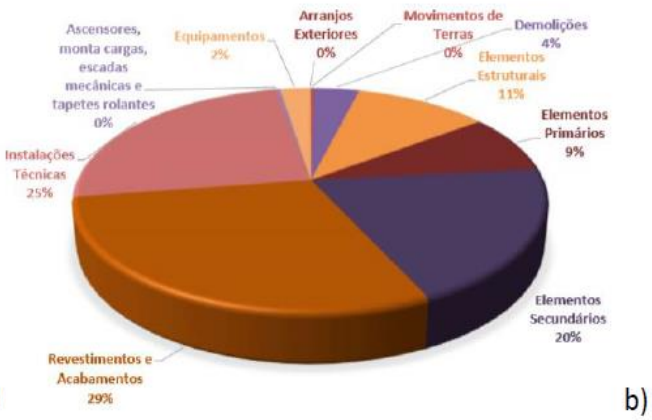
Figura 5 – Análise pela Estrutura de custos 1: a) Tabela síntese (Escolas 1, 2 e 3); b) variação percentual (Neto, 2019)

De acordo com a Figura 5, é possível concluir que existem cinco elementos, que concentram a grande percentagem de custos existentes em intervenções de reabilitação, designadamente: i) Revestimentos e acabamentos, com cerca de 23%; ii) instalação e equipamentos elétricos, que consiste normalmente na substituição integral de toda a rede elétrica nos edifícios com cerca de 21% dos custos associados; iii) elementos de serralharia, que ocupam cerca de 13% dos custos associados nas intervenções realizadas; iv) isolamentos e impermeabilizações, representando 7% dos custos de reabilitação, onde a principal intervenção foi ao nível do reforço de isolamento térmico; v) estruturas de betão armado e pré-esforçado, que contabilizam cerca de 6%, consistindo maioritariamente na reparação e/ou reforço das estruturas existentes.

Os elementos constituintes foram agrupados tendo em conta as sus características, designadamente em elementos estruturais, elementos primários, elementos secundário, revestimentos e acabamentos e as diferentes instalações técnicas, o que traduz a designada Estrutura de Custos 2 (Figura 6a). De forma mais detalhada, agrupou-se todos os blocos do mesmo nível de reabilitação, com o objetivo de se determinar para cada nível o grau percentual médio assim como o seu custo médio associado. Após uma análise mais detalhada, de todas as escolas, determinou-se o grau percentual de reabilitação, que representa as necessidades de reabilitação do Parque Escolar Português (Figura 6b).

	Escola 1		Escola 2		Escola 3	
	Custo [€]	Custo [%]	Custo [€]	Custo [%]	Custo [€]	Custo [%]
Estaleiro e trabalhos preparatórios	200 637	22	133 151	3	0	0
Movimentos de Terras	49 465	5	1 518	0	0	0
Demolições	95 660	11	98 465	2	0	0
Elementos Estruturais	62 710	7	564 203	12	0	0
Elementos Primários	410 720	45	120 266	3	188 703	10
Elementos Secundários	87 407	10	747 602	16	471 735	24
Revestimentos e Acabamentos	0	0	1 240 193	27	1 298 454	66
Instalações Técnicas	0	0	1 674 198	37	0	0
Ascensores, escadas mecânicas e tapetes	0	0	0	0	0	0
Equipamentos	0	0	0	0	0	0
Arranjos Exteriores	0	0	0	0	0	0
Custo Total de Reabilitação	906 598	100	4 579 596	100	1 958 892	100
Área (M2)	7737		6509		6661	
Preço Obras Nova / m2	850 €		850 €		850 €	
Custo de Obra Nova (€)	6 576 450 €		5 532 650 €		5 661 850 €	
Preço Reabilitação / m2	117 €		704 €		294 €	
Cálculo do Índice	14%		83%		35%	
Nível de Reabilitação	Nível II		Nível IV		Nível III	

a)



b)

Figura 6 – Análise pela Estrutura de custos 2: a) Tabela síntese (Escolas 1, 2 e 3); b) variação percentual (Neto, 2019)

Analisando a Figura 6, é possível concluir-se que existem cinco grupos de trabalhos que representam a grande parte dos custos associados à reabilitação do edificado do parque escolar português: i) Revestimentos e acabamentos, com cerca de 29% que se devem ao elevado estado de degradação dos acabamentos, principalmente devido ao seu tempo de vida útil; ii) Instalações técnicas, com cerca de 25%, em que a necessidade de instalação de equipamentos e tratamento de ar, AVAC, são a principal fonte de custos; iii) Elementos secundário, que representa cerca de 20% dos custos; iv) Elementos estruturais, cerca de 11%, onde o reforço e/ou reparação das estruturas existentes são a principal origem dos custos; v) Elementos Primários, que representam cerca de 9%. No total estes cinco grupos representam cerca de 94% dos custos existentes nas intervenções de reabilitação empreendidas.

Considerando que a maioria das intervenções de reabilitação consiste em trabalhos em elementos interiores, em elementos exteriores e na cobertura, foi necessário agrupar todos os trabalhos relativos a estes elementos e efetuar uma nova análise, consoante esta estrutura de custos, Estrutura de Custos 3 (Figura 7a). Após a análise de todos os blocos individualmente, que se apresenta em anexo, agruparam-se os trabalhos relativos aos elementos interiores e exteriores e à cobertura, permitindo assim a análise de todas as escolas (Figura 7b).

Tendo por base a utilização da estrutura de custos 3 conclui-se que a maioria dos custos das intervenções ao nível dos elementos interiores, representado cerca de 29%. O segundo grupo no qual se tem maiores custos para com as operações de reabilitação são os elementos exteriores, cerca de 23%. Depois em terceiro vêm as instalações técnicas, com uma percentagem de 22%. Por último, em quarto encontram-se as intervenções ao nível da cobertura associadas a uma percentagem de 9%.

	Escola 1		Escola 2		Escola 3	
	Custo [€]	Custo [%]	Custo [€]	Custo [%]	Custo [€]	Custo [%]
Estaleiro e trabalhos preparatórios	198 837	22	133 151	3	0	0
Movimentos de Terras	1 800	0	1 518	0	0	0
Demolições	49 465	5	98 465	2	0	0
Fundações e estrutura	95 660	10	544 597	12	0	0
Elementos Interiores	70 334	8	1 007 253	22	1 160 644	58
Elementos Exteriores + Acústico	137 566 €	15	960 687	21	506 151	25
Cobertura	352 100	38	160 429	4	329 100	16
Instalações Técnicas	11 506	1	1 674 238	37	0	0
Ascensores, escadas mecânicas e tapetes rolantes	0	0	0	0	0	0
Equipamentos	0	0	0	0	0	0
Arranjos Exteriores	0	0	0	0	0	0
Valor total	917 268 €	100%	4 580 338	100	1 995 895	100

a)



b)

Figura 7 – Análise pela Estrutura de custos 3: a) Tabela síntese (Escolas 1, 2 e 3); b) variação percentual (Neto, 2019)

4.4. Análise e discussão

De acordo com os resultados obtidos, quanto mais alto for o índice médio percentual de reabilitação, maiores serão os custos unitários envolvidos. Em alinhamento com o RGE, e para cada nível de intervenção, obteve-se um custo médio associado, que representa o indicador económico para estimativas de custos unitários de futuras obras de reabilitação do parque escolar. Tendo em conta os resultados obtidos, quanto mais alto for o índice médio percentual de reabilitação, maiores serão os custos unitários envolvidos. Dentro da amostra em estudo, obteve-se um mínimo para a escola que apresenta uma área de Reabilitação de 943 m^2, na qual após a análise se obteve um índice médio percentual de reabilitação de 1%, representado o Nível I da escala apresentada no Regulamento Geral de Edificações, associada a um custo médio unitário de 10,80 €. Por outro lado, o máximo apresentado, pertence a uma escola que apresenta uma área de reabilitação de 956 m^2, associada ao nível de reabilitação IV (111%), representando um custo médio unitário de 945,00 €. Note-se que apresenta um valor que não seria esperado, pois de modo geral, representa um custo superior a uma obra nova de áreas brutas idênticas. Contudo tal pode se suceder, pois foi realizada uma grande intervenção ao nível dos equipamentos e instalações AVAC. Foi possível identificar, tal situação, comparando os custos envolvidos neste capítulo em comparação com os dos outros blocos da mesma escola. Estas operações foram necessárias devido à deficiência do sistema de ventilação, havendo assim a necessidade de grandes intervenções de modo a cumprir-se todos os regulamentos em vigor. Em resumo o Nível I corresponde a um grau percentual médio de reabilitação de 2,06% com um custo associado de 17,47 €/m^2. O Nível II corresponde a um grau percentual médio de reabilitação de 21,97% e um custo associado de 186,72 €/m^2. No Nível III, obteve-se um grau percentual médio de reabilitação de 33,56% e um custo médio associado de 285,23 €/m^2. No último nível (Nível IV) obteve-se um grau percentual médio de reabilitação de 74,15% e um custo médio correspondente de 630,61 €/m^2 (Neto, 2019).

Ainda de acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a maioria das necessidades de reabilitação se encontravam presentes ao nível dos revestimentos e acabamentos de soluções construtivas. Em paralelo observa-se que grande parte das intervenções projetadas tem como objetivo a reabilitação dos elementos exteriores do edifício, coincidente com as principais intervenções de reabilitação empreendidas que incidem sobre as fachadas dos edifícios. Mais se adianta que o edificado estudado apresenta insuficiência ao nível de isolamentos térmicos, o que implica forçosamente uma reabilitação ao nível de acabamentos nos elementos exteriores, sendo como tal necessário aplicar e/ou reforçar com sistemas ETIC's ou outro similar.

5. CONCLUSÃO

A necessidade de reabilitação das escolas representa um investimento muito considerável, que tem de ser suportado essencialmente pelo estado. Em termos de necessidades e exigências atuais, as escolas Secundárias Portuguesas encontram-se bastante desatualizadas. De facto, existe um inúmero conjunto de anomalias que afetam o parque escolar nacional. De acordo com a tipologia dos edifícios e as necessidades há variadas soluções de intervenção a ter em conta. As técnicas de reabilitação são selecionadas de acordo com o nível de degradação observada, a compatibilidade para com as soluções construtivas existentes, a vizinhança do edificado, o investimento necessário, etc.

Com base na avaliação do estado de conservação dos edifícios e tendo como referência parâmetros pré-definidos, comuns a todas as escolas e de cumprimento obrigatório, é possível definirem-se os objetivos e perspetivarem-se as prioridades ao nível das intervenções de reabilitação. Os edifícios estudados apresentam soluções construtivas desatualizadas ou bastante degradadas, tendo em conta que a maioria das intervenções de reabilitação foram principalmente concentradas ao nível dos elementos da envolvente exterior.

O RGE permitiu classificar as intervenções realizadas de acordo com os custos associados, ou seja, durante a orçamentação das reabilitações e após finalizada a intervenção. Contudo, não foi possível perspetivar um custo

médio de reabilitação, comparando o nível de reabilitação e o número máximo de alunos que se pretende acolher na escola, tendo em conta que não foi possível, com os dados disponíveis, saber com certeza o número de alunos previstos para cada edifício ou parte de edifício constituinte das escolas estudadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os contributos do Eng.º Tiago Neto.

REFERÊNCIAS

APPLETON, J. 2011 – **Reabilitação e edifícios antigos: patologias e tecnologias de intervenção**. Coimbta: Editora ORION. ISBN: 9789728620035

CORRÊA, D., 2016 – **Reabilitação térmica de fachadas de edifícios antigos**. Dissertação de Mestrado. Lisboa: IST-UL.

HEITOR, T., 2011 – **Parque Escolar 2007-2011. Intervenção em 106 escolas**. Lisboa: Parque Escolar

LAMEIRAS, J., 2010 – Contributo para a elaboração de um manual de apoio à reabilitação de edifícios das décadas de 60, 70 E 80. Porto: FEUP.

LAXTON'S, 2008 – **Building price book: major and small works**. Elsevier, 2008.

LOPES, J., 2017 – **Utilização da metodologia BIM no apoio à reabilitação funcional de um edifício**. Dissertação de mestrado. Lisboa: FCT-UNL.

VÁRIOS AUTORES, 2008 **– Informativi dell'edilizia: recupero ristrutturazione manutenzione**. Aprile.

NETO, T., 2019 – **Custos e tecnologias de obras de reabilitação de edifícios escolares**. Dissertação de mestrado. Lisboa: FCT-UNL.

PALMA, A., 2010 – **Principais métodos de diagnóstico de anomalias de paredes de edifícios antigos - exemplo de aplicação**. Dissertação de mestrado. Lisboa: FCT-UNL.

PINHO, F., 2000a – **Paredes de edifícios antigos em Portugal**. Lisboa: Edições LNEC.

PINHO, F., 2000b – **Principais patologias em paredes de edifícios antigos**. Lisboa: REPAR 2000, LNEC.

REFORMA DE VIVIENDA EN EL POBLADO DIRIGIDO DE FUENCARRAL (MADRID)

HOUSE REFURBISHMENT IN THE PROGRAMMED SETTLEMENT OF FUENCARRAL (MADRID)



Jesús García Herrero

E.T.S. Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid (España), jesus.garciah@upm.es

RESUMEN

El Poblado Dirigido de Fuencarral fue una de las actuaciones más destacadas de la vivienda social madrileña de los años 50 del siglo XX, aunando rigor proyectual y constructivo en un momento de gran penuria económica. Proyectado por José Luis Romany en 1956, combinó hileras de viviendas unifamiliares con bloques de cuatro y cinco plantas de altura.

La presente comunicación expondrá la reforma de una vivienda en un bloque, realizada por el autor de esta comunicación junto con Inés Patiño Meijide en 2015, y que tuvo como precedente la reforma de su propia vivienda en otro bloque cercano. A pesar de la separación en el tiempo y de los distintos programas funcionales a los que respondieron ambas reformas, el espíritu con que se acometieron fue similar, buscándose actualizar los indudables valores del diseño de Romany, tanto estéticos como de sostenibilidad: el énfasis en los diferentes tipos de huecos a norte y a sur, así como su óptima adaptación al clima de Madrid, la recuperación de las estrategias originales planteadas por Romany para lograr iluminación natural en las zonas interiores, las posibilidades espaciales de la cubierta inclinada … todo ello fue recogido sin aspavientos y apoyándose en el notable trabajo de los intervinientes en la obra.

La reforma presentada obtuvo un premio COAM 2016, galardón concedido por el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

Palavras-chave: Romany / Vivienda Social / Sostenibilidad / Flexibilidad

1. INTRODUCCIÓN

A mediados de los años 50 del siglo XX la población de Madrid crecía exponencialmente, fundamentalmente con inmigrantes que, provenientes del ámbito rural, buscaban una oportunidad laboral en la capital del Estado. Sin embargo, este crecimiento se produjo de forma desordenada, creándose un cinturón de infraviviendas en torno a la ciudad, que resultaba intolerable para las autoridades del Régimen franquista. Ello provocó una serie de iniciativas, promovidas fundamentalmente por la Comisaría de Ordenación Urbana, dirigida por Julián Laguna. Dentro de sus planes para erradicar el chabolismo, se realizaron dos fases: una primera, la de los Poblados de Absorción (1954), que pretendía el rápido realojo de los inmigrantes, y la segunda, la de los Poblados Dirigidos de Renta Limitada (1955-1956), con mayor vocación de permanencia. La creación del Ministerio de la Vivienda en 1957 supuso un cambio en la política de vivienda estatal, en la que se trató de implicar a los promotores privados en la construcción de vivienda social. Ello, unido a la dimisión de Laguna, supuso el fin de un breve período (1954-1958), en que se produjeron una serie de barrios que, aún hoy, siguen suscitando interés por su arquitectura y su urbanismo. (Figura 1).


e

Figura 1 – El Poblado Dirigido de Fuencarral hacia 1958 *(La Quimera Moderna)*

Laguna no dudó en confiar la construcción de los Poblados Dirigidos a arquitectos jóvenes, que actualmente son considerados maestros de la arquitectura española: Oíza, Vázquez de Castro, Corrales, Molezún, Carvajal, García de Paredes, Romany y Cubillo, entre otros, fueron los artífices de los nuevos barrios. Romany y Cubillo dieron muestras de su gran capacidad para proyectar viviendas de bajo coste al lograr el primer y tercer puesto, respectivamente, en el Concurso de Viviendas Experimentales convocado por el Instituto Nacional de la Vivienda en 1956. Ambos, con Molezún, hicieron las primeras ordenaciones de los Poblados Dirigidos de Fuencarral y Canillas, si bien posteriormente Romany desarrolló en solitario el de Fuencarral y Cubillo Canillas. Por otro lado, Romany logró en 1954, junto con Oíza y el escultor Oteiza, un Premio Nacional de Arquitectura por su magnífico proyecto de capilla en el Camino de Santiago. Su gran sensibilidad todavía puede apreciarse hoy en los delicados pavimentos y muros que proyectó para el Dirigido de Fuencarral.

En cuanto a la ordenación del barrio, Romany no renunció al racionalismo del bloque abierto, pero lo combinó con hileras de viviendas unifamiliares, resultando un urbanismo próximo al neoempirismo nórdico. De hecho, Romany realizó un viaje de estudios para conocer la arquitectura residencial de Suecia y Dinamarca, cuya

influencia es evidente en el diseño arquitectónico del barrio. Algunos elementos de las viviendas unifamiliares, como las ventanas de una hoja, los elementos corridos sobre puertas y ventanales o las contraventanas de madera, así como algunas estrategias como la asimetría de los alzados, remiten directamente a la arquitectura de Jacobsen. De igual manera, la utilización de ladrillo amarillo en todas las fachadas del barrio es otra referencia a la arquitectura nórdica, donde se utilizaba profusamente. Este detalle cobra especial importancia si se descubre que, en determinado momento de la ejecución de la obra, se agotaron las existencias de ladrillo amarillo, material poco habitual en la construcción en Madrid, y se decidió realizar los muros de carga con bloques de hormigón que posteriormente fueron chapados con plaquetas cerámicas de 2 cm de espesor del mismo color amarillo.

Todo este enorme esfuerzo para lograr una unidad ambiental, realizado además con una gran escasez de medios, ha sido ignorado (quizá por desconocimiento), en el Plan Especial de Protección e Intervención en el Poblado Dirigido de Fuencarral, vigente desde 2010. En él se propone aplicar el habitual aislamiento exterior tipo SATE para mejorar la eficiencia energética de los edificios existentes. Para la elección del color del mortero monocapa del cerramiento se ha decidido dividir el barrio en distintas zonas y asignar a cada una de ellas un color diferente: blanco, rojo, ocre,... Los ejemplos que recoge esta comunicación se sitúan en las antípodas de esta actitud y postulan que el barrio ha de ser considerado como patrimonio arquitectónico moderno de la ciudad de Madrid y pretenden encontrar un equilibrio entre la necesaria adecuación normativa y la recuperación de los valores que, a nuestro entender, atesora el proyecto original. (Figura 2)



Figura 2 – Testeros de bloque original y rehabilitado *(Autor)*

2. EL PROYECTO ORIGINAL

La vivienda objeto de estudio se sitúa en la última planta de un bloque de viviendas de cuatro alturas. Los bloques del Poblado Dirigido de Fuencarral, de cuatro o cinco plantas, se realizaron con muros de carga perpendiculares a fachada. En el ejemplo que nos ocupa, cada vivienda consta de dos crujías: la primera alberga la cocina, abierta a la fachada principal, un baño interior y el dormitorio de padres, éste con ventana a la fachada posterior; la segunda crujía acoge el salón y, en la parte posterior, dos estrechos dormitorios. Entre esta vivienda y su simétrica se sitúa una crujía intermedia que corresponde a la escalera, también abierta a la fachada principal, así como el acceso a las dos viviendas. En la parte posterior de esta crujía hay otro dormitorio, que sistemáticamente se adjudica a las viviendas situadas a la izquierda. Los bloques acogen, por tanto, viviendas de cuatro y tres

dormitorios. (Figura 3) La vivienda estudiada es del primer tipo. Existe en el barrio una variante consistente en hacer las viviendas simétricas, ambas de tres dormitorios, en detrimento de la claridad estructural del primer tipo expuesto.

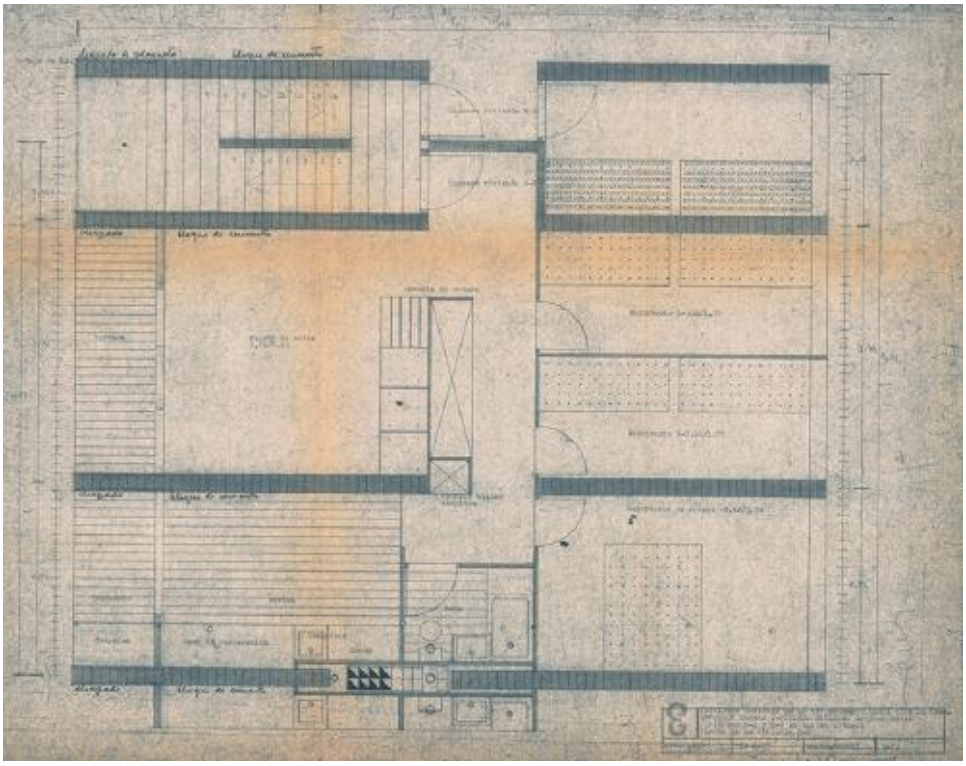


Figura 3 – Planta de la vivienda original *(Servicio Histórico COAM)*

La disposición de los bloques en la ordenación general del barrio no responde exclusivamente a criterios heliotérmicos, sino que en muchos casos ayudan a delimitar la vía perimetral que organiza el tráfico rodado del barrio, con orientaciones este-oeste. Sin embargo, el bloque de la vivienda estudiada sí orienta su fachada principal –salón y cocina- a sur, mientras que los dormitorios se orientan a norte. (Figura 4)

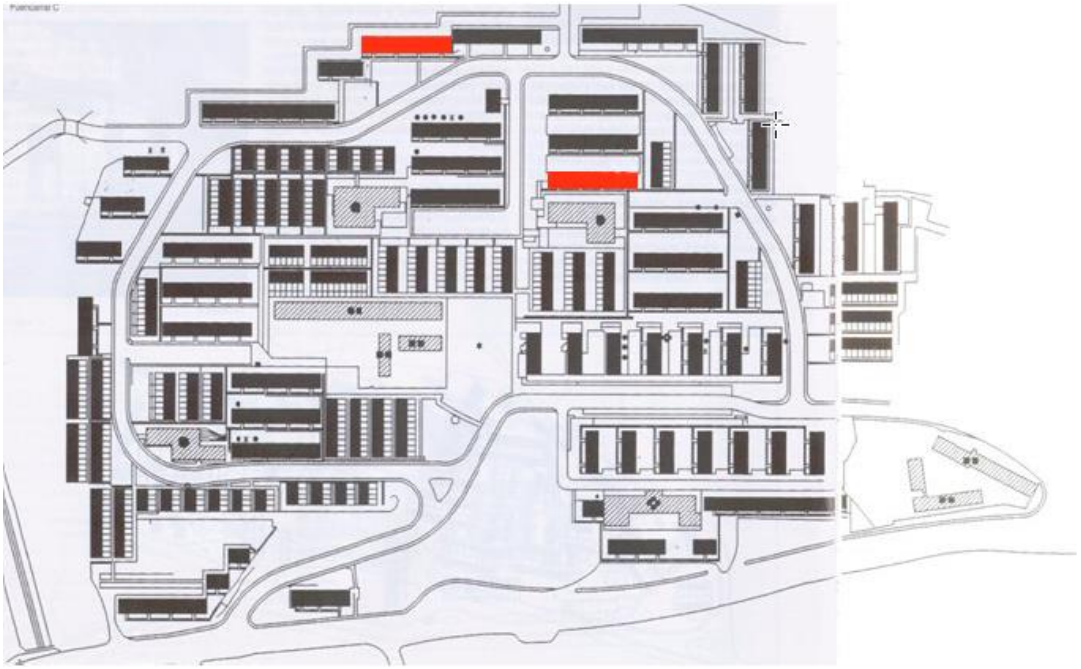


Figura 4 – Planta general *(revista Arquitectura).* En rojo, ubicación de las reformas de 2005 y 2015

Otro aspecto que Romany contempló en el diseño original fue la ventilación cruzada de la vivienda, especialmente lograda en las viviendas con orientación norte-sur (por la mayor diferencia de temperaturas que se produce entre ambas fachadas), así como en algunos elementos de diseño comunes a todas ellas. Resulta modélica, por su sencillez y su "sentido común", la disposición de un armario realizado de obra que actuaba como separación entre el salón y el pasillo de distribución a las habitaciones. Este armario no llegaba hasta el techo, favoreciendo la citada ventilación cruzada y proporcionando iluminación al pasillo. La misma consideración hacia la iluminación de las piezas interiores, tan sensata como olvidada en nuestros diseños actuales, se repetía en el baño interior, iluminada por un hueco alto desde la cocina.

La apertura de huecos en fachada iba en consonancia con su orientación: huecos rasgados, de 50 cm de alto y prácticamente toda la longitud de la fachada en el lado norte, y ventanales en la cocina y el salón, de suelo a techo en éste último. La fachada sur, además, se retranqueaba un metro creando una terraza en el salón y un tendedero en la cocina. Su profundidad, óptima para la latitud de Madrid, garantizaba un correcto funcionamiento pasivo de la vivienda, permitiendo el soleamiento directo del salón y la cocina en invierno y proyectando la sombra necesaria sobre su fachada retranqueada en verano. El diseño del cerramiento de la terraza, insólito en promociones de vivienda social española de ese momento, se realizaba con un antepecho de vidrio armado traslúcido tipo Listral montado sobre un bastidor metálico pintado de negro.

En el caso del tendedero, todo él se cerraba con el mismo vidrio, en tres bandas superpuestas. Cada una de ellas era del mismo alto que la del salón, si bien el conjunto no llegaba hasta el forjado superior para permitir el movimiento de aire, ni hasta el inferior para permitir el desagüe de la terraza. Para lograr apoyos intermedios para estos elementos, pero también para modular el alzado principal, Romany dispuso pequeños perfiles metálicos en U, que recorrían la fachada de arriba a abajo anclados a los cantos vistos de los forjados: tres módulos de 90 cm aproximadamente en la cocina, cuatro en el salón, que se transformaban en secuencias de puertas, huecos acristalados y partes ciegas donde se abatían las contraventanas de madera. (Figura 5)



Figura 5 – Alzado principal original *(La Quimera Moderna)*

La óptima orientación de esta fachada, así como el gran predominio del hueco sobre el macizo, hizo innecesario colocar aislamiento térmico en ella. Por el contrario, aunque no fuera habitual, Romany prescribió la colocación de lana de roca de 3 cm de espesor en las cámaras de la fachada norte. Toda esta racionalidad constructiva y técnica se extendió al ámbito de las instalaciones. La agrupación de la cocina y el baño en la planta de la vivienda reducía al mínimo los recorridos horizontales de las tuberías de agua fría y agua caliente, mientras que un gran

patinillo, situado en la pared medianera con la vivienda vecina, abergaba las bajantes de cocinas y baños y sus conductos de extracción, unificando los trazados verticales con gran sensatez. En los testeros de los bloques estos patinillos se hacían muy presentes en la elegante formalización de las chimeneas, que quebraba sutilmente la simetría de los faldones de cubierta. La lograda mezcla entre técnica, economía y estética, característica del proyecto, no fue siempre bien recibida por los usuarios, que incorporaron las terrazas a los salones, eliminaron los montantes de fachada, cegaron las ventanas de los baños o recrecieron el armario del pasillo hasta el techo, entre otras modificaciones.

3. LA REFORMA

Tanto la reforma que nos ocupa, realizada en 2015, como la que se llevó a cabo en nuestra propia vivienda una década antes comparten, más allá de los distintos programas funcionales a albergar, un mismo espíritu de reivindicación y de actualización de los valores del diseño de Romany, expuestos previamente. Algunas de las decisiones tomadas en 2005 se retomaron en 2015, tras haberse verificado su buen funcionamiento. Así, se consideró oportuno recuperar las terrazas originales en salón y cocina, eliminando cerramientos posteriores de aluminio y vidrio. Ello obligó, en ambos casos, a rehacer la barandilla original en acero pintado en negro, soldándola a los montantes existentes, que afortunadamente se conservaban. El diseño no es exactamente el mismo que el original de Romany, siendo la mayor modificación la sustitución del vidrio traslúcido original por otro laminar completamente transparente. La decisión se tomó en el transcurso de la primera obra, en 2005, al eliminar el desafortunado cerramiento de aluminio y descubrir con sorpresa las hermosas vistas del abundante arbolado con que cuenta el barrio y de las que consideramos absurdo prescindir. (Figura 6)



Figura 6 – Terraza recuperada en la reforma de 2005 *(Autor)*

De igual manera, en el cerramiento del tendedero se plantearon dos alternativas: en 2005 decidimos conservar parcialmente el diseño de Romany, manteniendo las bandas superior e inferior del cerramiento, ahora transparentes, y eliminar la central. (Figura 7) En 2015, a petición de la propiedad, sólo se mantuvo el peto inferior idéntico al del salón y toda la parte superior se cerró con una cortina de vidrio.Esta tensión entre el respeto escrupuloso al diseño original y las sugerencias del proyecto también estuvo presente en la definición del cerramiento del salón.



Figura 7 – Fachada principal (Izquierda: Autor; derecha: Miguel Ángel Sanz Hernán)

Si bien desde un principio se optó por acristalar toda la pared, eliminando las partes opacas del diseño de Romany, nos costó "traicionar" la modulación impuesta por los montantes y optar por tres hojas correderas de 1,20 m cada una. Dado que prácticamente todo el cerramiento del salón y la cocina lo constituirían estos ventanales, se decidió utilizar carpinterías de aluminio lacado en negro con rotura de puente térmico. La composición del vidrio fue del tipo doble bajo emisivo 4/12/6, persiguiendo un buen aislamiento térmico y acústico. En el proyecto de 2015 se restauraron las correderas originales del salón y se reubicaron en los muros laterales de la terraza, como recuerdo de la fachada original. (Figura 8).



Figura 8 – Terraza y salón en la reforma de 2015 *(Javier García Herrero)*

Algunos errores cometidos en el proyecto de 2005 fueron subsanados en el de 2015. A diferencia de aquél, las nuevas carpinterías de la fachada norte también se instalaron con rotura de puente térmico, evitándose así las condensaciones que se producen puntualmente en las habitaciones de nuestra vivienda. Tampoco se confió plenamente en la pervivencia del aislamiento de lana de roca original, tanto en fachada como en cubierta, por lo

que se aislaron nuevamente las cámaras verticales con poliestireno extruido y se añadieron planchas de lana de roca entre el forjado inclinado de cubierta y el nuevo falso techo de cartón-yeso. Lo que se mantuvo fielmente, a diferencia de la tendencia generalizada en las nuevas obras de reforma del barrio, fue la dimensión de los huecos de la fachada norte. Se potenció incluso su radical horizontalidad en el estudio y se garantizó su calidad lumínica reduciendo al mínimo los elementos verticales y utilizando carpinterías de pequeño espesor. (Figura 9)



Figura 9 – Huecos de fachada norte en la reforma de 2015 *(Javier García Herrero)*

En ambos proyectos de reforma se recuperaron o reinterpretaron elementos originales de la distribución interior que interesaba potenciar. En la de 2005 fue el armario de obra que separaba el salón del pasillo. Para ello se demolieron los maleteros añadidos en su parte superior y se eliminó la puerta que separaba salón y pasillo, recuperándose la fluidez espacial original. Todo el armario, incluidas nuevas puertas de DM enrasadas con la fábrica existente, se pintaron de un color vivo. La misma estrategia se siguió con la tabiquería que delimita el baño. Se buscó que estos dos elementos y las diversas puertas de madera, que iban de suelo a techo, contrastaran con los muros de carga de la vivienda, sistemáticamente pintados de blanco para aumentar la luminosidad de los distintos espacios. (Figura 10)



Figura 10 – Armario restituido en la reforma de 2005 *(Autor)*

Por el contrario, en la reforma de 2015 el armario se demolió y se prefirió tener un salón pasante de mayor profundidad. Entre otras razones, esto fue debido al interés de la propiedad por disponer de una gran pantalla de cine escamoteable adosada al gran ventanal del salón que necesitaba de una longitud de proyección mayor de la habitual. Así mismo, esto implicó la necesidad de instalar un mecanismo exterior de oscurecimiento, el único existente en toda la vivienda. En cuanto al elemento reinterpretado en el proyecto de 2015, en este caso se trató del baño y su iluminación natural a través de la cocina. Se dispuso un vidrio a hueso empotrado en el falso techo y descansando sobre un listón de madera situado sobre la puerta de la cocina, de manera similar al original. Sin embargo, a diferencia de aquél, la parte vidriada se extendió a la situada sobre la puerta corredera del baño, perpendicular a la primera. El resultado fue un baño de reducidas dimensiones, pero muy luminoso. (Figura 11)



Figura 11 – Iluminación natural del baño restituida en la reforma de 2015 *(Javier García Herrero)*

El diseño de esta pequeña pieza fue, sorprendentemente, lo más laborioso del proyecto e implicó alguna decisión controvertida. La posición central del baño respecto a la cumbrera de la cubierta del edificio habría generado un vidrio con una forma extraña (de doble pendiente simétrica) sobre la puerta del baño, por lo que se decidió que el falso techo no fuera exactamente paralelo al forjado inclinado, desplazando su cumbrera hasta la vertical de los cerramientos de las habitaciones, lográndose así un vidrio de una única línea inclinada en su parte superior. (Figura 12)



Figura 12 – Iluminación natural del baño restituida en la reforma de 2015 *(Javier García Herrero)*

El tema del forjado inclinado de cubierta planteó unas posibilidades espaciales inexistentes en la vivienda reformada en 2005, con altura constante de 2,40 m. Así, se decidió elevar 40 cm el suelo del dormitorio principal mediante una estructura portante de tableros de DM, habilitándose bajo él un espacio de almacenaje registrable eventualmente. (Figura 13)



Figura 13 – Espacio de almacenaje en dormitorio principal en la reforma de 2015 *(Javier García Herrero)*

Para ello fue crucial el magnífico trabajo realizado por los carpinteros, trabajo que se extendió a puertas, estanterías y “costillas” de madera. Éstas últimas fueron unas piezas huecas de sección rectangular, de dimensiones similares a las utilizadas como montantes en la estantería de la sala, que cumplían diversas funciones. Entre ellas, prolongaban virtualmente el muro de carga existente, velando parcialmente el acceso al

baño, y servían de canaleta registrable que alojaba el cableado preciso para conectar el proyector con el reproductor de vídeo. (Figura 14)



Figura 14 – "Costillas" de madera en la reforma de 2015 *(Javier García Herrero)*

La labor conjunta de los clientes, los arquitectos (Inés Patiño Meijide y el autor de este texto) y los distintos gremios intervinientes enriqueció decisivamente el resultado final de la reforma y propició que el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid la considerara, generosamente, merecedora de un Premio COAM 2016. (FCOAM, 2017)

4. CONCLUSIONES

Las dos intervenciones expuestas sólo pretendieron poner en valor, desde la humildad y el respeto, la arquitectura que, con precariedad de medios pero con enorme talento, sensibilidad y rigor proyectual desarrollaron José Luis Romany y sus colaboradores en el Poblado Dirigido de Fuencarral, creando de la nada un lugar maravilloso. Un lugar que merecería una mejor valoración por, entre otras razones, el patrimonio arquitectónico moderno que atesora.

REFERENCIAS

FCOAM, 2017 – **2005/2016 Premio COAM. Arquitectura contemporánea de Madrid**. Madrid: Fundación arquitectura COAM, 862-867.

FERNÁNDEZ GALIANO, Luis; ISASI, Justo; LOPERA, Antonio, 1989 – **La quimera moderna. Los poblados dirigidos de Madrid en la arquitectura de los 50**. Madrid: Hermann Blume.

GARCÍA HERRERO, Jesús, 2013 – **Intervenciones en el poblado dirigido de Fuencarral**. Actas Jornadas Internacionales de Investigación en Construcción. Vivienda: pasado, presente y futuro. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

MOYA GONZÁLEZ, Luis, 1983 – **Barrios de promoción oficial: Madrid 1939-1976**. Madrid: COAM.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS ESCOLARES: VIABILIDADE, EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES E IDENTIDADE

SCHOOL BUILDING REHABILITATION: FEASIBILITY, REGULATORY REQUIREMENTS AND IDENTITY





André Santos [(1)], Joana Sousa [(2)]

(1) FAUP, Portugal, amsantos@arq.up.pt
(2) FAUP, Portugal, up201605742@arq.up.pt

RESUMO

Na sequência da consciência do estado geral de degradação e inadequação dos edifícios escolares, a partir de um programa integrado, a Parque Escolar implementou, desde 2007, uma estratégia e prática de reabilitação e modernização das escolas públicas com ensino secundário em Portugal. Convocando primeiramente as necessidades pedagógicas, proporcionou-se paralelamente a reposição de condições de funcionalidade e habitabilidade nas quais, a segurança, o conforto, a qualidade do ar, a acústica, a sustentabilidade energética e ambiental, assumem particular relevância. Considerando que a operação incidiu exclusivamente sobre preexistências, correspondentes a diversas tipologias, nas quais se integraram as novas exigências regulamentares e legislativas, as 172 escolas já intervencionadas permitem estabelecer-se como um laboratório que apresenta uma expressiva variedade de soluções, a explorar no desenvolvimento do artigo. Em edifícios com valor patrimonial reconhecido, assistimos a intervenções onde, defendendo e assegurando a preservação da estrutura compositiva original e correspondente imagem, se oscila entre exemplos nos quais se assumem as infraestruturas como elementos participativos na conformação dos espaços, e outros, cuja estratégia, consiste na absoluta dissimulação daqueles elementos. Paralelamente, nas intervenções em preexistências de menor qualidade arquitetónica, são igualmente confrontadas aquelas duas atitudes, seja na afirmação, a partir da expressão tecnológica, da condição de contemporaneidade seja, na consolidação dos valores da preexistência, procurando-se integrar aqueles sistemas com menor impacto e visibilidade. Nesta perspetiva, perante a multiplicidade de soluções, na resposta a desafios semelhantes, verificam-se resultados singulares, que confirmam a validade (e a oportunidade) em considerar os edifícios preexistentes como protagonistas do seu processo de transformação e adaptação àquelas condições de habitabilidade, preservando-se a memória e a identidade na confirmação da viabilidade técnica e económica.

Palavras-chave: Escolas / Reabilitação / Valor Patrimonial / Identidade / Habitabilidade

1. INTRODUÇÃO

«*Está em curso, talvez mais na surdina do que merecia e devia, a maior obra do Portugal democrático*.» (Romano, 2009).

A recente intervenção nas escolas com ensino secundário, desenvolvida pela Parque Escolar, E.P.E[1] na prossecução do Programa de Modernização das Escolas com Ensino Secundário (PMEES)[2], representou uma das mais paradigmáticas operações estruturadas de reabilitação de edifícios públicos em Portugal. Contrariando um histórico que atendia de forma pontual e casuística a reparações e adaptações episódicas, o Programa desenha uma ação sistémica que, integrando os desígnios pedagógicos, convoca as comunidades, as escolas e os projetistas a um desempenho conjunto e participativo. Assentando em exclusivo numa estratégia de reabilitação, eleva as escolas preexistentes e considera as suas especificidades enquanto matéria positiva na adequação à contemporaneidade. Viabiliza um modelo de faseamento, financiamento e manutenção a prazo, e incorpora as mais recentes exigências legislativas na produção de resultados diversificados e singulares que, de modo geral integram o desígnio da preservação da memória e da identidade das escolas originais.

Nas dimensões arquitetónica, cultural e patrimonial, as escolas correspondem maioritariamente a respostas normalizadas ou estandardizadas a diferentes tipologias, protagonizando um universo de edifícios preexistentes nos quais, apesar de ser mantida a função escolar, se viram profundamente alteradas nas suas condições originais. Seja pelo aumento expressivo do programa e consequente ampliação da área construída, seja pela introdução de inúmeros inputs tecnológicos, ou ainda pela condição autoral que caracterizou o processo, e a partir da qual, a sensibilidade, experiência, cultura e carácter de cada autor, assumiu singularidade na condução das opções do projeto e na determinação das soluções finais.

No domínio pedagógico, deverá ser considerada a redefinição global da rede escolar nacional[3], a adequação dos programas educativos às realidades socioculturais e económicas de cada comunidade, e a ampliação qualitativa de valências sociais e culturais, sobretudo na incorporação de condições espaciais para a realização de atividades de carácter informal, complementando o processo de ensino-aprendizagem alicerçado na sala de aula tradicional. Neste contexto, as novas tecnologias vêm introduzir um dos vetores que contribuíram para majorar este efeito, seja no equipamento pedagógico incorporado no interior das salas (projeção e quadros interativos), seja sobretudo, nas redes wireless acessíveis a partir da totalidade dos espaços escolares.

E em particular, na resposta às exigências regulamentares, o Programa protagonizou uma experiência precursora, obrigando a integrar uma carga infraestrutural no contexto de intervenções de reabilitação, expondo a complexidade e a exuberância daqueles sistemas.

A partir da conjugação destes vetores torna-se evidente a pertinência em refletir sobre as características das preexistências face às potenciais intrusões programáticas, reiterando a oportunidade em questionar *o que se deve preservar* e, ao mesmo tempo, procurar tornar consciente que, os processos de evolução dos edifícios, e da adaptação às atuais necessidades e imposições, implica (inevitavelmente) um delicado equilíbrio nas metodologias de *como atualizar sem destruir*, ou antes, de como garantir as características essenciais que

[1] Entidade pública empresarial criada pelo Decreto-Lei n.º 41/07 de 21 de fevereiro de 2007, designada ao longo deste artigo como Parque Escolar.

[2] Programa de Modernização do Parque Escolar Destinado ao Ensino Secundário, entretanto designado por Programa de Modernização das Escolas com Ensino Secundário (PMEES), aprovado na Resolução do Conselho de Ministros nº. 1/07, de 3 de janeiro de 2007, designado ao longo deste artigo como Programa.

[3] O programa previa que até 2015 fossem intervencionados 330 edifícios, de um universo, que em 2007, ascendia a um total de 477 escolas com ensino secundário.

asseguram a identidade e a memória do *património com valor cultural*. E sobre se *é viável conservar e reabilitar*, partimos de um pressuposto que, atendendo ao social, ao cultural e à identidade, coloca na técnica a exigência de encontrar soluções e na economia a responsabilidade de assumir o investimento. Desta forma, a equação desenha-se a partir de uma questão de princípio e não de custo, pelo menos do custo que, de forma reiterada, é imputado ao ato de construir (projeto, fiscalização, demolição e construção), alienando outros, como os da prevenção e manutenção, da resistência e da durabilidade das soluções e, naturalmente, aquele que, apesar de menos quantificável, deveria assumir protagonismo no cálculo financeiro – o do valor cultural.

2. REABILITAÇÃO

«*O parque de edifícios escolares sob intervenção é um grupo bastante heterogéneo em termos de tipos de construção, características e qualidades arquitetónicas e, como tal, reflete as mudanças na educação em Portugal ao longo do século XX. Este também expressa a evolução da tecnologia da construção e os recursos técnicos e financeiros disponíveis para satisfazer as exigências do respetivo momento.»* (Heitor, 2012).

2.1. (Re)afirmação da identidade

Sobretudo fundamentado em razões de natureza operativa, o processo de modernização do parque escolar com ensino secundário público, assentou exclusivamente numa estratégia de reabilitação de escolas preexistentes, o que se se explica primeiramente pela necessidade de operacionalizar num curto espaço de tempo, um conjunto significativo de intervenções. Desta forma, mantendo-se as escolas nos recintos originais[4], foram evitados os processos incertos, morosos e dispendiosos de aquisição e registo de novos terrenos, proporcionando-se consequências positivas na persistência da relação das escolas com as comunidades e, consequentemente, na contribuição para um sentido de pertença, de compromisso e de identidade que, associados à estratégia participativa já referida, se tornaram cúmplices pela manutenção da memória e da identidade. A relação dos edifícios com o contexto territorial, nomeadamente o seu compromisso com a dimensão urbana, acrescenta igualmente responsabilidade na (re)afirmação da identidade.

2.2. Arquitetura pedagógica

«*Se em vez de se construírem mais edifícios, se reabilitarem os que existem, consegue-se, ao mesmo tempo, atingir quatro objectivos: salvaguardar o património natural e a paisagem; manter vivos os centros históricos das cidades e aldeias, conservando o seu carácter e atmosfera; preservar a qualidade de vida das populações; e aproveitar melhor o importante recurso económico que é o parque edificado*.» (Espiga, 2006).

Em consequência da estratégia de exclusividade na reabilitação de edifícios escolares preexistentes, foram intervencionadas escolas de distintos e contrastantes valores patrimoniais, e nas quais, a qualidade arquitetónica, diverge significativamente. No entanto, o balanço final resulta numa mais-valia assinalável, desde logo pela sensibilização pedagógica que, contrariando a atitude de demolir para construir de raiz, incentiva a consistência e credibilidade do processo. Constituindo as escolas públicas dos edifícios mais quantitativamente dispersos pelo território, e com uma massificada frequência social, a demonstração da viabilidade em atender às preexistências enquanto matéria operativa para a sua transformação e sobrevivência, configura uma atitude de assinalável valor pedagógico e de responsabilidade social. Com os resultados expressos por este Programa, tornaram-se evidentes as qualidades que possibilitaram intervir em edifícios de diferentes tempos do passado adequando-os às necessidades contemporâneas, tornando-os atrativos, inclusivos e seguros, projetando-os para

[4] Processo que obrigou a um faseamento cuidado de forma a que o funcionamento normal da escola não se visse comprometido pelo desenvolvimento das obras que, coexistindo no tempo, exigiram um cuidadoso planeamento e faseamento do processo construtivo.

um novo modelo de escola capaz de responder às necessidades e ambições do futuro.

Das várias avaliações a que o Programa foi sujeito, é de salientar a consideração da «... *transformação na qualidade física da grande maioria das escolas secundárias (...) e na sua adequação a um curriculum mais prático, científico e profissional ...»* (Blyth, Almeida, Forrester *et al*., 2009), o que se evidencia pelo entendimento da arquitetura como uma ferramenta com potencial pedagógico.

3. VIABILIDADE

3.1. Desafios atuais

São vários os fatores que contribuem para a viabilização da operação de reabilitação das escolas secundárias. Em primeiro lugar será de considerar os edifícios preexistentes que constituem, independentemente da qualidade arquitetónica intrínseca, um legado patrimonial com valor cultural que aqui se verificou ampliado.

Em segundo lugar, o programa funcional imputado a cada escola, na relação estreita com o contexto, e na perspetiva global da redefinição da rede escolar nacional, é seguramente outro dos motores que contribuíram positivamente para a afirmação da operação.

Em terceiro lugar, o Programa implementado pela Parque Escolar, assumiu uma responsabilidade decisiva na forma como permitiu desenrolar toda a operação. Estruturado de forma sistémica, o Programa articula convenientemente as dimensões pedagógicas, arquitetónicas, financeiras e apresenta uma singularidade rara na cultura nacional, que se manifesta na estruturação de condições de prevenção e de manutenção num período de tempo longo (30 anos).

Finalmente os autores que, não abdicando de uma atitude crítica e concertadora dos diversos interesses em causa proporcionaram, a partir do bom-senso, resultados maioritariamente equilibrados, atrativos, seguros, inclusivos e, sobretudo, adequados às condições que os currículos pedagógicos suscitaram.

3.2. Desafios futuros

A viabilidade é um facto demonstrado, pelo menos aquela que, após dez anos (portanto a curto prazo), atesta da credibilidade e da eficácia do processo, tornando-se desejável um maior afastamento temporal para certificar a oportunidade das opções face às transformações que inevitavelmente se continuarão a colocar quer na vertente social, quer na dimensão pedagógica. E nesta perspetiva (a médio e longo prazo), estarão as escolas suficientemente preparadas para resistirem e se continuarem a adaptar? Estará a arquitetura disponível e será suficientemente flexível para integrar os desafios futuros? Estas questões só encontrarão respostas num outro tempo, ficando para já a certeza de que as arquiteturas escolares originais comprovaram a sua resiliência face ao desafio que o Programa lhes colocou, assegurando a sobrevivência dos edifícios em condições de dignidade na resposta a uma escola contemporânea.

4. EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES

«... *não existe nenhuma referência a um modelo tipológico, um exemplo que pudesse servir de base. (...). Os limites da projetação são agora físicos e legais. Na verdade, a legislação que tutela este tipo de edifícios, quase, talvez, o novo modelo tipológico de referência. É ela que baliza e orienta de uma forma clara o que se pode ou não fazer*.» (Neves, 2011).

4.1. Contexto

A 4 de abril de 2006, e em consequência do Protocolo de Quioto, são publicados um conjunto de diplomas legais

relativos ao Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)[5], aos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)[6], e ao Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)[7], revelando preocupações e limitações nos consumos energéticos dos edifícios. Estas determinações implicaram a necessidade de articular conjuntamente os vários sistemas que geram consumo energético, passando a obrigar a uma interdependência concetual entre os projetos luminotécnicos e de AVAC. A estas condicionantes, foram acrescidas as determinações com vista à garantia das condições de Acessibilidade[8] na integração de um ideal de inclusividade e no conceito de design universal, bem como as impostas pelo novo enquadramento legal sobre a Segurança contra Incêndios (SCIE)[9], e ainda, na resposta aos renovados Requisitos Acústicos em Edifícios (RRAE)[10].

4.2. Implementação

Como se viria mais tarde a percecionar, estas novas exigências colocariam imposições significativas, obrigando a incorporar nos espaços uma parafernália de sistemas e de equipamentos, potencialmente intrusivos na definição visual, condição majorada no contexto de intervenções centradas em edifícios preexistentes. Saliente-se em particular os efeitos produzidos pelo RSECE que, na sua redação, não estabelece distinção significativa na sua aplicabilidade em edifícios construídos de raiz ou em processo de reabilitação, já que apenas apresenta exceções naqueles que se inserem em centros históricos ou em situações de edifícios classificados. Complementarmente, a imposição do valor mínimo de renovação de ar (que no caso dos edifícios escolares impõe um caudal de 30m^3/h por ocupante), determina que, numa sala média, a fórmula indicada resulte na exigência de renovar a totalidade do volume de ar da sala, seis vezes por hora. Esta condicionante, em sincronia com o previsto no primeiro regulamento para os edifícios escolares[11], vê-se agora agravada pela recente exigência em assegurar uma amplitude térmica no ar novo[12], tornando improvável a abertura das janelas e, consequentemente, comprometendo a tradicional ventilação transversal que, em 1866, já era considerada insuficiente.

«*Um bom systema de ventilação deve renovar completamente a athomosphera da aula, dando 30 metros cúbicos de ar novo por alumno e por hora sem produzir correntes incommodas*. *As janelas não só não satisfazem a todos estes requisitos durante o tempo da aula, se não que na opinião de alguns hygienistas não satisfazem completamente a nenhum. É necessário que a escola seja ventilada por dois tubos, em injector para a entrada de ar novo (...) e obriga a um augmento de despeza que se calcula em 20 por cento*...».[13]

Já no que ao RCCTE importa, sobretudo considerando as intervenções em edifícios preexistentes, e em particular nos casos em que as construções articulam panos de paredes rebocadas com elementos em pedra como embasamentos, molduras e frisos, a aplicação de sistemas passivos pelo exterior revelou-se inadequada, sob pena de adulterar significativamente a essência compositiva e a estética original. Assim, obrigou-se a reforçar a inércia térmica pelo interior, consumindo espaço por vezes, já originalmente exíguo. Efetivamente, em parte dos

5 Decreto-Lei n.º 78/06 de 4 de abril de 2006.

6 Decreto-Lei n.º 79/06 de 4 de abril de 2006.

7 Decreto-Lei n.º 80/06 de 4 de abril de 2006.

8 Decreto-Lei n.º 163/06 de 8 de agosto de 2006.

9 Decreto-Lei n.º 220/08 de 12 de novembro de 2008 (entrou em vigor a 1 de janeiro de 2009); Portaria n.º 1.532/08 de 29 de dezembro de 2008 e o Despacho n.º 2074/09 de 15 de janeiro de 2009.

10 Decreto-Lei n.º 96/08 de 9 de junho de 2008 (que adapta o anterior Decreto-Lei n.º 129/02 de 11 de maio de 2002).

11 Lei de 27 de junho de 1866.

12 O intervalo da temperatura de conforto foi inicialmente fixado em 20 0C (mínima nas estações frias) e em 25 0C (máxima nas estações quentes).

13 Lei de 27 de junho de 1866. (p. 3). In RODRIGUES, Idalina – Legado do Conde de Ferreira, no Algarve. (anexo 3).

«... *edifícios existentes, algumas vezes com valor patrimonial e arquitectónico declarado (…) as soluções passivas nem sempre são as possíveis de utilizar, porque há a necessidade de defender a fachada dos edifícios como elemento importante da componente arquitectónica*.» (Nunes, 2009).

Neste contexto, o Programa desenvolvido pela Parque Escolar constituiu o primeiro momento, quer no tempo, quer no impacto, em que estas consequências foram implementadas, tendo-se assumido como um laboratório experimental de diversas metodologias, estratégias e consequentemente, resultados. Convirá esclarecer que, esta condição não sendo exclusiva desta operação, obriga, de forma transversal, a que todos os projetos, de qualquer natureza programática, atendam e incorporem estes diplomas que, até à data (e mesmo na sequência desta experiência), ainda se mantém inalterados, carecendo de reflexão e adequação às condições climatéricas e económicas da realidade nacional.

Contrariando o sentido tradicional de ocultação das infraestruturas com maior expressão física e visual, o Programa, por razões de manutenção e acessibilidade, veio a exigir que, a implementação dos sistemas infraestruturais, garantissem níveis efetivos de acessibilidade, verificando-se naturalmente consequências na conformação dos espaços, na caracterização dos ambientes e na determinação da imagem arquitetónica das escolas, quer nas envolventes exteriores, quer, sobretudo, nos espaços interiores.

Desta forma, e perante a complexidade dos sistemas, induziu-se a necessidade de ampliar o diálogo entre a tecnologia e a arquitetura, eventualmente proporcionando novas sensibilidades na apropriação estética espacial, ou mesmo configurando uma nova linguagem que seguramente interferirá na consciência e assimilação dos espaços pelos utilizadores. Destes, em particular o universo de estudantes que, contactando quotidianamente com o espaço escolar, não deixará de entender e integrar com naturalidade na sua formação e cultura espacial, a presença, por vezes ostensiva, de todos estes sistemas.

4.3. Resultados

Tornando-se patente a expressividade da carga formal dos vários sistemas implementados, ou seja, evidenciando-se as consequências estéticas que estes impõem aos espaços, são verificados dois tipos de estratégias diferenciadas. Se num conjunto significativo de intervenções, se assumem os sistemas infraestruturais obtendo partido desses elementos para, com eles, conformar e caracterizar a dimensão estética dos espaços, ao contrário, noutros projetos, o autor declara uma atitude de serenidade, ocultando e controlando os elementos infraestruturais em locais próprios, camuflando a aparência descarada destes sistemas.

No contexto daquela primeira atitude, serão de elencar soluções paradigmáticas na transformação da estética dos edifícios, como o verificado na escola secundária de Lousada (arq.º José Manuel Carvalho Araújo)[14], na qual os sistemas mais invasivos, nomeadamente as condutas da tratamento do ar, são colocadas pelo exterior das paredes existentes, na construção de uma nova pele que se reveste com uma malha de aço distendido, transformando e renovando radicalmente a imagem da escola pré-existente (Figura 1).

[14] Referem-se os arquitetos autores dos projetos de modernização (e não os autores dos projetos originais).



Figura 1 – Escola secundária de Lousada, onde se configura uma nova imagem assumida como uma segunda pele dos edifícios pré-existentes. © André Santos

Já no caso da intervenção na escola secundária de Rodrigues de Freitas (arq.º Manuel Fernandes de Sá), os sistemas de reforço térmico foram implementados apenas pelas faces interiores dos paramentos exteriores, por forma a salvaguardar a expressão arquitetónica do edifício original, demasiado vincada pelo contraste entre reboco pintado e elementos em cantaria de granito, marcado por um expressivo relevo (Figura 2). Neste sentido, invertendo a solução ideal de aplicação do reforço térmico pelo exterior, a sua implementação conjunta com a atenuação acústica pelo interior das salas, obrigaram a uma intervenção mais significativa do que o atual estado aparenta.



Figura 2 – Escola secundária de Rodrigues de Freitas, assistindo-se à expressiva textura dos paramentos exteriores pré-existentes. © André Santos

Em contrapartida, aquelas condicionantes (obrigando a intervir pelo interior), conjugadas com a improbabilidade em instalar tetos falsos menos compatíveis com a expressão vertical dos vãos exteriores das zonas de circulação, determinaram a conceção de um sistema em esteira metálica longitudinal suspensa, capaz de suportar os mais variados sistemas e assegurar uma efetiva acessibilidade, naturalmente também com consequências do ponto de vista visual (Figura 3).



Figura 3 – Escola secundária de Rodrigues de Freitas, com a incorporação de uma esteira ao longo dos espaços de circulação. © André Santos

Por outro lado, em intervenções menos condicionadas pelo valor patrimonial das preexistências e, portanto, com maior liberdade compositiva, as infraestruturas foram também motivadoras de atitudes que, explorando a sua circunstância formal, se prestaram ao enaltecimento da sua condição, seja na declaração de um novo tempo, seja no manifesto estético, quase escultórico que protagonizaram. Na intervenção na escola secundária de Santa Maria da Feira (arq.º José Manuel Soares), no interior de um dos edifícios pavilhonares preexistentes, e face à imensidade de tubagens requeridas, a opção foi de as assumir integralmente, expondo-as e desenhando o ambiente a partir do contributo da tecnologia (Figura 4).



Figura 4 – Escola secundária de Santa Maria da Feira, na exaltação da dimensão estética das condutas de AVAC. © André Santos

Já na intervenção de reabilitação da escola secundária Dr. Júlio Martins (arq.º Nuno Brandão Costa), a concentração de todos os sistemas num único ducto, suscitou uma estratégia idêntica, na exploração plástica e imagética de uma tubagem que reveste e ordena todas as restantes (Figura 5). Este elemento ultrapassa e transcende o seu propósito tecnicista, afirmando sobretudo uma marca que, assentando na sua expressividade estética, contribui para assinalar o espaço escolar com uma identidade renovada.



Figura 5 – Escola secundária Dr. Júlio Martins, na qual, uma única e expressiva tubagem, enquadra e concentra todas as restantes proporcionando uma imagem depurada. © André Santos

Contrastando com estas soluções, e correspondendo à segunda e mais rara atitude, a intervenção na escola secundária Sá de Miranda (arq.º José Bernardo Távora), explora e defende a total integridade das condições preexistentes, recusando a incorporação dos sistemas mais intrusivos na conformação espacial. No entanto, este ideal, socorre-se da dissimulação para assegurar a integridade (aparente) das condições originais, na medida em que a proporção dos espaços foi sendo alterada pela incorporação pontual de tetos falsos (Figura 6).



Figura 6 – Escola secundária Sá de Miranda, sala de aula onde se mantém a caracterização original, com exceção para o rebaixamento do teto. © André Santos

Também na intervenção na escola secundária de Carolina Michaelis (arq.º Manuel Fernandes de Sá), o autor perseguiu a integridade espacial e material caracterizadoras da essência compositiva e formal da preexistência, restringindo ao mínimo indispensável a presença aparente dos sistemas infraestruturais. (Figura 7).



Figura 7 – Escola secundária Carolina Michaelis, ginásio reabilitado. © André Santos

5. IDENTIDADE

«*Reabilitar tem significado ao combinar a vida contemporânea com existências vindas do passado, o que implica reconhecer o valor dessas existências e a sua capacidade em receber e associar elementos do presente tendo em vista conseguir um equilíbrio entre os valores do passado e as inevitáveis respostas ao que hoje exigimos em termos de adequação e conforto.»* (Toussaint, 2009).

A preservação da identidade, ou seja, dos processos que asseguram que as escolas, após a operação de reabilitação, se mantêm com a capacidade de convocar as condições originais, nas mais variadas vertentes que necessariamente incluem as dimensões emocionais, sociais, culturais e arquitetónicas, constituíam um dos objetivos inscritos no Programa.

No contexto de uma cultura, em que o processo de identidade se constrói ao longo de um tempo longo, acrescentando diferentes momentos e formas de fazer na conformação de um todo único que, em cada circunstância, afirma a sua condição atual, a identidade é também um dos temas que este processo convoca para a reflexão. A que identidade importará recorrer para confirmar a inevitabilidade da transformação como forma de assegurar que os edifícios mantêm a sua via útil, ou seja, se mantém ativos e válidos no desempenho de determinadas funções? Se

atendermos unicamente à identidade arquitetónica, em determinadas intervenções (de menor expressão quantitativa), a intensidade da adulteração das pré-existências foi de tal forma intensa que eventualmente se vê comprometida a capacidade em identificar as componentes (funcionais, construtivas ou estéticas), que definiram a escola original.

No entanto, e na maioria das intervenções, os edifícios preexistentes constituíram-se efetivamente como matéria operativa na sua transformação e evolução, sendo absolutamente clara e inteligível qualquer dos vetores definidores do triângulo vitruviano, mesmo nos casos, em que a estratégia de transformação global, aglutinando a escola num edifício único, e redefinindo a imagem na afirmação de (uma) obra nova, declara o desígnio da contemporaneidade.

«*O estado de conservação dos edifícios contribui ainda para a qualidade do ambiente urbano entendido num contexto territorial alargado (...), cuidar do património construído é mais do que gerir eficazmente os recursos financeiros nele investidos: é contribuir para a preservação da história, dos valores e da memória colectiva de uma comunidade*.» (Afonso, Cruz, 2011).

6. CONCLUSÕES

Da abordagem desenvolvida importa fazer sobressair quatro considerações.

Em primeiro lugar, sobre o valor pedagógico que a operação incorpora e assume, ao defender uma estratégia de reabilitação, contrariando a construção de raiz, promovendo um sentido de maior sustentabilidade e economia e, ao manter as escolas nos territórios originais, proporciona-se ainda que seja ampliada a relação com o contexto sociocultural, económico e urbano em que se inserem.

Em segundo lugar, sobre a imensa carga infraestrutural resultante dos mais recentes diplomas legais e que, percorrida esta experiência (imensamente enriquecedora pela inteligência com que se articularam as valências e as condicionantes dos edifícios preexistentes com a incorporação daquela invasão tecnológica), se proporciona e potencia a capacidade para refletir na necessária adequação às condições climatéricas e, sobretudo, da realidade económica portuguesa.

Em terceiro lugar, no contributo que foi convocado ao campo disciplinar da arquitetura, afirmando a sua condição de responsabilidade pública e social, na avaliação das características das preexistências, na hierarquização dos seus valores e capacidade de acolherem quer os renovados programas funcionais, quer a carga determinada pelos sistemas infraestruturais, articulando e coordenando interesses na revelação da oportunidade em reabilitar as escolas do passado, e na capacidade de as investir como protagonistas da redignificação da instituição escolar pública.

Por último, importará sensibilizar para a relevância em considerar o Programa (sem camuflar os aspetos de maior fragilidade), mas sobretudo convocando as suas significativas qualidades, numa perspetiva que possa contribuir para a construção de uma metodologia de reabilitação da arquitetura pública, para além da função escolar.

REFERÊNCIAS

AFONSO, Rui Bráz; LADIANA, Daniela (org.), 2011 – **O espaço da escola. Conceitos, métodos e instrumentos para projecto e gestão do património escolar**. Itália, Florença: Alinea Editrice. ISBN: 978-88-6055-666-0.

BLYTH, Alastair; ALMEIDA, Rodolfo; FORRESTER, David *et al.*, 2009 – **OECD/CELE review of the secondary school modernisation programme in Portugal**. OECD Publishing. CELE Exchange 12-2009.

DECRETO-LEI n.º 78/2006 – Aprova o **sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar interior nos edifícios (SCE)** e transpõe parcialmente para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Diário da República n.º 67/2006, Série I-A de 2006-04-04.

DECRETO-LEI n.º 79/2006 – Aprova o **regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios (RSECE).** Diário da República n.º 67/2006, Série I-A de 2006-04-04.

DECRETO-LEI n.º 80/2006 – Aprova o **regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios (RCCTE).** Diário da República n.º 67, Série I-A de 2006-04-04.

DECRETO-LEI n.º 163/2006 – Aprova o **regime da acessibilidade aos edifícios e estabelecimentos que recebem público, via pública e edifícios habitacionais**, revogando o Decreto-Lei n.º 123/97, de 22 de Maio. Diário da República n.º 152/2006, Série I de 2006-08-08.

DECRETO-LEI n.º 41/2007 – **Cria a parque escolar, E. P. E., e aprova os respectivos estatutos**. Diário da República n.º 37/2007, Série I de 2007-02-21.

DECRETO-LEI n.º 96/2008 – Procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 129/02 de 11 de maio de 2002, que aprova o **regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios (RRAE**). Diário da República n.º 110/2008, Série I de 2008-06-09.

DECRETO-LEI n.º 220/2008 – Estabelece o **regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios (SCIE).** Diário da República n.º 220/2008, Série I de 2008-11-12.

DESPACHO n.º 2.074/2009 – **Critérios técnicos para determinação da densidade de carga de incêndio modificada**, para efeitos do disposto nas alíneas g) e h) do n.º 2 do artigo 12º do Decreto-Lei n.º 220/08, de 12 de novembro de 2008). Diário da República n.º 10/2009, Série II de 2009-01-15.

ESPIGA, Adelaide; SJÖSTROM Christer; TORRES, Cláudio *et al*., 2006 – **Em defesa do património natural e cultural: reabilitar em vez de construir**. Lisboa: GECORPA. ISBN: 972-99758-0-0.

HEITOR, Teresa; PINTO, Rafaela Marques, 2012 – **Thinking critically towards excellence in school buildings using space syntax as a catalyst for change**. Eighth International Space Syntax Symposium. Santiago de Chile: Editado por M. Greene, J. Reyes and A. Castro.

NEVES, Hugo, 2011 – **O processo de diagnóstico: a caracterização funcional**. *In* AFONSO, Rui Bráz; LADIANA, Daniela (org.) – *O espaço da escola. Conceitos, métodos e instrumentos para projecto gestão do património escolar*. Itália, Florença: Alinea Editrice. (p. 110-115). ISBN: 978-88-6055-666-0.

NUNES, João Sintra, 2009 – **Conversas**. Entrevista conduzida por Vasco Peixoto de Freitas. *In* JÚLIO, Eduardo (dir.) – *Construção magazine*. Porto: Publindústria, 11/12-2009. n.º 34. (p. 8-13). ISSN: 1645-1767.

PARQUE ESCOLAR, E.P.E., 2007 – **Renovar as escolas para o futuro**. *In* PARQUE ESCOLAR, E.P.E. – *Programa de Modernização das Escolas destinadas ao Ensino Secundário*. Lisboa: Parque Escolar, E.P.E.

PORTARIA n.º 1532/2008 – Aprova o **regulamento técnico de segurança contra incêndio em edifícios (SCIE).** Diário da República n.º 250/2008, Série I de 2008-12-29.

RESOLUÇÃO do CONSELHO de MINISTROS n.º 1/2007 – Aprova o **programa de modernização do parque escolar destinado ao ensino secundário (PMEES).** Diário da República n.º 2/2007, Série I de 2007-01-03.

RODRIGUES, Idalina, 2012 – **Legado do Conde de Ferreira no Algarve**. Loulé: Gráfica Comercial. ISBN: 978-989-20-3311-2.

ROMANO, José, 2009 – **Voltar à escola**. *In* ROMANO, José (dir.) – *Escola*. Arquitectura 21 n.º 4. (p. 5). Rio de Mouro: Be Profit.

TOUSSAINT, Michel, 2009 – **Algumas obras de arquitectura notáveis em Portugal e não só. 2007/2008**. *In* PIMENTA, Joana (coord.) – *Anuário arquitectura 12*. Casal de Cambra: Caleidoscópio Edição e Artes Gráficas S.A. ISBN: 978- 989-658-021-6.

PATRIMÓNIO ESCOLAR: REABILITAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE GESTÃO

SCHOOL HERITAGE: REHABILITATION AS A MANAGEMENT STRATEGY





André Santos [1], Francisca Mendonça [2]

(1) FAUP, Portugal, amsantos@arq.up.pt
(2) FAUP, Portugal, up201405921@arq.up.pt

RESUMO

«*A preservação e salvaguarda do património escolar português constitui um dever de cidadania. Cuidar das antigas escolas, que a memória colectiva associa a momentos marcantes da vida de cada um de nós, revela-se, pois, fundamental.*» (Martins, 1998).

Em 2006, o governo português incorporou o desígnio de inverter o panorama degradado e obsoleto do parque escolar público, implementando uma inovadora estratégia de gestão que, sustentada pelo Programa de Modernização das Escolas com Ensino Secundário, desenvolvido pela Parque Escolar, E.P.E., incide exclusivamente sobre a reabilitação de preexistências. A gestão dos edifícios escolares, segundo uma estratégia estruturada de reabilitação, certifica a eficácia em diversas vertentes: assegura a sobrevivência do edificado, ampliando a vida útil; reconhece e defende valores, nomeadamente o social, cultural e arquitetónico; afirma uma condição pedagógica com impacto social, ao preconizar a reutilização dos bens materiais, contrariando a tendência dominante do fazer de novo; perspetiva a possibilidade de, enquanto modelo de atuação, se estender como ferramenta operativa a outras áreas funcionais. O Programa, ao incidir exclusivamente sobre edifícios preexistentes (incluindo aqueles aos quais não se reconhece valor patrimonial ou arquitetónico significativo), amplia o significado e o entendimento social da importância e oportunidade em reabilitar. Esta estratégia, ao considerar as diversas arquiteturas enquanto matéria operativa no seu processo de transformação, reforça a consciência pública da relevância do passado na construção da contemporaneidade. Neste sentido, conservando o território de implantação, bem como parte significativa do edificado original, permitiu-se que a modernização dos edifícios escolares contribuísse para a persistência das relações social, cívica, cultural, económica; dos utilizadores; do tecido empresarial e, sobretudo, da relação com o contexto urbano. Concluindo, importará reconhecer neste inovador modelo de gestão uma condição estruturada e sistémica que assegura e viabiliza uma efetiva capacidade de reabilitar o património escolar, quer na circunstância presente, quer na prevenção e manutenção a prazo, capaz de o tornar extensível a outros contextos.

Palavras-chave: Arquitetura / Reabilitação / Estratégia de Gestão / Valor Patrimonial / Escolas

1. INTRODUÇÃO

A história do edifício escolar português, na sua essência, é composta por respostas a ideais de padronização e normalização, seja na definição dos objetivos programáticos ou dos aspetos definidores das características espaciais, seja no que respeita aos procedimentos relativos à materialização construtiva dos edifícios. Desde o final do século XIX[1] que o parque escolar nacional se encontra intimamente relacionado e dependente de noções como *escola-tipo, projeto-tipo* e *programa-tipo*. No período compreendido entre as décadas de 60 e 80, foram utilizadas estratégias e recursos de construção massificada de escolas de natureza pavilhonar, o que conduziu a uma desqualificação da qualidade arquitetónica e à correspondente diminuição da responsabilidade do equipamento público para com a cidade, afetando negativamente o significado e o valor urbano do edifício escolar. Dessa forma, assiste-se a uma alienação dos valores identitários, sociais e culturais.

A procura de sistemas, procedimentos e métodos para a tipificação das arquiteturas escolares decorre de fatores relacionados com a saúde, bem-estar e conforto, afim de responder à emergência quantitativa resultante da democratização do acesso ao ensino, afetando a qualidade espacial e construtiva.

A estratégia de centralizar a conceção dos edifícios e o objetivo de se adequarem a qualquer tipo de contexto assegura um efetivo controle dos investimentos, imprimindo-lhes fatores de racionalidade, e permite ainda responder mais eficazmente aos momentos de intensificação e de massificação da edificação. Mais recentemente, têm vindo a ser norteados apenas pelos propósitos da minimização dos custos, da massificação e da emergência construtiva, fundamentos da produção industrializada.

Em 2007, e perante um cenário pautado pela degradação e inadequação dos edifícios escolares para o ensino secundário, a empresa pública Parque Escolar, E.P.E[2], na sequência do Programa de Modernização das Escolas com Ensino Secundário (PMEES)[3], concebe uma estratégia concertada e sistémica de reabilitação das escolas secundárias preexistentes, invertendo o histórico de intervenções feitas até àquela data, caracterizadas por ações provisórias e episódicas.

Face a esta circunstância, pontuando a história do edifício escolar em Portugal, é planificada uma estratégia que reúne políticos, pedagogos, projetistas, escolas, comunidades e construtores, com o intuito de analisar, interpretar e concretizar sobre a globalidade das escolas do ensino secundário. Esta operação assenta em exclusivo numa estratégia de reabilitação que reconhece a matéria-prima do património escolar como válida na adequação à atualidade, articulando as necessidades de cada escola com as condições e disponibilidade dos edifícios. Deste modo, incidindo exclusivamente sobre as preexistências, foi criado um modelo operativo capaz de se estender à escala nacional como resposta à (re)conformação do espaço escolar. No contexto do PMEES, a Parque Escolar expressou a expetativa e a convicção de que esta operação seria indutora de um (novo) tipo de escola, reafirmando-se o sentido de unidade e de coerência, mas, ao atender à necessidade de integrar as particularidades de cada projeto educativo, descompromete-se dos princípios normalizadores consagrados a partir dos conceitos de *projeto-tipo*, e mais particularmente das *escolas-tipo*.

---

[1] O Arquiteto Adães Bermudes vence, em 1898, o concurso para a construção de 200 escolas primárias a partir da implementação de um *projeto-tipo*.

[2] Entidade pública empresarial criada pelo Decreto-Lei n.º 41/07 de 21 de fevereiro de 2007, designada ao longo deste artigo como Parque Escolar.

[3] Programa de Modernização do Parque Escolar Destinado ao Ensino Secundário, entretanto designado por Programa de Modernização das Escolas com Ensino Secundário (PMEES), aprovado na Resolução do Conselho de Ministros n.º 1/07, de 3 de janeiro de 2007, designado ao longo deste artigo como Programa ou PMEES.

Parte significativa da eficácia e inovação do PMEES transcorre da capacidade de gestão que a Parque Escolar desenvolve nas diferentes vertentes e com os diversos intervenientes no processo. Tornou-se imprescindível defender uma gestão eficiente de todo este processo, desde logo a significância da gestão financeira como estratégia essencial para dotar o programa de condições de implementação que afirmem a capacidade de inverter o histórico anterior, verificado pela inaptidão em executar eficazmente os diferentes planos e ações de construção e manutenção dos edifícios escolares. Paralelamente, acresce a importância de implementar sistemas de gestão de projeto capazes de acompanhar as diferentes equipas, estratégia esta que resulta da produção de um conjunto de documentos orientadores dos projetistas, como os manuais de projeto e a plataforma informática agregadora de todas as peças definidoras dos projetos e empreitadas, designada por Pronic[4].

Por fim, a conceção e implementação de um modelo de prevenção e manutenção, desenhado para vigorar pelo período de 30 anos após a construção, constitui outra das singularidades do processo, majorando os efeitos do investimento e assegurando um sistema de monotorização, fundamental na certificação e consolidação de uma estratégia de gestão a longo prazo.

Considerando os fatores referidos, a partir das intervenções no parque escolar, torna-se pertinente refletir sobre a metodologia de intervenção arquitetónica no património edificado, como modelo sustentável para a reabilitação dos edifícios públicos. A especificidade da função escolar permite ampliar a excecionalidade deste acontecimento, transportando de forma intrínseca uma dimensão assumidamente pedagógica que ultrapassa o contexto do edifício escolar, constituindo-se em várias vertentes como um modelo de intervenção sobre os valores patrimoniais, sejam os edificados, culturais ou sociais, e assegurando a este Programa uma condição de referência, extensível para além da função escolar.

2. REABILITAÇÃO

«*... deriva, para a acção projectual, a importante tarefa de reinterpretação desses edifícios à luz dos seus valores culturais, económicos e de uso, a fim de determinar as intervenções que devem derivar da especificidade de cada edifício, como realização das suas potencialidades de evolução.*» (Ladiana, 2012).

2.1. Fundamentos

A opção de sustentar o processo de modernização das escolas do ensino secundário a partir da reabilitação das escolas preexistentes, em vez de se promover a construção de raiz é sustentada por diversos fatores. Desde os aspetos inibidores da urgência em assegurar a intensidade da implementação e eficácia do processo (como a dificuldade em encontrar terrenos disponíveis no contexto consolidado das cidades ou a morosidade e complexidade dos processos administrativos que se colocariam na aquisição de novos terrenos), à valorização da identidade institucional dos edifícios e do desempenho qualificador das relações sociais e urbanas. Em primeira instância, o programa incorpora a consciência dos edifícios representarem um valioso testemunho da cultura e da identidade, um legado patrimonial assinalável que ultrapassa a natureza construtiva dos edifícios e abrange valores da história da pedagogia e da sociedade em geral. O reconhecimento da sua importância simbólica e social são ainda refletidos pelo significado que os edifícios escolares têm assumido na conformação da cidade e nas dinâmicas urbanas, enquanto polos de desenvolvimento e de atração urbana, justificando a preservação da sua

[4] Projeto de investigação Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção (ProNIC), que se implementou na sequência do anterior projeto CIC-NET.

identidade, quer na sua relação com o tecido urbano em que se inserem, quer ainda nas dimensões social, cultural e económica dos seus contextos.

Complementarmente, a operação foi desenhada para se efetivar num curto espaço de tempo, resultando da urgência da sua implementação, considerando-se que os processos inerentes à reabilitação seriam mais céleres do que os necessários à construção nova. Desde logo, pela dificuldade de encontrar nas cidades relativamente consolidadas espaços disponíveis para suportarem a operação, para além dos aspetos de natureza burocrática e administrativa que a aquisição de novos terrenos implicaria e que necessariamente colocariam questões quer na gestão do calendário, quer no maior esforço financeiro que se exigiria. Paralelamente, a necessidade de não interromper as atividades letivas, assume-se igualmente como uma determinação a favor da estratégia de reabilitação.

Convirá ainda associar à atitude de reabilitação as consequências positivas que se aferem pelos ideais de sustentabilidade, agora protagonizados pela reutilização de materiais existentes, diminuindo o consumo energético e de água inerentes à produção e transporte de novos materiais. Esta componente, mais uma vez, assume uma responsabilidade ética e pedagógica, sendo convenientemente referida noutras experiências internacionais.

2.2. Modelo pedagógico

«*A arquitetura é pedagógica. A arquitetura para a educação torna-se arte apenas quando a própria arquitetura ensina; quando os elementos do desenho destacam conceitos em todas as disciplinas, formando um currículo ambiental; quando a instalação escolar encontra as maiores aspirações da profissão arquitectónica; e quando uma escola é dotada com beleza e imaginação.*» (Taylor, 2009).

O programa da Parque Escolar representa um momento inovador no panorama da reabilitação arquitetónica nacional, promovendo-se o debate disciplinar sobre as formas de entender e intervir no património edificado. De resto, esta consciência é assumida pelos seus responsáveis quando afirmam que o programa «*... constitui, pela sua amplitude e diversidade, uma experiência única em termos nacionais na requalificação e modernização de edifícios existentes*.» (Nunes, 2011), evidenciando a extrapolação da especificidade da função escolar para outros programas funcionais.

Com este processo, o valor e as características particulares de cada uma das arquiteturas elevam o protagonismo dos edifícios preexistentes na sua reabilitação, qualidade que, conjugada com a especificidade dos projetos educativos de cada escola, e com o contexto sociocultural e urbano onde se inserem, condicionam inevitavelmente os modos de intervir.

Se a escola representa uma instituição cujos edifícios assumem esta dimensão pedagógica, os processos de gestão do património escolar representam igualmente uma ferramenta de pedagogia atuando sobre diferentes contextos. Seja por incidir na educação, pelo carácter público, pela atitude de reabilitar, por promover a elevação do padrão arquitetónico na intervenção em edifícios comuns, por incentivar a inclusão e responsabilidade social, por defender uma metodologia participativa, por apostar na eficiência energética ou por planear as ações de manutenção e prevenção a prazo. O processo implementado pela Parque Escolar alicerça-se na sensibilização pedagógica intrínseca ao PMEES.

3. NORMALIZAÇÃO

«*Mostra-se necessário, pois, e de forma inovadora, desenvolver um modelo de gestão do processo de modernização das instalações escolares destinadas ao ensino secundário que, de modo geral, abrangente, sistemático e duradouro, permita inverter o curso do processo de degradação e obsolescência funcional a*

que têm estado sujeitas ...»[5].

3.1. Antecedentes

Importa compreender o significado e dimensão que os princípios normalizadores assumem na história da construção e da gestão dos edifícios escolares em Portugal. Apesar de alguns e significativos exemplos se encontrarem para além do universo das construções destinadas ao ensino liceal, estas são igualmente representativas de atitudes sistémicas na caracterização das edificações destinadas ao ensino público.

Joaquim Ferreira dos Santos (1782-1866), o *Conde Ferreira,* deixou um legado para a construção 120 escolas primárias, a partir de um *projeto-tipo*[6]. É o primeiro exemplo da construção de vários edifícios escolares a partir de um conjunto de desenhos (planta e alçados) e de especificações (normas) dimensionais e construtivas, ou seja, de um *projeto-tipo*. Ao determinar a dependência de um único projeto, seria possível uma maior eficácia na gestão dos recursos financeiros. Já em 1898, a partir de uma iniciativa do Governo, *a Direcção-Geral da Instrução Pública* abre um concurso[7] público destinado à construção de 200 escolas primárias, novamente a partir de um *projeto-tipo*. A resposta vencedora, do arquiteto Adães Bermudes (1864-1948), determinou que, no espaço de dez anos, viessem a ser construídas 184 escolas desta tipologia.

Até ao início dos anos 30, foram desenvolvidos vários *projetos-tipo* pela *Repartição das Construções Escolares* que, no entanto, não lograram gerar obra significativa, sendo de salientar a persistência dos projetos estandardizados. Esta estratégia irá ser retomada e exponenciada no Estado Novo, época em que a perspetiva normalizadora se instala definitivamente enquanto estratégia para a construção dos edifícios públicos, nomeadamente das escolas (em particular com o Plano dos Centenários), uma das funções que assume um impacto mais expressivo na presença e representatividade dos edifícios públicos.

Também nos anos 60, as emergentes respostas às carências de instalações escolares, basearam-se em projetos tipificados caracterizados pela inovação protagonizada pelas tipologias pavilhonares e, sobretudo na década de 80, os ideais de estandardização e de tipificação atingiram o seu máximo expoente na resposta à universalização do acesso ao ensino, preservando a estratégia pavilhonar.

3.2. PMEES

Mais recentemente, sustentado pelos objetivos pedagógicos e pelo diagnóstico realizado, a Parque Escolar defende a criação de um novo modelo de edifício escolar, capaz de integrar as necessidades e objetivos dos projetos educativos de cada escola e garantir a sustentabilidade da sua conservação.

Em primeiro lugar, procura recuperar e modernizar os edifícios, ou seja, requalificar as infraestruturas físicas, por forma a incentivar e potenciar a criação de uma (nova) cultura de aprendizagem. Neste âmbito, as intervenções devem atuar sobre a correção estrutural dos problemas construtivos existentes, afim de assegurar a melhoria global das condições de habitabilidade. Dada a consciência do estado original dos edifícios escolares, as intervenções relacionadas com as condições de conforto ambiental são priorizadas, tais como as condições higrotérmicas, acústicas, segurança, da qualidade do ar e da verificação das

[5] Decreto-Lei n.º 41/07 de 21 de fevereiro de 2007 (p. 1.287).

[6] O projeto-tipo materializa uma solução que se destina a ser replicada em diferentes contextos territoriais e por diferentes agentes. Tem como principal objetivo assegurar que, quer nos diferentes locais, quer a partir dos diferentes intervenientes, se permite atingir um resultado igual ao planeado por forma a constituir um conjunto de edifícios que respeitam um projeto comum.

[7] Jornal O Século - "Programa de concurso para apresentação de projectos de edifícios destinados a escolas de instrução primária".

acessibilidades a todos os espaços interiores e exteriores das escolas. Para além disso, as transformações devem proporcionar uma reconformação dos espaços letivos e não letivos às novas práticas pedagógicas, onde a flexibilidade e a capacidade de adaptabilidade dos espaços devem ser potenciadas de forma a majorar a sua utilização e, consequentemente, minimizar os custos de eventuais transformações futuras.

Um segundo objetivo estabelece abrir a escola à comunidade, incentivando a inter-relação entre a comunidade e a instituição escolar, o que perspetiva aumentar os níveis de compromisso e a revalorização da escola pública. Procura-se, então, favorecer a utilização da escola para atividades extracurriculares, ampliando a valência já instalada da prática desportiva, para outras de natureza formativa, de eventos culturais e sociais e ainda de atividades lúdicas. Neste âmbito, para além dos espaços desportivos, dos polivalentes, e sobretudo do espaço simbólico do saber, a biblioteca constitui-se como determinante na afirmação daquela condição de comprometimento com a comunidade exterior. Este desígnio persegue ainda a reafirmação perante o contexto social em que a escola se insere, redefinindo igualmente o seu papel no tecido edificado como *recentramento da escola no meio urbano.*

Finalmente, reforça a vertente da *manutenção e gestão dos edifícios após a requalificação*, como estratégia imprescindível para prolongar a vida útil dos edifícios, a partir de uma gestão racionalizada de custos, capaz de assegurar quer a manutenção quotidiana, quer as ações programadas de conservação.

3.3. Modelo de gestão

Tal como foi mencionado anteriormente, o êxito da implementação do Programa estava dependente da capacidade de gestão do PMEES em várias vertentes do processo, fundamentado em quatro dimensões: financiamento, projeto, obra e edifícios.

Desde logo, a *gestão do financiamento*, onde se tornou clara a necessidade de assegurar as fontes de investimento e recursos financeiros necessários. Dado que, em vários momentos, a condição financeira afetou negativamente a implementação de escolas em Portugal, os responsáveis políticos procuraram, neste processo, construir uma estratégia de gestão financeira que permitia assegurar a operacionalização do PMEES num curto espaço de tempo. Recorreu-se ao empréstimo bancário no Banco Central Europeu (BCE) e ainda a outras instituições de crédito, com base num plano que garante a capacidade da Parque Escolar em amortizar as dívidas contraídas, sob forma de rendas a suportar diretamente pelas escolas. Para além deste recurso, visando não comprometer o ritmo de implementação pretendido, estavam previstas outras duas fontes de financiamento: o *Programa Operacional de Valorização do Território* (POVT)[8], cuja verba seria atribuída a fundo perdido, e o montante disponível no orçamento de Estado com o *Programa de Investimentos e Despesas de Desenvolvimento da Administração Central* (PIDDAC).

Numa segunda instância, no que concerne à *gestão de projeto*, a Parque Escolar reconheceu os projetistas como parceiros, ao cultivar o acompanhamento das equipas de projeto a partir de um posicionamento de cumplicidade e comprometimento dentro de um processo participativo. Para além destes intervenientes, as direções e comunidades escolares demonstraram, similarmente, uma participação efetiva na construção de um programa funcional. Os diferentes documentos, e em particular os manuais técnicos, destinados a apoiar os projetistas no desenvolvimento das soluções, constituíram um investimento significativo do dono de obra na conformação de uma plataforma comum, investindo-se na caracterização dimensional e técnica dos espaços, em especial nas articulações espaciais. Naturalmente, dado o ritmo

[8] O Programa Operacional Valorização do Território (POVT) foi criado em 2007 no âmbito do QREN, com o objetivo de superar os défices de conetividade internacional e de mobilidade e acessibilidade nacionais, e consolidar as redes, as infraestruturas e os equipamentos relevantes para a competitividade, coesão e estruturação do território nacional (Resolução do Conselho de Ministros n.º 162/07 de 12 de outubro de 2007).

da operação, compreende-se a quase contemporaneidade da conceção, especialmente da revisão e evolução de algumas das suas determinações, em paralelo com o desenvolvimento dos projetos e sobretudo das obras. Por fim, a estratégia de englobamento dos vários materiais de comunicação do projeto à obra, e a expetativa de estandardizar os artigos e definir os seus preços de referência no contexto dos cadernos de encargos, elevou a plataforma ProNIC a um protagonismo decisivo, nem sempre com a eficácia desejada, uma vez que a capacidade de se aplicar no contexto desta operação exigiu um esforço significativo de todos os intervenientes envolvidos no processo.

No que diz respeito à *gestão de obra,* salienta-se a particularidade do faseamento construtivo, e da alteração repetida de toda a logística de estaleiro, como forma de assegurar a realização das obras sem comprometer a continuidade das atividades letivas, sendo este processo um exemplo de rigor no planeamento que decorre sobretudo da plataforma de diálogo e envolvimento no qual se sustenta.

Por fim, a *gestão de edifícios* levada a cabo pelo PMEES alicerça-se na clara consciência das consequências decorrentes dos processos de degradação que se acentuam, quer pelo efeito do tempo, quer pelos atos de vandalismo, ou mesmo por um menor respeito pelas condições materiais das escolas. O modelo é desenhado de forma a garantir a durabilidade e a sustentabilidade como forma de prolongar a vida útil do edifício permitindo paralelamente uma efetiva capacidade de adaptação do edifício às transformações decorrentes das estratégias educativas. Esta necessidade coloca os temas da flexibilidade e da adaptabilidade dos espaços a projetar como uma das questões de pertinência neste processo.

4. RESULTADOS

4.1. Similaridades

Identificado o comprometimento da arquitetura segundo os ideais de estandardização e normalização na história, compreende-se que o PMEES, por tratar o mesmo programa curricular a partir de preexistências, construiu um quadro comum coerente que reconhece um sentido de identidade global a esta operação, desde logo assegurada pela sua condição de gestão centralizada.

Os diversos momentos e documentos que operacionalizam o Programa são, analogamente, a expressão da necessidade de efetivar níveis de controlo que, na sua essência, se apresentam como potenciadores de homogeneidade nos resultados arquitetónicos a obter. Tal como foi visto no ponto *3.3 Modelo de Gestão*, a segmentação e regulamentação da operação, com recurso a manuais, plataformas e ferramentas, contribuem para a uniformização a nível construtivo.

Para além disso, estando assente num modelo concetual que visa a reorganização espaço-funcional das escolas, verifica-se um sentido de homogeneização na materialização de cada uma das soluções. Se, anteriormente, os exemplares de arquitetura mais dissonantes se afirmaram numa conjuntura de marginalidade relativamente aos resultados normalizados ou tipificados, com o programa da Parque Escolar incorpora-se decisivamente o valor identitário que a arquitetura assume, quer na reorganização espaço-funcional, quer na afirmação das imagens resultantes.

4.2. Singularidades

«... *recuperar o património é sempre transformá-lo, nunca deixá-lo como estava.*» (Guimarães, 2004)

Apesar da uniformização previamente abordada, este Programa distingue-se da história do edifício escolar por determinar igualmente um conjunto de vetores que atendem e valorizam a especificidade de cada escola, defendendo a expressão de individualidade materializada pelas soluções arquitetónicas que

protagonizam o processo de transformação dos edifícios preexistentes.

A presença de um programa coerente que, transversalmente, pretende ver aplicados em todas as intervenções, não descurou a afirmação da identidade arquitetónica de cada intervenção, defendendo-se um conceito inovador baseado no ideal de criação de um *tipo de escola*. A perspetiva que se pretendeu implementar, apesar de perseguir uma reorganização espaço-funcional assente naquela matriz comum, com a vontade de regrar a articulação e a hierarquia dos diferentes grupos funcionais caracterizadores do programa escolar, é sobretudo motivada pela integração positiva e determinada das especificidades de cada projeto educativo e do respetivo contexto, particularidades e características dos edifícios preexistentes, e ainda do desempenho que assumem na conformação urbana.

Outro fator relevante corresponde ao sentido identitário do edifício. Pela primeira vez na história da construção do edifício escolar público, é convocada uma diversidade significativa de autores arquitetos para liderarem a conceção dos projetos de reabilitação e a coordenação das equipas responsáveis pelas especialidades. Esses autores, não correspondendo aos casos de produção profusamente mediatizados, também não prescindem de se afirmarem através de uma imagem de marca autoral, sobreposta aos valores expressos por cada uma das tipologias dos edifícios preexistentes. Independentemente dos resultados específicos, torna-se claro que a autoria dos projetistas se afirma decisivamente neste processo por contraste com as estratégias mais recentes da arquitetura escolar em Portugal. O posicionamento de cada autor no que diz respeito às interações entre os sistemas de organização e hierarquização espacial, os sistemas construtivos e as imagens dos edifícios preexistentes, e aquelas que resultam das intervenções atuais, e em particular a possibilidade de se verificar a afirmação de uma *imagem de marca*, poderão igualmente constituir fatores a considerar na compreensão singular das soluções e globalmente nas consequências do programa, declarando um novo paradigma na arquitetura escolar contemporânea.

4.3. Escolas

No sentido de ilustrar alguns dos resultados paradigmáticos deste processo reabilitação e de gestão do património escolar, foram convocadas intervenções que assentam em modelos tipológicos diferenciados, apresentando-se os exemplos numa sequência temporal.

A intervenção na atual escola secundária Rodrigues de Freitas[9] (arq.º Manuel Fernandes de Sá) assume e respeita as características essenciais da estrutura compositiva e da imagem do liceu original, incidindo sobretudo numa realocação das funções com maior organização e propondo a criação de três novos volumes para o polivalente desportivo e para as instalações do Conservatório de Música e respetivo auditório. Neste contexto, aquelas peças são implantadas de forma independente da construção original – uma no interior do recinto, a enquadrar os campos desportivos exteriores, e as duas restantes, numa posição contígua à rua do Instituto de Cegos de São Manuel, por forma a responder à condição de utilização pública do auditório. É de salientar, igualmente, a autonomia e a contemporaneidade que a imagem das novas construções expressa (Figura 1).

[9] Liceu histórico D. Manuel II projetado pelo arq.º José Marques da Silva, inaugurado em 1933 (o primeiro projeto datado de 1918 decorre de um concurso público cuja solução viria a ser reformulada dando origem ao projeto de 1926 que corresponde à solução que viria a ser construída. A execução da obra desenvolveu-se entre 1927 e 1933).



Figura 1 – Escola secundária de Rodrigues de Freitas, auditório do Conservatório de Música e fachada traseira do antigo liceu. © André Santos

Na intervenção na escola secundária Alves Martins[10] (arq.º Cândido Chuva Gomes), perante o valor patrimonial do edifício original, as intervenções exteriores são minimais, não perturbando o conjunto e inserindo-se nos princípios gerais da composição, nomeadamente na aceitação da simetria. À semelhança do caso anterior, a imagem exterior foi mantida praticamente sem alterações, sendo que nos interiores, as novas exigências regulamentares impuseram a necessidade de estabelecer um diálogo entre os ambientes originais e a incorporação dos sistemas infraestruturais (Figura 2). Nestes dois casos, as qualidades estéticas, compositivas e construtivas das preexistências assumiram um decisivo protagonismo na forma como as opções de projeto foram sendo conduzidas até às soluções finais.



Figura 2 – Escola secundária Alves Martins, alçado principal, na definição da frente urbana, mantendo a imagem original. © Mariana Peneda

A intervenção na escola secundária António Sérgio[11] (arq.º Carlos Prata) incide num edifício composto essencialmente por três corpos destinados, originalmente, a distintas funções (aulas e serviços administrativos; oficinas; refeitório e ginásio), propondo uma interligação dos mesmos a partir de um volume novo que se insere na lógica compositiva inicial. No exterior, a escola mantém a essência da sua imagem, enquanto que os interiores são globalmente reformulados, quer na reorganização espaço-funcional, quer na renovação da imagem (Figura 3).

[10] Liceu resultante do *Programa de Construções, Ampliação e Melhoramentos de Edifícios Liceais* (conhecido por Plano de 38).

[11] Escola inaugurada em 1955 (*projeto-tipo* de 1950), ao abrigo do *Plano de Construção de Escolas Técnicas para o Ensino Industrial, Comercial e Agrícola* (1947).



Figura 3 – Escola secundária António Sérgio, fachada principal. © André Santos

Em consequência da implementação de uma estratégia pavilhonar, no contexto da intervenção na escola secundária Garcia de Orta[12] (arq.º Ricardo Bak Gordon), a condição pavilhonar foi mantida, inclusivamente a solução de percursos exteriores cobertos na interligação dos diferentes edifícios. A ação principal centrou-se na criação de uma zona de carácter social, para o qual concorrem as funções do refeitório, da loja do aluno, de uma praça coberta, da biblioteca e do auditório, na afirmação de um edifício assumidamente contrastante com as preexistências (Figura 4).



Figura 4 – Escola secundária Garcia de Orta, praça coberta. © André Santos

Finalmente, a intervenção na escola secundária de Castelo de Paiva (arq.º Nuno Sampaio), incidindo sobre uma preexistência da tipologia pavilhonar 3x3[13], persegue o ideal de aglutinação dos vários edifícios dispersos no lote escolar, tornando a escola atual um edifício único. Essa estratégia, complementada com a intenção de reconduzir a sua imagem global num todo coerente, reafirma a condição de unificação diluindo a inteligibilidade da dispersão dos diferentes volumes. Nesse sentido, a imagem resultante assume o desígnio de declarar a escola como um todo e, sobretudo, como uma obra integralmente nova. No entanto, uma análise cuidada da composição planimétrica permite compreender o respeito e a integridade daqueles corpos, agora articulados num único organismo (Figura 5).

[12] Liceu construído em 1968-69, segundo o *4.º Projeto Normalizado* (1966), da autoria do arq.º Augusto Brandão.

[13] Escola edificada ao abrigo do *Programa Especial de Execução de Escolas Preparatórias e* Secundárias (1980), segundo o qual foram construídas 218 escolas desta tipologia.



Figura 5 – Escola secundária de Castelo de Paiva, cuja intervenção aglutina os edifícios pavilhonares preexistentes, articulando-os com a construção nova, na definição de um edifício único, com uma imagem global coerente. © Pedro Soares

5. CONCLUSÕES

«*Todos os indivíduos têm o direito a uma instituição de ensino de qualidade, um espaço físico que suporte múltiplos e diversos programas e pedagogias de ensino e aprendizagem, incluindo as atuais tecnologias; que demonstre o desempenho e o funcionamento ideal e rentável do edifício ao longo do tempo; que respeite e que esteja em harmonia com o meio ambiente; e que incentive à participação social, proporcionando um ambiente saudável, confortável, seguro, protegido e estimulante para os seus utilizadores*.»[14]

A implementação de um sistema de gestão do património escolar desenvolvida pela Parque Escolar, constituiu o primeiro momento da história dos edifícios escolares nacionais, na qual foi aplicada uma estratégia concertada e sistémica, capaz de planear e concretizar uma intervenção em larga escala e perspetivada num período temporal significativo. São de salientar três aspetos singulares desta estratégia.

Em primeiro lugar, a valorização das escolas preexistentes, elevando-as no seu estatuto de edifício público e ampliando o impacto do legado e valor patrimonial. Esta circunstância demonstra a viabilidade em atender às construções originais na consideração da sua capacidade para serem renovadas, atualizadas ou modernizadas, independentemente de serem ou não mantidas as suas funções originais.

Em segundo lugar, aquela estratégia convoca a sensibilidade social e incorpora uma dimensão pedagógica na consciencialização pública da oportunidade em reabilitar não apenas os edifícios públicos de valor patrimonial reconhecido, mas antes, estendendo esse ideal à maioria dos artefactos arquitetónicos.

Finalmente, importa reforçar a singularidade e a inovação da conceção de um modelo de intervenção e de gestão do património edificado que, ainda que centralizado numa única entidade, atende às particularidades e especificidades de cada caso, ampara as características e disponibilidades das preexistências, incorpora as necessidades de cada comunidade, favorecendo e contribuindo a construção de soluções singulares. Afirma-se, deste modo, como um modelo sustentável de gestão do património construído, reconhecido pela sua inovação «... reflete ou excede as melhores práticas internacionais ...» (Blyth, Almeida, Forrester *et al.*, 2009), reiterando e reforçando seu o carácter exemplar.

[14] Organization for Economic Co-operation and Development – "Evaluating quality in educational facilities".

REFERÊNCIAS

BLYTH, Alastair; ALMEIDA, Rodolfo; FORRESTER, David *et al*., 2009 – **OECD/CELE review of the secondary school modernisation programme in Portugal**. OECD Publishing. CELE Exchange 12-2009.

CORVACHO, Helena; SOUSA, Hipólito; COSTA, J. Moreira *et al*., 2002 – **O projecto CIC-NET: rede de cooperação estratégica entre empresas do processo de construção**. Engenharia Civil. Guimarães: Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil. n.º 13. (p. 19-34). ISSN: 0873-1152.

DECRETO-LEI n.º 28604/38 – Aprova o **programa de novas construções, ampliações e melhoramentos de edifícios liceais**. Diário do Govêrno n.º 91/1938, Série I de 1938-04-21.

DECRETO-LEI n.º 41/07 – **Cria a Parque Escolar, E.P.E. e aprova os respectivos estatutos.** Diário da República n.º 37/2007, Série I de 2007-02-21.

GUIMARÃES, Carlos, 2004 – **Arquitectura e museus em Portugal. Entre reinterpretação e obra nova**. Porto: FAUP publicações. ISBN: 972-9483-65-5.

JORNAL O SÉCULO, 1990 – **Programa de concurso para apresentação de projectos de edifícios destinados a escolas de instrução primária**. *In* BEJA, Filomena; SERRA, Júlia; MACHÁS, Estella; *et al. – Edifícios para o ensino infantil e primário, até 1941.* Lisboa: Ministério da Educação. Coleção Muitos Anos de Escolas; vol. 1.

LADIANA, Daniela, 2011 – **O projeto do existente**. *In* AFONSO, Rui Bráz; LADIANA, Daniela (org.) – *O espaço da escola*. *Conceitos, métodos e instrumentos para projecto e gestão do património escolar*. Itália, Florença: Alinea Editrice. ISBN: 978-88-6055-666-0.

MARTINS, Guilherme d'Oliveira, 1998 – **Nota de abertura**. *In Ministério da Educação - Programa de Preservação e Salvaguarda Património Escolar Português*. Lisboa: Ministério da Educação, Secretaria de Estado da Administração Educativa. ISBN: 972-729-033-7.

NUNES, João Sintra, 2011 – **Sem título**. *In* HEITOR, Teresa (coord.) – *Parque escolar 2007-2011. Intervenção em 106 escolas*. Lisboa: Parque Escolar E.P.E., Direcção-Geral de Projeto – Área de Edificações. ISBN: 978-989-96106-6-8.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – **Evaluating quality in educational facilities**. OECD.

TAYLOR, Anne, 2009 – **Linking architecture and education. Sustainable design of learning environments.** Albuquerque: University of New Mexico Press. ISBN: 978-0-8263-3407-7.

THERMAL RETROFIT OF HISTORIC MASSIVE WALLS IN TEMPERATE CLIMATES: RISKS AND OPPORTUNITIES

REABILITAÇÃO TÉRMICA DAS PAREDES PESADAS DE EDIFICIOS ANTIGOS EM CLIMAS TEMPERADOS: RISCOS E OPORTUNIDADES





Magda Posani [(1)], Maria Do Rosario Veiga [(2)], Vasco Peixoto de Freitas [(3)]

(1) LNEC, Portugal, mposani@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt
(3) CONSTRUCT (LFC) – Faculty of Engineering of the University of Porto, Portugal, vpfreita@fe.up.pt

ABSTRAT

Our Historic heritage represents a not renewable nor replaceable resource that we have the duty to preserve and deliver to future generations. It is therefore fundamental to keep it in use and to carefully analyze the possible risks involved in retrofitting interventions. When a thermal retrofit is considered, many factors should be accounted for and balanced against one another. On one hand, this retrofit strategy may improve indoor comfort while lowering operational costs and energy consumptions. On the other, it is necessary to guarantee that it safeguards the original, unique character of the construction and the compatibility with historic materials.

This work considers 3 historic buildings located in temperate climates. Information obtained via inspection, documental research and indoor environmental monitoring is used for modelling the hygrothermal behaviour of the massive walls of these three constructions, by means of advanced hygrothermal simulation tools. The possible impact of adopting thermal plasters on these walls is then evaluated with further simulations. This study is developed through the use of WUFI Pro, a software that combines mono-dimensional heat and moisture transport calculations for building components cross-section under real climate conditions. The results show that the adoption of insulation plaster doesn't determine relevant hygrothermal risks for the walls and that even a small layer of insulation can lead to transmittance reductions above 20%, thus relevant ones. The outcomes of this work are subject to several limitations and they will be further discussed in future analyses.

Keywords: Insulation Plaster / Risks / Thermal Retrofit / Massive Walls / Historic Buildings

1. INTRODUCTION

In the field of historic heritage reuse and conservation, increasing attention has been paid to the improvement of energy performance and indoor thermal comfort of existing constructions in the last decades (Martínez-Molina et al. 2016). Such enhancements can be obtained, among all the possible options, through the adoption of thermal insulation at the indoor side of the wall (Posani, Veiga, and Freitas 2018). For this type of intervention, insulating plasters can be considered as a suitable solution because of their flexibility in presence of unevenness of the wall and their ability of gap-filling that provides continuous contact between the insulation layer and the substrate (Guizzardi *et al.* 2015). Thus, this work considers the adoption of an insulation plaster, at the indoor-facing side of massive walls, for 3 case studies which are historic buildings located in temperate climates and conditioned with heating and cooling systems. Information obtained via inspection, documental research and indoor environmental monitoring is used for modelling the hygrothermal behaviour of these massive walls by means of advanced hygrothermal simulation tools. The possible impact of adopting a thermal plaster on these walls is then evaluated with further simulations.

2. METHODOLOGY

This paper considers three case studies. Those are three historic buildings located in the cities of Lisbon, Porto and Bologna. The first two are in Portugal, the last one is in Italy and they are all characterized by massive walls and an outdoor temperate climate. For each case study, the walls are first considered with a simple gypsum plaster applied at their indoor facing side and, then, they are analyzed while having the insulation plaster applied at the interior side of the walls. The goal is to compare the pros and cons of performing a simple re-plastering *vs* the effects of choosing an insulating plaster.

The questions addressed are:

- Is the thermal plaster introducing relevant hygrothermal risks?
- Is a thin layer of insulating plaster effective for reducing the heat losses of a massive historic wall?
- Is the negative effect of insulation (during summer) relevant compared to the benefits obtained in winter?
- What thickness of insulating plaster might be suitable for this type of solution?

This analysis is performed using WUFI Pro 5 (Fraunhofer Institute for Building Physics IBP, 2013), a software that combines mono-dimensional heat and moisture transport calculations for building components cross-section under real climate conditions, considering the action of wind-driven rain and solar radiation, among other parameters. WUFI Pro accounts for the presence of porous, hygroscopic, capillary active media, which are the types generally found in traditional and historic constructions.

The three buildings considered are the Coruchéus Library in Lisbon, the Municipal Library of Porto and San Giorgio in Poggiale Library in Bologna. According to the documental research, technical drawings obtained from previous interventions and in situ inspection, the actual configuration of the massive walls are reconstructed as 70 cm thick limestone wall with external cement-lime render for Lisbon, 90 cm thick granite wall rendered with a lime mortar for Porto, 60 cm thick solid brick wall with a lime render for Bologna. The materials adopted for the simulations are selected from WUFI Pro database. For each wall, the analysis of the hygrothermal risks is performed by accounting the following orientations: a North-East oriented wall for Porto, West-oriented for Lisbon and East-facing for Bologna. The impact of insulation on thermal behaviour of walls in summer, instead, is studied by accounting a south-facing orientation for all walls.

The plaster chosen for the thermal retrofit contains perlite, that provides the material with insulating

characteristics. This plaster has indeed a very low thermal conductivity, i.e. $\lambda_{dry,10°C}$ = 0.030W/(mK) according to WUFI Pro database. This material can be ranked as a high vapour permeable insulation (μ = 6.2) with a moderately low capillary water absorption (A_w = 0.316 kg/($m^2s^{0.5}$)), according to the classification proposed by Posani, Veiga, and de Freitas (2019) for insulations adopted in historic envelopes. Further information on the hygrothermal characteristics of the material is provided in ANNEX1.

2.1. Boundary climatic conditions

First, the boundary conditions of the problem, i.e. the indoor and outdoor climate, are defined for a period of one year. Then, it is assumed that such conditions recur every year unchanged. Thus, the boundary conditions are not influenced by the behaviour of the wall, but they are given as an input. The initial conditions of the wall assembly, in terms of temperature and moisture content, are also defined by the user as an input. Because of the repetition of the same yearly boundary conditions, after a certain period of time the simulations reach a steady annual performance cycle, meaning that all physical conditions (*e.g*. water content and temperature) of the wall cross-section start having values that recur unchanged every year. When this condition is reached, the simulation results do not depend on the initial conditions anymore but only on the boundary conditions (Ruisinger 2004). For this reason, all simulations are run for a 20-year period of time. Concerning indoor climate, air Temperature and Relative Humidity were measured from December 2018 to December 2019 to provide 1 year of measured data. The instruments used for the measurements and data logging are HOBO UX100-003 and HOBO U12-013, which have respectively an accuracy of ±0.21 ºC and ±0.35 °C for temperature (between 0 ° and 50 °C). Regarding relative humidity, the first sensor has an accuracy of ±3.5% (from 25% to 85% RH) while the second has ±2.5% (from 10% to 90% RH). Outdoor climate is considered by adopting the Test Reference Year (TRY) provided by the software Meteonorm (Meteotest,2010) for each of the three cities where the walls are located. The characteristics adopted for the simulated scenarios are summarized in Table 1.

Table 1 – Characteristics adopted for the simulations

External layer	Wall	Indoor climate	Outdoor climate	Internal layer
cement-lime render-3 cm (μ = 25, λ=1.2 W/mK)	Limestone-70 cm (μ = 36, λ=3.0 W/mK)	Coruchéus Library in Lisbon	Lisbon (TRY)	- 3 cm GP - 2 cm TP + 1.5 cm GP - 3 cm TP + 1.5 cm GP - 4 cm TP + 1.5 cm GP - 5 cm TP + 1.5 cm GP GP: Gypsum plaster (μ=15, $\lambda_{dry,10°C}$= 0.6W/mK) TP: Thermal Plaster (μ=6, $\lambda_{dry,10°C}$= 0.03W/mK)
lime render-3 cm (μ = 15, λ=0.7 W/mK)	Granite-90 cm (μ = 54, λ=1.7 W/mK)	Municipal Library of Porto	Porto (TRY)	
lime render-3 cm (μ = 15, λ=0.7 W/mK)	Solid Brick-60 cm (μ = 15, λ=0.6 W/mK)	San Giorgio in Poggiale Library in Bologna	Bologna (TRY)	

2.2. Hygrothermal risks

The hygrothermal risks analyzed are the liquid penetration depth, superficial and interstitial condensation, plus the changes of temperature and relative humidity at the inside surface of the wall are discussed. The main reference adopted for this analysis is a study conducted by Ruisinger (2004) for the insulation of the Rijks museum of Amsterdam.

2.2.1. Liquid water penetration depth

Adding increasing thicknesses of insulation plaster leads to an increase of vapour resistance of the assembly, thus reducing the drying through the indoor facing surface. The drying capacity of the wall is also reduced at the outdoor facing side of the insulated wall, during the heating season, because of the lower temperature of the

wall itself. For these reasons, an increase in the relative humidity and water content inside the wall can be expected. Profiles of relative humidity give good indications about what is happening inside the component in terms of wetting and drying cycles and, in particular, for most porous building materials it is considered that a noticeable presence of liquid water can be found above 95% relative humidity while, under this value, materials may be considered dry. The last year of simulations is analyzed and one profile representing a moment (a specific hour of the year) that maximizes the depth of penetration of high relative humidity (selected as >90%) is chosen, for each wall, to discuss the problem. The threshold value considered as an indicator of liquid water is 95% relative humidity, when this value is not found to reach a relevant penetration depth, 90% is considered. The presence of liquid water in construction can happen, especially near the outdoor facing surface after episodes of rain. It is important to evaluate the maximum depth of penetration of liquid water as, if it gets close to the interior surface of the wall, it can lead to have water flowing through gaps and joints, which may result in condensation, stains and mould growth at the inner surface of the wall (Ruisinger, 2004).

2.2.2. Condensation at critical interface

When adopting internal insulation, condensation might happen at the cold side of it, during the heating season (Grunewald, Ruisinger, and Häupl 2006). At this critical interface, the behaviour of relative humidity can be investigated to evaluate the presence of condensate, i.e. liquid water that becomes noticeable above 95% relative humidity.

2.2.3. Indoor facing surface: condensation and mould growth

Profiles of temperature and relative humidity at the indoor facing side of the walls give the opportunity to evaluate the risk of condensation and mould growth (Grunewald, Ruisinger, and Häupl 2006). In both cases, a lower relative humidity and a higher superficial temperature lead to smaller hazards. As a general rule of thumb, when relative humidity at the surface goes above 80% there is risk of mould growth, and it can increase or decrease depending on the number of exposure days and the surface temperature (Havinga and Schellen 2018).

2.3. Improvement of thermal behaviour

The introduction of insulation in walls is a widely adopted strategy to reduce energy consumption in buildings. This approach is based on reducing heating demands in winter by decreasing heat losses from the indoor warm climate to the outdoor cold one. Nonetheless, in temperate climates it appears important to enlarge the energy saving discussion by considering also the summer scenario.

First, the U-value of each configuration is considered in order to have a first indication of the possible benefits obtainable in winter. The U-value, or thermal transmittance, of a building component defines its ability to transmit heat under steady-state conditions: it indeed quantifies the heat that passes through one square meter of the wall when 1°C difference is applied at the boundary layers of air (Hegger *et al*. 2013). Thus, the lower the U-value the larger reduction of heat losses is theoretically achieved. For most building materials, transmittance grows when relative humidity increases, therefore two U values are calculated, one refers to dry conditions and the other accounts for a relative humidity of 80%.

On one hand, the U-value is very commonly referred to when analysing the reduction of heat losses through building components, on the other, it is more suitable to discuss light-weight elements than massive components. For those, the effect of thermal inertia can get very significant and it must be considered to have a perception of the behaviour of walls under real climatic conditions, which are far from steady state ones. For this reason and for the sake of accounting for both winter and summer scenarios, the dynamic behaviour of walls is also analysed: two cold months (January and February) and two hot months (June and July) are considered and heat transport through the walls is discussed. The performed calculations account for the behaviour of walls

facing south direction, to consider the worst-case scenario for the negative effect of insulation in summer. In the hot season indeed, the presence of insulation reduces the heat transfer towards the interior during the daytime, but it also decreases the cooling down that happens during cool summer nights and it lowers the benefits given by the high thermal inertia of massive walls. The negative reduction of natural cooling may be more relevant than the decrease of heat transfer during warm daytime when massive construction and temperate climates are accounted.

3. RESULTS

3.1. Indoor and outdoor climate

The data obtained for the indoor temperature and relative humidity are shown in Figure 1.

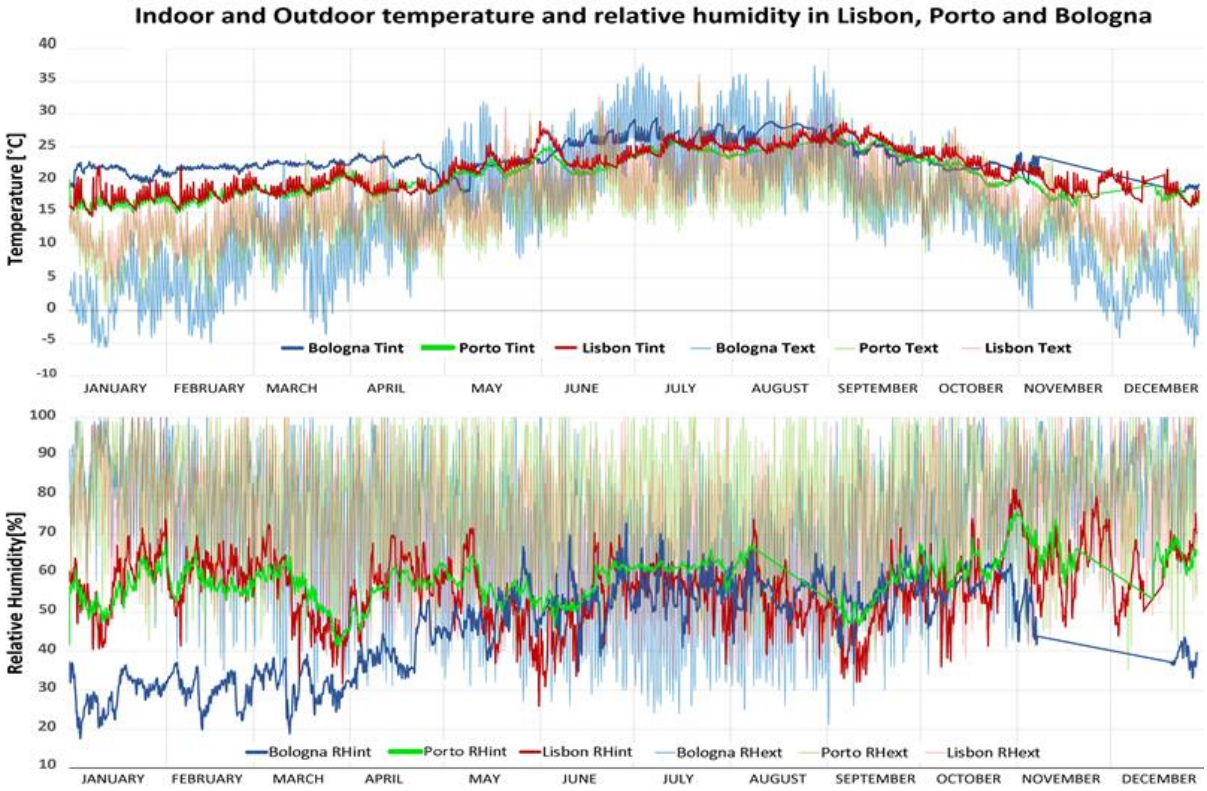


Figure 1 – Temperature and relative humidity of indoor and outdoor air for the 3 case studies

When data are missing, linear interpolation is adopted from the last available measurement before the gap to the first one after (a period in December for Lisbon, between July and August as well as in November-December for Porto and between November and December for Bologna case study). The presence of these linear parts is observable in the graphics. In the same picture the data obtained for outdoor air temperature and relative humidity, from the test reference year, is displayed. The Italian case study is conditioned with intermittent cooling during summer (only on opening days, during daytime) whereas during most winter it has continuous heating, all day long. In the Portuguese cases, the use of building services is intermittent for both heating and cooling. It is indeed noticeable the building located in Bologna has a smaller day-night variation of indoor temperature than the Portuguese case studies. The indoor temperature in the first building is also kept higher than in the other ones, ranging between 20-24 °C for most wintertime, which is likely to be the reason why its relative humidity is very low (under 50% during all the heating season). Concerning the outdoor climate, Figure 1 shows that outdoor temperatures in Lisbon and Porto are tendentially higher than the ones in Bologna during winter and colder in summer.

3.2. Hygrothermal risks

3.2.1. Liquid water penetration depth

The profiles of relative humidity chosen to discuss the depth of penetration of liquid water are shown in Figure 2.

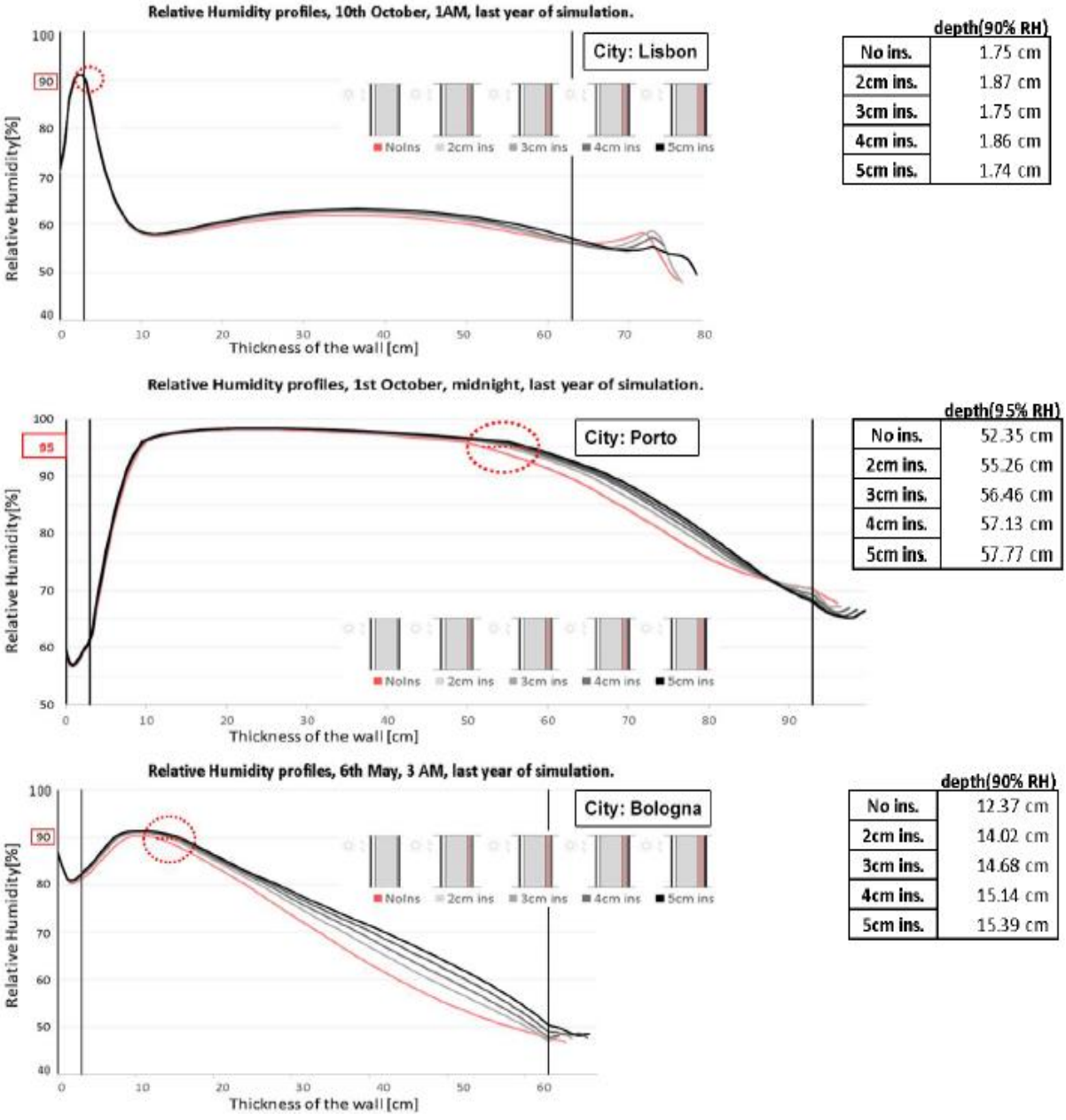


Figure 2 – Profiles of relative humidity showing penetration depth in Lisbon, Porto and Bologna walls

It is possible to notice that in Lisbon and Bologna 95% relative humidity is not reached, in contrast to the case of Porto. In Lisbon, 90% relative humidity is reached almost at the same depth for all configurations whereas the depth of penetration increases of about 5.5 cm in Porto and 3.0 cm in Bologna, considering 95% and 90% threshold values, respectively. In all cases, the area of high relative humidity stays far from the indoor facing surface of the wall.

3.2.2. Condensation at critical interface

The courses of relative humidity at the critical interface are shown in Figure 3.

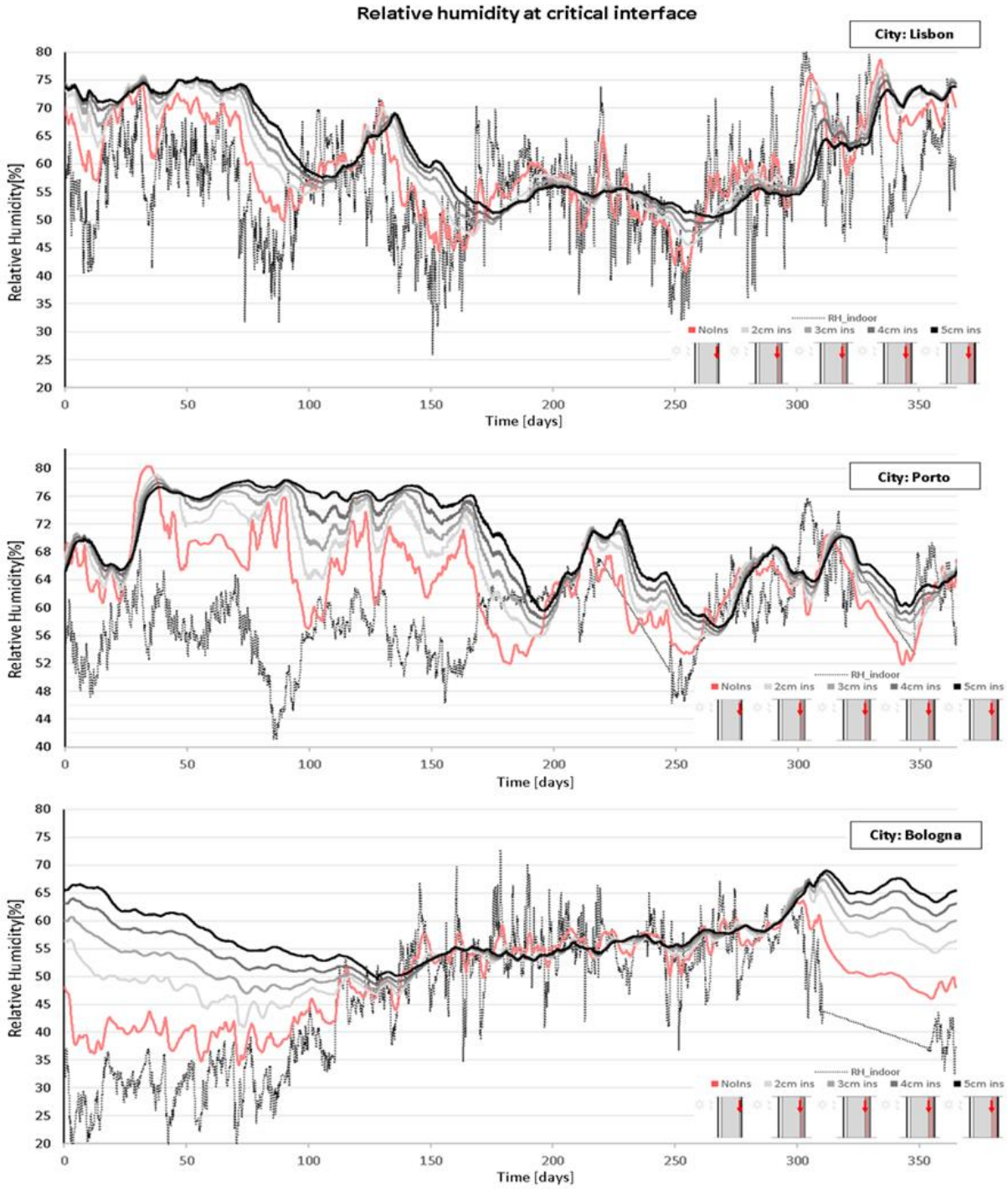


Figure 3 – Courses of relative humidity at critical interface for each wall retrofitted configuration

In all cases, the level of humidity remains lower than 85%, thus far from the critical value of 95%. During winter months (December, January and February) the tendency that is readable, especially in Bologna case study, is that the thicker the insulation the higher the relative humidity at the critical interface. The average increase of relative humidity, during winter months, due to the added insulation, is between 3.6%-4.8% for Lisbon, 1.9%-3.1% for Porto and 9.3%-20.7% for Bologna.

3.2.3. Indoor facing surface: condensation and mould growth

The courses of temperature and relative humidity at the indoor facing side of the wall are shown in Figure 4, 5 and 6 for the case studies of Lisbon, Porto and Bologna, respectively.

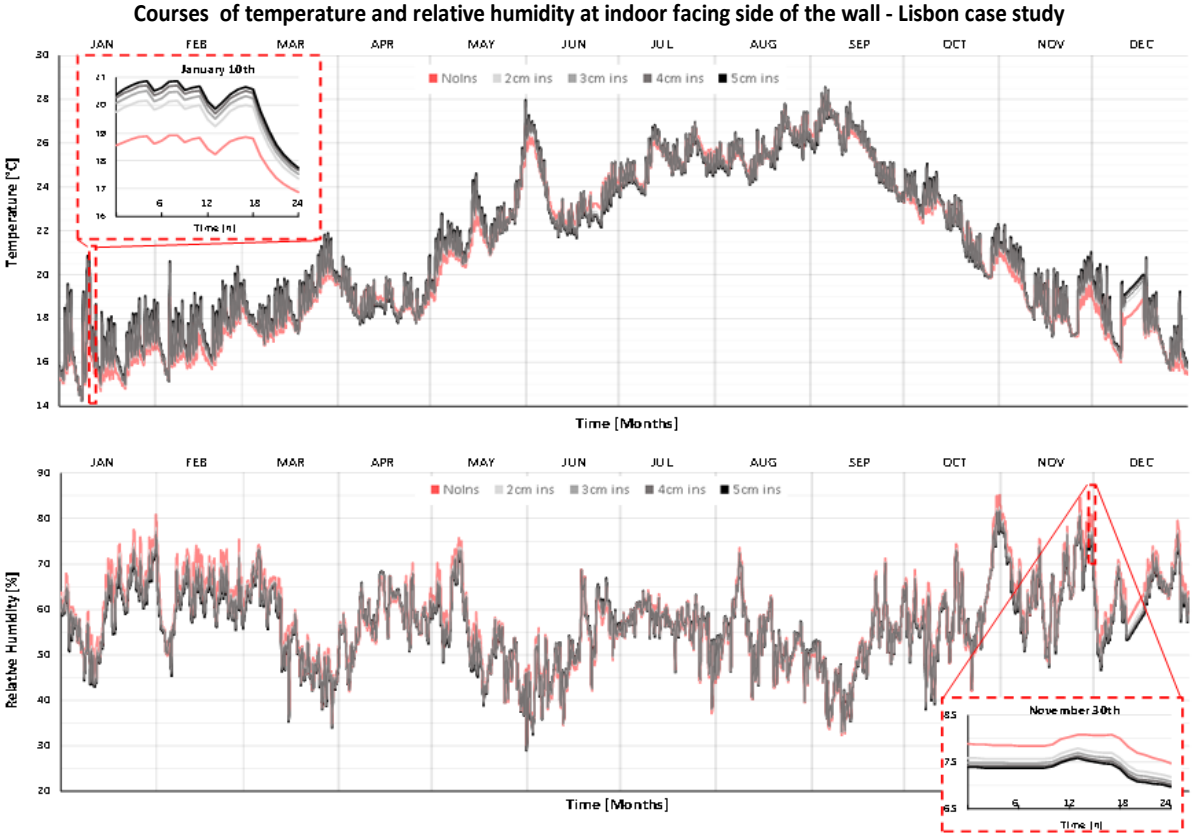


Figure 4 – Courses of T, RH at the indoor facing surface of the wall, wall in Lisbon

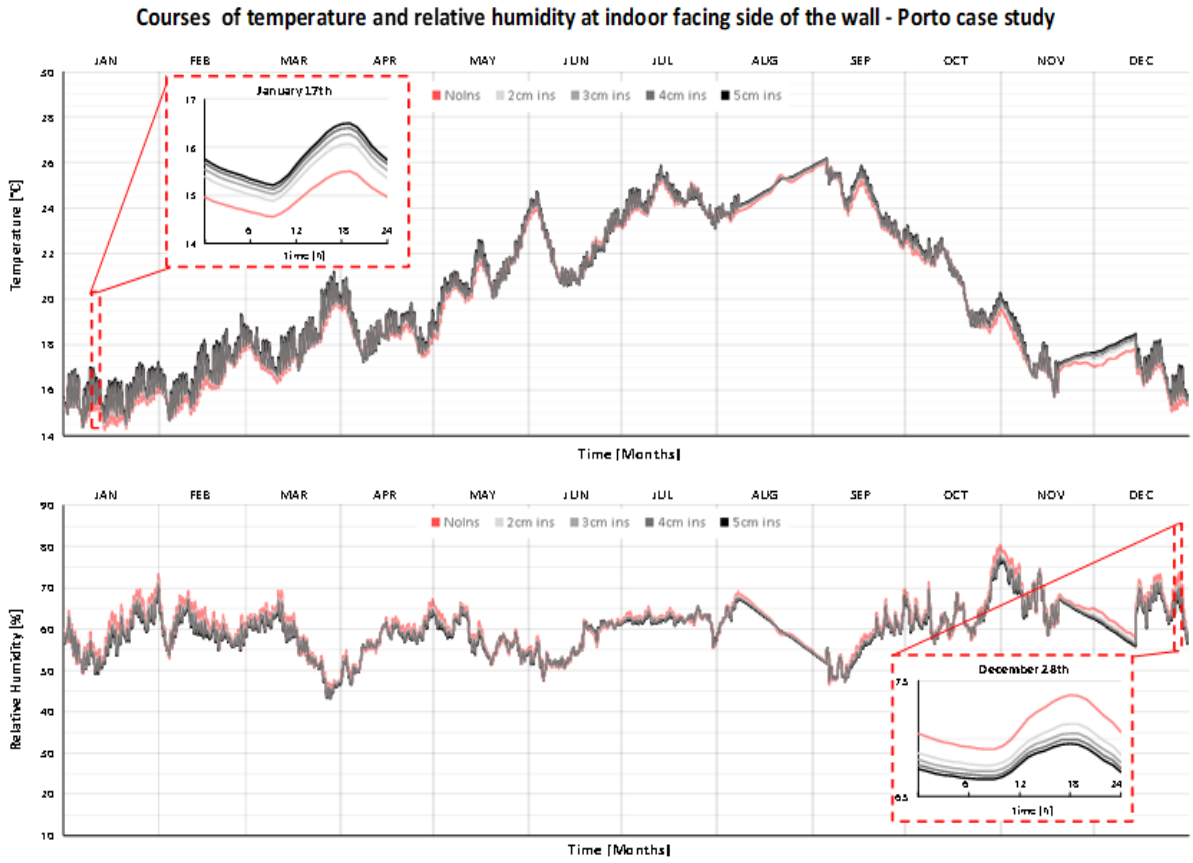


Figure 5 – Courses of T, RH at the indoor facing surface of the wall, wall in Porto

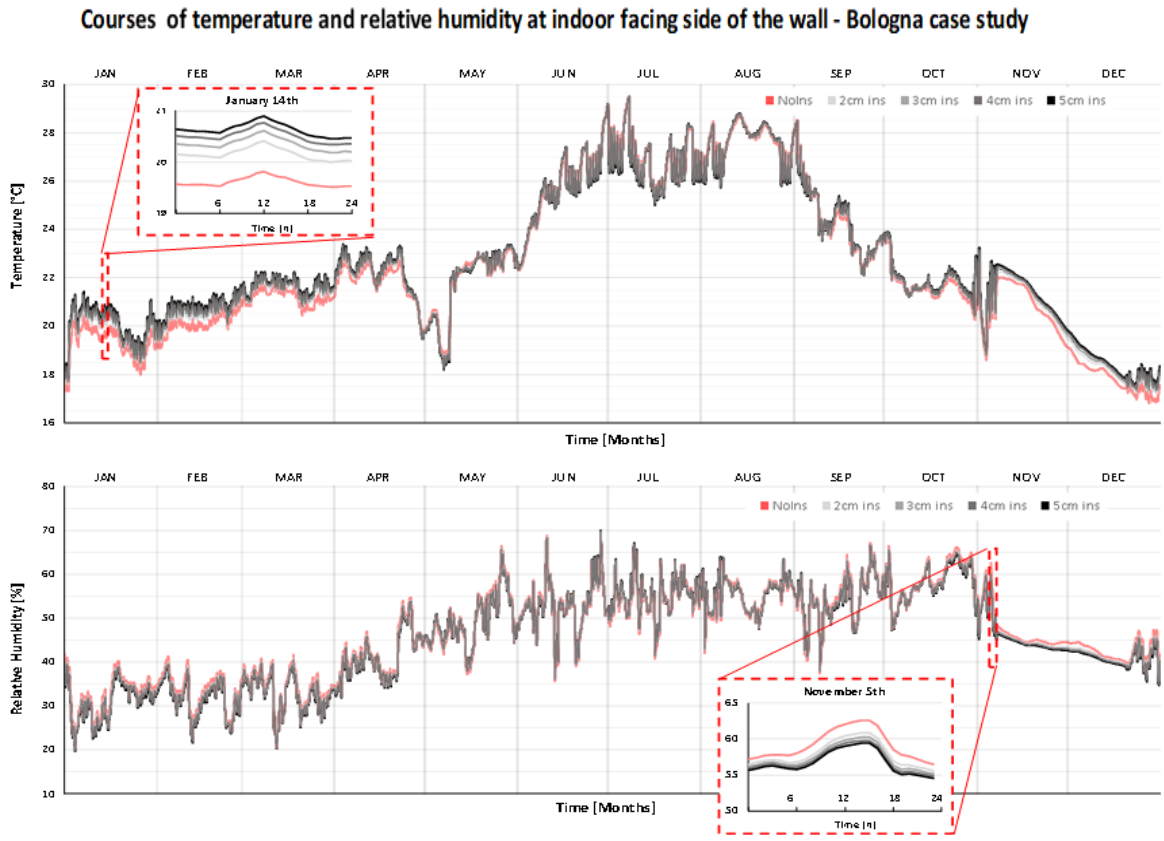


Figure 6 – Courses of T,RH at the indoor facing surface of the wall, wall in Bologna

The results obtained for the simply rendered scenario are displayed in light red while the insulated ones are represented with colours ranging from grey to black according to the increased thickness of the insulation layer.

The maximum increase registered for the yearly mean temperature of walls surface is around 0.3 °C for all case studies and it is determined by the configuration with the thickest insulation layer.

The highest reduction of yearly mean relative humidity corresponds to the same configuration and it is about 1% for Lisbon and Porto case studies while it is of 0.6% for the one in Bologna. Considering the hourly behaviour of the walls instead, the maximum increase of superficial temperature and the highest decrease of relative humidity are both registered for Lisbon case study and they correspond to 2.0 °C, on January 10th, and 6.6%, on November 30th. For Porto and Bologna, the improvement is smaller: around 1 °C for both, respectively on days January 17th and 14th, and around 4% and 3% for relative humidity, on December 28th and November 5th. The results obtained for simply plastered walls in Porto and Lisbon show that the relative humidity at the indoor facing surface goes above 80% in some periods. In Porto, the insulated scenarios have a superficial relative humidity that always stays under this value whereas for Lisbon such scenarios help to reduce the time of exposure to this condition of high humidity.

3.3. Improvement of thermal behaviour

The transmittance of retrofitted walls, in steady-state conditions, is shown in Figure 7 for all case studies, accounting for both dry and 80%RH conditions in the assembly. The introduction of insulation plaster leads to have walls with a transmittance that is reduced to be around the 40-80% of the one of simply plastered walls, in both dry and 80% relative humidity conditions. In all cases, the thicker the insulation layer, the smaller the benefit of adding more insulation gets: from no insulation to 2 cm, the decrease of U-value is around 22-32%, from 2 cm to 3 cm of insulation the U-value decreases of about 8-12 %, from 3 cm to 4 cm the reduction is around 6-8% and from 4 cm to 5 cm the transmittance declines of 5-6%.

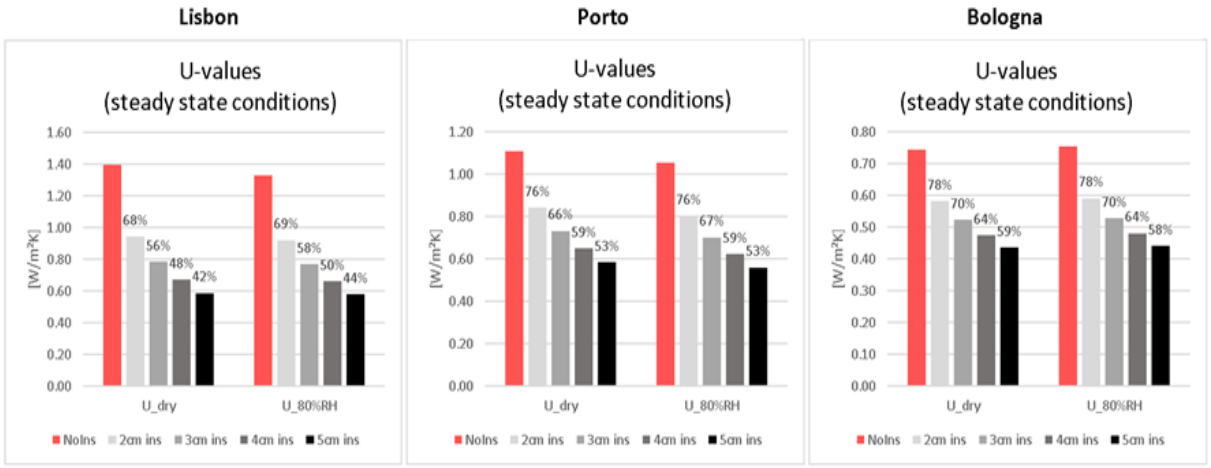


Figure 7 – Reduction of walls transmittance for retrofitted scenarios at dry and 80%RH conditions

Figure 8 displays the comparison between the reduction of heat losses obtained in winter (January and February are the months considered) and the increase of heat gains in summer (June and July are the months considered), for south-facing walls, in dynamic conditions.

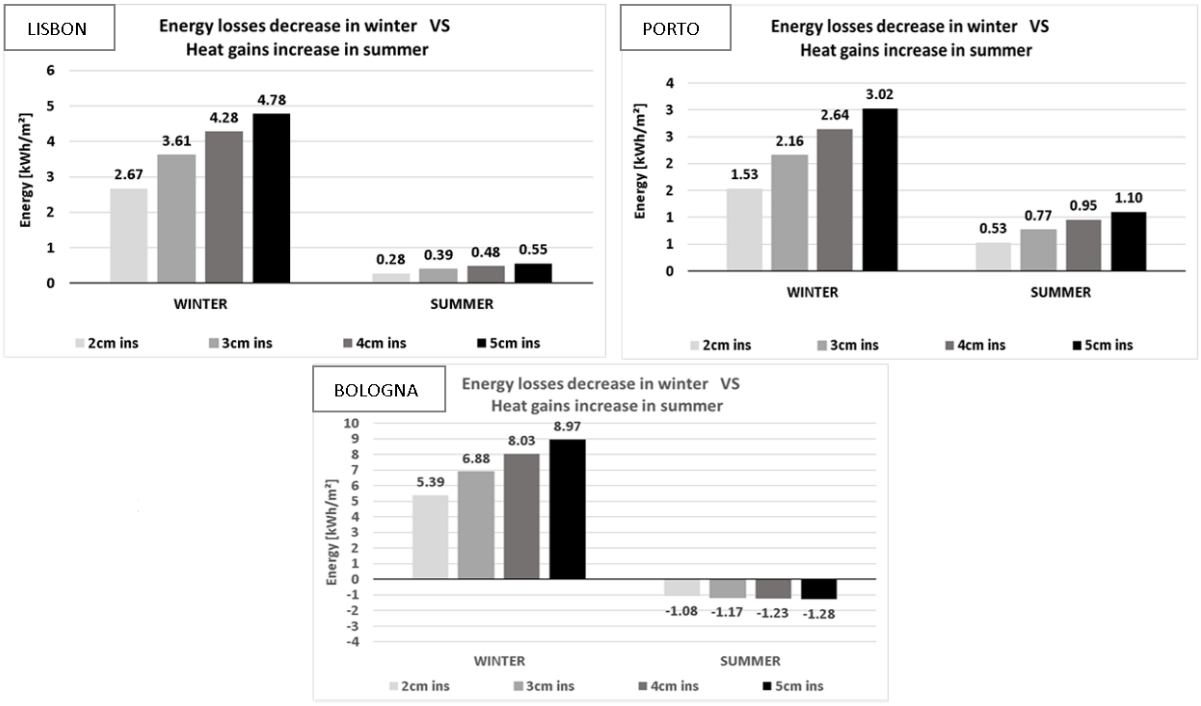


Figure 8 – Reduction of heat losses in winter and increase of heat gains in summer, dynamic simulations

For all case studies, the increase of insulation reduces the heat losses in winter, as predictable. In summer instead, higher insulation determines higher heat gains for the walls located in Porto and Lisbon. Nonetheless, the positive effect detected during the heating season is consistently higher than the negative effect that occurs in summer, for both case studies. For Bologna wall, the effect of the insulation is positive also during the warm season: the thicker the insulation the more reduced the summer heat gains are.

4. DISCUSSION

The chosen insulating plaster has a high vapour permeability and a moderately low water conductivity and it is finished with a gypsum plaster. This type of insulation solution appears not to lead to relevant hygrothermal risks

for the walls of the three analyzed case studies: historic buildings located in temperate climates and provided with heating systems. First of all, the increase of penetration depth of liquid water is moderate and, in all cases, it stays far from the indoor-facing surface, thus not creating stains and condensate. The increase of RH at critical interface is not relevant, except for Bologna, where it experiences a winter average increase of 20.7%, for the most insulated scenario. This case study is more affected by humidity increases because it has slimmer walls and colder outdoor conditions than the other two case studies. Anyway, all cases are far from experiencing liquid water accumulation as relative humidity reaches a maximum of about 80%, thus far from 95%. Those results are strongly related to the specific indoor environmental conditions analyzed. If a different use of heating, reduced or absent, was considered for these buildings, a higher RH at the critical surface would have been found, and condensation risks would have been potentially detected.

The benefits given at the indoor-facing surface level, via increasing its temperature and decreasing its relative humidity, appear suitable for reducing the mould growth risks. Nonetheless, those benefits are quite small: considering the average yearly values, the maximum increase in temperature is 0.3 °C and the reduction of relative humidity reaches values of 1%-0.6%. However, the effect on comfort is more significative, especially for Lisbon case study where the increase in peak winter temperatures and decrease on peak relative humidity achieve respectively 2.0 °C and 6.6% RH. As long as the impact on energy and thermal behaviour of walls is considered, the decrease of U-value is noticeable even applying just 2 cm of insulating plaster. As the benefits of adding more insulation decrease with higher thickness of plasters, it is found that 2 and 3 cm appear as convenient choices. Comparing thermal pros and cons of the retrofitting: when a south wall is considered, *i.e.* the one experiencing the highest heat gains in summer and thus the highest negative effect of insulation, it is found that winter benefits are noticeably higher than summer disadvantages. This outcome is probably related to the fact that outdoor summer temperature is higher in Bologna than in the other two cities considered, thus the insulation may be giving a reduction of heat entering the indoor environment during daytime that is more relevant than the negative reduction of natural cooling that it determines.

5. CONCLUSIONS

The conclusions address the questions presented at the beginning of the paper:

- Is the thermal plaster introducing relevant hygrothermal risks? No. The chosen plaster may increase the relative humidity at the critical surface, i.e. behind the insulation, but it does not appear to be relevant for the analyzed, heated buildings. The penetration depth of liquid water is increased as well but it stays far from the interior surface of walls, thus not increasing condensation risk. The temperature rise in indoor facing surfaces and their decrease in relative humidity is little but not negligible and it helps to avoid mould growth.
- Is a thin layer of insulating plaster effective for reducing the heat losses of a massive historic wall? Is the negative effect of insulation (during summer) relevant compared to the benefits obtained in winter? The reduction of walls U-value is relevant even with a thin layer of insulation like the 2 cm one, which leads to reductions of 20%-30%. Accounting for the dynamic behaviour of walls, it is observed that the increase of summer heat gains (negative effect of insulation) appears much less relevant than the reduction of heat losses in winter (positive effect of insulation). Thus, the adoption of insulation appears effective.
- What thickness of plaster might be suitable for this type of solution? Good results are achievable with 2 cm of plaster and a very good solution is 3 cm. Increased thicknesses of insulations give further benefits, but they do not appear highly effective.

6. LIMITATIONS

This study accounts for the plane behaviour of perfect walls and it does not refer to room corners, cracks in walls, window recesses, and other thermal bridges areas where the temperature can get very low during the cold season. One-dimensional simulations account for the indoor climate as a fixed boundary dynamic condition. Therefore, the conclusions drawn for the heat losses reduction do not account for the changes in the energy spent by HVAC systems to keep the indoor climate as it is, nor they account for the indoor climate changes introduced during free fluctuations periods. Further 3d simulation models will be developed, in future work, to provide such information. The simulations presented account for a commercial thermal mortar whose hygrothermal characteristics were provided by WUFI Pro database. The outcomes of this study will be compared with future analyses that will account for insulating plasters whose hygrothermal characteristics will be defined by the authors via laboratory testing. The lack of hygrothermal risks detected is likely to be strongly related to the specific indoor climates considered in the study, i.e. conditioned with heating during winter. The influence of different indoor conditions on moisture-related risks in retrofitted walls will be under focus in future development of the study.

REFERENCES

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR BUILDING PHYSICS IBP, 2013 – **WUFI, product overview**. Accessed March 29, 2018. https://wufi.de/en/software/product-overview/. Holzkirchen, Germany.

GUIZZARDI, M.; DEROME, D.; VONBANK, R.; CARMELIET, J., 2015 – **Hygrothermal behavior of a massive wall with interior insulation during wetting**. *Building and Environment*. 89: 59-71.

GRUNEWALD, J.; RUISINGER, U.; HÄUPL, P., 2006 – **The Rijksmuseum Amsterdam–Hygrothermal analysis and dimensioning of thermal insulation**. In 3rd International Building Physics Conference—Research in Building Physics and Building Engineering, Canada.

HAVINGA, Lisanne; SCHELLEN, Henk, 2018 – **Applying internal insulation in post-war prefab housing: understanding and mitigating the hygrothermal risks**. *Building and Environment.* 144 (August): 631-47. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.08.035.

HEGGER, Manfred; AUCH-SCHWELK, Volker; FUCHS, Matthias; ROSENKRANZ, Thorsten, 2013 – **Construction materials manual**.

MARTÍNEZ-MOLINA, Antonio; TORT-AUSINA, Isabel; CHO, Soolyeon; VIVANCOS, José Luis, 2016 – **Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: a review.** *Renewable and Sustainable Energy* Reviews. 61: 70-85. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.018.

METEOTEST, 2010 – **Meteonorm – VErsion 6.0**. Bern, Switzerland.

POSANI, Magda; VEIGA, Maria do Rosário; DE FREITAS, Vasco Peixoto, 2019 – **Towards resilience and sustainability for historic buildings: a review of envelope retrofit possibilities and a discussion on hygric compatibility of thermal insulations**. *International Journal of Architectural Heritage*. https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1650133

Posani, Magda; Veiga, Maria do Rosário; De Freitas, Vasco Peixoto, 2018 – **Historic buildings resilience: A view over envelope energy retrofit possibilities**. 8th International Conference on Building Resilience. November 14-16, 2018. Lisbon, Portugal.

RUISINGER, U., 2004 – **Hygrothermal analysis of external walls of the rijksmuseum amsterdam**. Dresden: University of Technology Faculty of Architecture. Institute for Building Climatology (Internal report).

ANNEX 1

HYGROTHERMAL CHARACTERISTICS OF THE INSULATING PLASTER ADOPTED FOR THE STUDY

Figure 9 shows the hygrothermal characteristics provided by WUFI Pro database for the adopted perlite plaster. Thermal conductivity and its dependence on moisture content are two fundamental characteristics for defining the dynamic thermal behaviour of building components. For the insulation plaster, the dependence of thermal conductivity on moisture content is accounted by considering a linear interpolation between two threshold values: $\lambda_{dry,10°C}$ = 0.03W/(mK) for dry conditions and $\lambda_{u=870.0\ kg/m3,10°C}$ = 0.65W/(mK) for a moisture content of u = 870.0 kg/m^3. In all simulations, during the last year of calculations, a moisture content ranging 18-44 kg/m^3 is found in the insulation layer (18-42 kg/m^3 in Lisbon, 30-44 kg/m^3 in Porto and 16-38 kg/m^3 in Bologna), meaning that the thermal conductivities considered in the calculations span between 0.04-0.06 W/(mK).

Property	Unit	Value
Bulk density	[kg/m³]	338.0
Porosity	[m³/m³]	0.87
Specific Heat Capacity, Dry	[J/kgK]	850.0
Thermal Conductivity, Dry, 10°C	[W/mK]	0.03
Water Vapour Diffusion Resistance Factor	[-]	6.2
Reference Water Content	[kg/m³]	67.0
Free Water Saturation	[kg/m³]	344.0
Water Absorption Coefficient	[kg/m²s^0.5]	0.316
Moisture-dep. Thermal Cond. Supplement	[%/M.-%]	8.0
Temp-dep. Thermal Cond. Supplement	[W/mK²]	0.0002

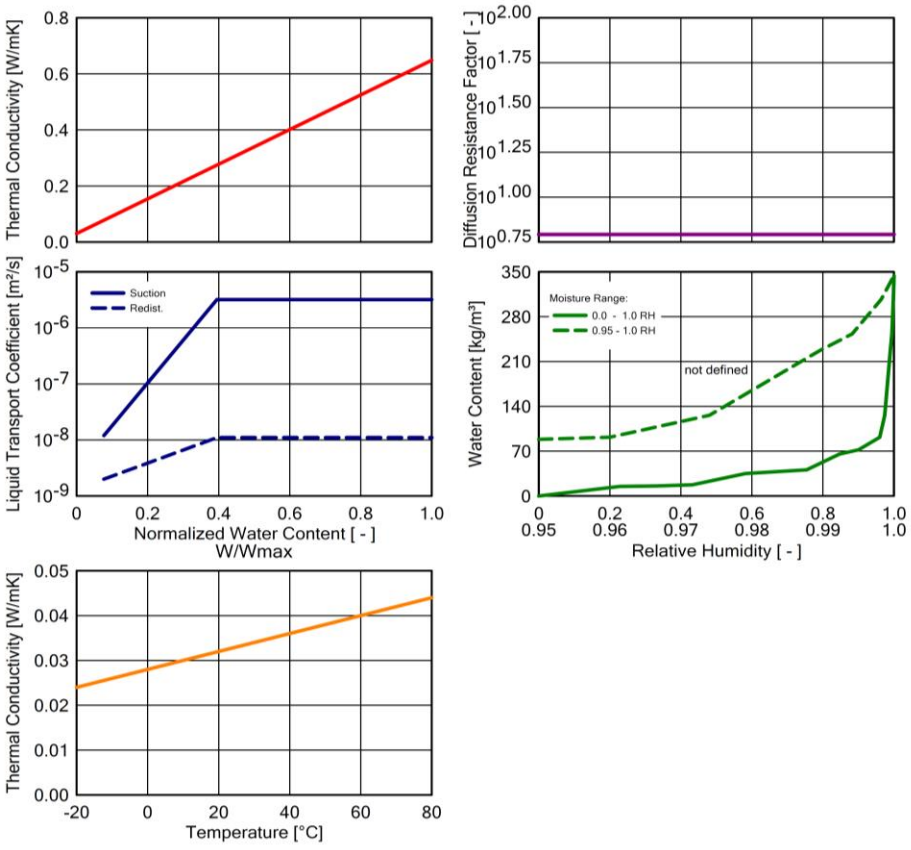


Figure 9 – Hygrothermal characteristics given in WUFI Pro database for the adopted perlite plaster

O ENXAIMEL E A ARQUITETURA DA IMIGRAÇÃO NO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

TIMBER-FRAMING AND THE ARCHITECTURE OF IMMIGRATION IN THE ESPÍRITO SANTO STATE, BRAZIL




Luiz Ribeiro [(1)], Flora Kiefer [(2)]

(1) Universidade Vila Velha, Brasil, luiz.ribeiro@uvv.br
(2) Universidade Vila Velha, Brasil, florakiefer@gmail.com

RESUMO

Esta comunicação foi desenvolvida a partir do corpo de conhecimento, teórico e prático, produzido por pesquisadores da Universidade Vila Velha, ainda ampliado por outras referências que caracterizaram o município de Domingos Martins, região de montanhas do Estado do Espírito Santo, no período de ocupação inicial quando da colonização por imigrantes europeus, notadamente alemães, que chegaram àquela localidade e demandaram a construção de suas casas e demais equipamentos; distinguindo materiais e técnicas utilizadas em alvenarias externas, painéis divisórios, pisos e coberturas. Ressaltou a utilização do sistema enxaimel para paredes estruturais e a existência singular da técnica da "tabuinha" como elemento de vedação em coberturas, nas tipologias de habitação como encontradas na Casa Schlenz, considerada edificação mais antiga da região, datada na década de 1860.

Palavras-chave: Casa Schlenz / Enxaimel / Arquitetura da Imigração / Técnicas Construtivas Tradicionais / Domingos Martins, ES

1. EM PRELIMINAR

Constitui nosso objetivo apresentar e analisar variante da arquitetura da imigração em solo capixaba, com uso de técnicas construtivas tradicionais no âmbito dos saberes da população imigrante que chegou à Província do Espírito Santo para o estabelecimento da colônia de Santa Isabel em 1846.

Esta comunicação se insere no corpo de conhecimento da disciplina Técnicas Retrospectivas do curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Vila Velha que gerou, ainda, o Trabalho de Conclusão de Curso, da autora Flora Kiefer, o qual visa obter conhecimento e indicações sobre os remanescentes usos da arquitetura enxaimel na região de Domingos Martins, ES.

A arquitetura com uso do enxaimel nas construções tradicionais de Domingos Martins ainda é pouco estudada. Por outro lado, existe ampla disseminação de um conceito de valorização da cultura europeia na região, atrelada ao turismo e desenvolvimento econômico, porém, sem maiores critérios para tal valorização e preservação, levando, em distintos casos, ao desenvolvimento de pastiches e falsos históricos. O estudo pormenorizado do enxaimel representa, de fato, o interesse pela preservação de edificações tradicionais, bem como, o possível conhecimento aplicado às soluções contemporâneas de um ambiente sustentável na região.

Nesta comunicação será dada atenção a área central do município, com ênfase para a Casa Schlenz, imóvel histórico, marco da imigração europeia na região. Como ponto inicial desta reflexão, trabalhou-se com algumas referências da produção teórica escrita e iconográfica disponibilizada em bibliografias específicas, tais como: (Thiede, 1963; Bott, 1976; Weimer, 2005 e Großmann, 2006), que desenvolvem conteúdos específicos de técnicas construtivas tradicionais; com a contribuição de dissertações e artigos análogos, como vistos em (Gislon, 2013; Veiga, 2014 e Wittmann,2016). Quanto às raízes da imigração no estado do Espírito Santo, trabalhou-se a partir dos conhecimentos presentes em (Rölke, 2016).

Inicialmente desejava-se identificar e valorizar possíveis exemplares da arquitetura enxaimel remanescente no local. No decorrer da reflexão e desenvolvimento das pesquisas houve um maior interesse e foco na abordagem do imóvel reconhecido como Casa Schlenz onde constatou-se a necessidade de maior imersão e conhecimento desse *"arquivo vivo"* de técnicas e soluções construtivas originais e intocadas.

2. DOMINGOS MARTINS E A HERANÇA DA IMIGRAÇÃO ALEMÃ

Não é raro deparar-se com propagandas e incentivos à visitação ao município de Domingos Martins. Estrategicamente a indústria turística selecionou potenciais atrativos: belezas naturais aliadas à cultura da colonização europeia, a fim de atrair turistas para a região onde o município está inserido (Figura 1).

Domingos Martins está cerca de 42 km da capital Vitória. Com 34.239 habitantes (estimativo do IBGE em 2014), teve sua colonização predominantemente alemã e italiana. Os imigrantes alemães ocuparam primeiramente a colônia de Santa Isabel (Figura 2), atual distrito de Domingos Martins, que foi criada para recebê-los pelo então Governo Provincial. Foram 163 imigrantes de origem germânica que chegaram no ano de 1846, oriundos da grande onda de imigração europeia do século XIX (Rölke, 2016).



Figura 1 – O município de Domingos Martins e sua região (Ribeiro, 2018)



Figura 2 – Vila de Santa Isabel, início do séc. XX (CMDM, S.d.)



Figura 3 – Igreja Luterana no "Campinho", início do séc. XX (CMDM, S.d)

As dificuldades encontradas nos primeiros anos de ocupação foram imensas: terrenos acidentados, densa mata, falta de recursos materiais e humanos. Uma das primeiras iniciativas dos colonos ao chegarem nessas terras foi a construção de seus abrigos para moradias. Quando os imigrantes chegaram aos lotes indicados pelo governo, construíram choupanas rudimentares, cobertas com folhas de palmeira e vedações com troncos de palmito. Os pisos eram de terra batida. Não existem registros iconográficos dessas primeiras casas, pois, logo que possível, os colonos tratavam de construir suas habitações em melhores condições (Rölke, 2016).

Nas primeiras décadas do século XX novas localidades foram ocupadas e os territórios de Mata Atlântica começaram a abrigar casas em grandes propriedades isoladas. As gerações descendentes se encarregaram de abrir estradas, construir moradias, plantar e colher nessas terras. Apesar da base agrária ainda predominante, da última década do século XX até a atualidade, o turismo e o mercado imobiliário vêm crescendo de forma intensiva, apresentando importante contribuição na economia do município. O desenvolvimento turístico da região, mais visível, iniciou-se pela procura dos visitantes por melhores condições climáticas e contato com a natureza. Outro fenômeno relacionado ao turismo que caracteriza as últimas décadas é a demanda por produtos culturais, principalmente o patrimônio histórico. Segundo Winter (2006) o grande desenvolvimento capitalista observou na memória coletiva e cultural uma forma de mercado, gerando o que se conhece hoje por indústria cultural.

No caso de Domingos Martins, a imagem induzida da cidade é formulada pelo próprio poder público e pela mídia para incentivar tanto o turismo como a especulação imobiliária. Nesse contexto surge o pastiche enxaimel na imagem da cidade, tangível como a conclusão de Garcia e Bahl (2010) quando dizem que um local pode correr o risco de divulgar uma imagem inexistente ou inapropriada. Dessa forma, Domingos Martins se empenha na construção de uma imagem que busca semelhanças com outras cidades, mas torna-se obscura, para a percepção dos visitantes, de seus verdadeiros aspectos históricos, levando à um desamparo do seu lugar de memória.

A espetacularização da paisagem urbana, por meio da arquitetura, segundo Veiga (2013) pode ocorrer de duas maneiras: com a restauração de edifícios antigos ou com a construção de novas arquiteturas monumentais e arrojadas. Engloba, ainda, a faceta turística da construção de novos edifícios que imitam o passado, gerando pastiches. A valorização desse tipo de atração arquitetônica é característica da sociedade contemporânea que possui grande atração pelo consumo e pela imagem. Em seu livro *"A Sociedade do Espetáculo"*, Debord (1997) critica e descreve a sociedade na qual o valor das coisas não está mais nelas em si, mas na sua imagem e nos desejos que despertam.

A maior parte dos edifícios atuais da cidade foi construída nas décadas de 1980 e 1990, caracterizados por um modelo onde predomina a autoconstrução, ou seja, edificações sem assistência técnica profissional. Assim, um fator determinante para o empobrecimento do ambiente urbano contemporâneo local resulta no uso do pastiche enxaimel. As construções imitam a aparência do antigo método construtivo, porém, de forma depreciativa e sem critérios. (Figuras 4 e 5). Esse fator pode ser constatado pelas peças de madeira, ou

argamassa, apenas adossadas às fachadas, em vez de serem realmente componentes estruturais. Este falso estilo germânico, ou seja, o pastiche enxaimel, vem, gradativamente, substituindo e anulando o verdadeiro enxaimel e suas raízes na herança cultural da imigração alemã do lugar (Figura 6).



Figura4 – Ambiência urbana em Domingos Martins (Kiefer, 2018)



Figura 5 – Rua de Lazer, Centro (Kiefer, 2018)



Figura 6 – Câmara Municipal de Domingos Martins (Kiefer, 2018)

3. A ARQUITETURA ENXAIMEL E O "ENXAIMEL CAPIXABA"

A Arquitetura enxaimel, do idioma alemão Fachwerk ou Fachwerkbau (Figura 7), consiste em técnica construtiva na qual a tradução literal é "construção em prateleiras" (WEIMER, 2005), representando ainda no enxaimel antigo «*a denominação dada à estrutura de madeira, que articulada horizontal, vertical e inclinada formam um conjunto rígido e acabado através do encaixe dos caibros de madeira.*» (Wittmann, 2016, p. 2).

Na evolução das técnicas construtivas, os alicerces de madeira foram substituídos por pedras e por meio da inclinação e encaixe das peças de madeira obtinha-se o contraventamento e a estabilidade da estrutura. Segundo Bott (1976), o uso da triangulação significa para esta técnica construtiva o mesmo que a roda para os transportes.



Figura 7 – Fachwerk ou Fachwerkbau. Enxaimel em Alfter, Alemanha (Schneider, 2013)



Figura 8 – Blokbau ou Blocausse em Konzell, Alemanha (Rinkl, 2018)



Figura 9 – Enxaimel Romântico. Herrsching, Alemanha (Domínio Público,2017)

Mesmo com a invasão dos romanos na Europa central, introduzindo novos materiais e técnicas construtivas, até a Baixa Idade Média, todas as construções eram de madeira. No fim do primeiro período medieval as construções em pedras, de tradição latina, foram retomadas, principalmente na Arquitetura palaciana, militar e religiosa, com as grandes catedrais góticas, contudo, a arquitetura civil e popular continuou a reproduzir as tradicionais construções em madeiras (Thiede, 1963).

Anteriormente, havia apenas dois tipos de construção em madeira: o *blocausse* e o enxaimel. O *blocausse*, no alemão *Blockbau*, (Figura 8) construção com troncos, consistia na construção das paredes com troncos roliços levemente falquejados em faces opostas (Weimer, 2005). De acordo com Gislon (2013), é possível que esta tenha sido a técnica construtiva mais antiga e a primeira a ser abandonada devido ao alto consumo de madeira. Além disso, o aumento populacional na Europa demandava cada vez mais moradias, necessitando de evolução e novas técnicas construtivas.

Quanto ao enxaimel, segundo Weimer (2005), a matéria prima principal era a madeira aparelhada, sendo a técnica difundida principalmente nos locais onde havia abundância, que corresponde à planície germânica e o planalto médio alemão. Já no século XVI começaram as restrições para exploração de madeira, até que em 1736 tornou-se obrigatória a construção do térreo em pedra (Weimer, 2005). Deste fato se pode concluir que, no período das imigrações para a América, no século XIX, as casas de enxaimel já eram ultrapassadas, *"não por obsolescência da técnica, mas por limitação de matéria prima."* (Weimer, 2005, p. 67).

O processo de abandono do enxaimel devido à carência de madeira iniciou-se a partir do século XVII, finalizando-se no século XIX, devido o avanço das técnicas construtivas e pelo uso do cimento e do concreto. Apesar disso, segundo Großmann (2006), na metade do século XIX o enxaimel passou por um revivalismo histórico na Alemanha, influenciado pelo período romântico. Essas construções se diferenciavam das primitivas, apesar de serem construídas com a técnica tradicional (Figura 9). Primeiramente eram casas burguesas, em terrenos isolados e não em ruas estreitas, possuindo uma feição romântica idealizada. O contexto histórico do enxaimel romântico diferenciava-se do enxaimel medieval, mas seu objetivo também era uma valorização da memória e identidade cultural alemã.

Por meio das construções do enxaimel romântico nota-se que a população ainda conhecia a técnica que era reproduzida desde a Idade Média. Não se sabe ao certo qual a profissão dos imigrantes que se estabeleceram na colônia de Santa Isabel. Mesmo assim, pode-se afirmar que esses imigrantes dominavam a técnica do enxaimel. Uma das justificativas para isso é que as casas eram construídas em mutirão com a supervisão de uma pessoa que tinha experiência nesse ramo sendo, na maioria das vezes, um carpinteiro (Rölke, 2016). A junção da comunidade para construção das residências também é uma herança germânica (Weimer, 2005).

Assim, o imigrante teve que construir sua moradia e, para tanto, utilizava seu conhecimento centenário de construção, mas também havia a necessidade de adaptá-la às limitações e aos recursos locais, aproveitando a abundância de madeira na região. Primeiramente, pode-se dizer que houve uma sensível simplificação e integração entre os estilos construtivos no enxaimel desenvolvido em terras capixabas em comparação ao alemão. Algumas técnicas foram aplicadas integralmente, outras adaptadas e outras inventadas diante das necessidades. Ainda sobre a arquitetura da imigração alemã no Espírito Santo, Rölk (2016) afirma:

> *«[...] mais do que um estilo tipicamente alemão, seria mais apropriado falar de um novo estilo que aqui surgiu, juntando a estrutura em enxaimel interiorizada e herdada da Alemanha com a realidade tropical, onde alguns esquemas culturais e históricos tiveram que sofrer profundas modificações.*» (Rölke, 2016, p. 326).

De acordo com Veiga (2013), uma característica marcante que difere o enxaimel alemão daquele produzido em território brasileiro é a sua relação com o espaço, visto que os exemplares de enxaimel no Brasil são encontrados em zonas rurais, enquanto na Alemanha estavam presentes, preponderantemente, no meio urbano. Esse fator pode ser justificado pelo assentamento de imigrantes em áreas de mata virgem, no qual se desenvolveram os modelos de propriedades rurais.

4. O ENXAIMEL E SUAS PECULIARIDADES

Assim como na técnica tradicional, difundida em diferentes localidades europeias e, posteriormente, lugares de imigração, os elementos essenciais de composição do enxaimel podem ser destacados a seguir (Figura 10):



Figura 10 – Componentes do Enxaimel (Ribeiro, 2019)



Figura 11 – Tipos de Contraventamentos (Ribeiro, 2019)



Figura 12 – Tipos de Escora (Ribeiro,2019)

4.1. Componentes

- **Baldrame**: Base em madeira que está sobre a estrutura de fundação na qual será fixada a trama estrutural.
- **Esteio ou Enxaimel**: Sustentação vertical da edificação, também conhecido por coluna, linha ou pé direito. Quando o localizado na aresta do edifício é chamado de Esteio de canto, possuindo comportamento estrutural diferenciado.
- **Frechal**: Peça que fecha a estrutura, onde geralmente é apoiado o telhado.
- **Aspas ou Contraventamento:** É o travamento da estrutura para torná-la mais resistente estaticamente. O contraventamento era feito de diferentes formas em razão da região e aspectos climáticos. (Figura 11).
- **Preenchimento:** O preenchimento faz a vedação, podendo ser: adobe, taipas, tijolos, pedras, variando de acordo com o lugar e recorte histórico.
- **Escora:** Tem função de garantir a estabilidade da construção e são colocadas duas em cada plano de parede, fixadas nos Esteios de canto. Conforme a época e região essas receberam diferentes variações com grande valor plástico (Figura 12).
- **Peitoril ou Madre:** Madeira horizontal intermediária entre o baldrame e a verga. Um plano de parede poderia ter mais de um peitoril, dependendo do pé direito. Não necessariamente o peitoril era a parte inferior de uma janela.
- **Janela:** Era feita no vão entre o peitoril e a verga, geralmente pequenas aberturas.
- **Verga:** Madeira horizontal intermediária entre o frechal e o peitoril. Um plano de parede poderia ter mais de uma verga, dependendo do pé direito.

4.2. Vertentes

Segundo Weimer (2005), o enxaimel evoluiu desde a Idade Média, apresentando-se em três vertentes: o baixo-saxão, o franco e o alemânico. O entendimento dessas variáveis é importante para a compreensão das técnicas que os imigrantes utilizaram para edificarem suas casas em solo brasileiro.



Figura 13 – Sistema baixo-saxão. Hannover, Alemanha (Ribeiro, 2016)



Figura 14 – Sistema franco. Frankfurt, Alemanha (Ribeiro, 2014)



Figura 15 – Sistema alemânico, Nuremberg, Alemanha (Ribeiro,2014)

O sistema baixo-saxão é o mais antigo desenvolvido na baixa Alemanha. Sua principal característica são os

baldrames, frechais e esteios contínuos. As portas e janelas eram feitas nos vãos entre os esteios no qual eram encaixados os peitoris e vergas. Ainda segundo Weimer (2005), os esteios de pavimentos superiores descarregavam o peso da estrutura nos inferiores, até que o último descarregasse no baldrame. (Figura 13).

O sistema franco foi desenvolvido na Média Alemanha. Essa vertente representou a evolução das qualidades plásticas, de forma que as escoras começaram a ser feitas em formas curvas e o contraventamento ganhou variados desenhos, (Figura 14). Esse estilo ressalta as qualidades artesanais dos construtores. Em uma única construção poderia haver cerca de quinze a vinte desenhos diferentes entre os tramos. Essa produção artística do sistema franco é caracterizada como um barroquismo na evolução dos sistemas (Weimer, 2005).

O sistema construtivo alemânico é o mais recente dos sistemas diferenciando-se dos anteriores. Se caracterizava pelo grande espaçamento entre os esteios, de forma que exigia um vigamento horizontal robusto para suportar os esforços de flexão. As paredes superiores avançavam menos sobre o plano das inferiores, diminuindo os esforços com grande avanço dos entrelaçamentos estruturais contribuindo para maiores pés-direitos. (Figura 15).

Outra característica importante no enxaimel da Europa central, segundo Weimer (2005), foi a forma de organização das plantas das residências. Levando em consideração os invernos rigorosos e clima frio europeu toda a residência era organizada de forma a aproveitar, o máximo possível, a fonte de calor: o lugar do fogo ordenava o partido de espacialização geral. A sala de convivência ficava aos fundos para garantir privacidade, pois era o espaço mais utilizado pela família. Os dormitórios, primitivamente, eram separados por cortinas e depois por divisórias, tornando-se pequenos quartos. Os animais e o feno também eram mantidos no corpo das residências (Figura 16). As coberturas dessas casas eram inicialmente de palha e posteriormente passaram a ser entelhadas com ardósia. Os telhados tinham diferentes configurações, (Figuras 17 e 18), dependendo do local e período histórico.



Figura 16 – Esquema da planta da casa enxaimel na Europa (Ribeiro, 2019)



Figura 17 – Satteldach – Telhado em 2 águas. Lichtenfels, Alemanha (Ribeiro, 2016)



Figura 18 – Halbwalmdach telhado de 4 águas encurtado, Leinfelden-Echterdingen, Alemanha (Ribeiro, 2014)

5. A CASA SCHLENZ, PROTÓTIPO DO ENXAIMEL EM DOMINGOS MARTINS E SUAS ADAPTAÇÕES FEITAS PELOS IMIGRANTES.

Historicamente, a disposição dos imigrantes era determinada pelo Governo Provincial. Para chegarem ao seu lugar, os imigrantes abriram caminho em meio aos territórios intocados das montanhas capixabas (Rölke, 2016). Neste lugar tiveram que construir sua moradia e, para tanto, utilizaram seus conhecimentos e técnica centenária de construção. Outrossim, perceberam a necessidade de adaptá-la às limitações dos recursos locais, passando a aproveitar a abundância de madeira da região.

A Casa Schlenz foi construída na década de 1860, na primeira fase da imigração alemã no estado do Espírito Santo, estando seu proprietário entre os 163 imigrantes que chegaram ao estado em 1846 (Figura 19). A

maior parte das informações colhidas sobre a casa foi obtida através de registros orais com pessoas idosas, durante as pesquisas de campo. A atual proprietária do imóvel, Sra. Ruth Schlenz, descreveu os dados sobre sua construção. Ela é sobrinha-neta do Sr. Felipe Schlenz, primeiro proprietário e construtor do edifício e herdou a casa de seus pais. Segundo ela, seu tio-avô era alemão e chegou no Espírito Santo com sua esposa. Importante destacar que a Colônia Santa Isabel, enquanto vila, ficava afastada cerca de cinco quilômetros do que foi primeiramente denominado "Campinho", atual Sede do município de Domingos Martins. No entanto, segundo a memória de alguns cidadãos da terceira idade no município, juntamente com a Sra. Ruth, a Casa Schlenz (Figuras 20 e 21) foi a primeira a ser edificada e sua construção data de "vinte anos antes da igreja luterana", pois, serviu, por um tempo, de espaço para realização de cultos protestantes, casamentos e batizados.



Figura 19 – Casa do colono Schlenz, (Dietze, 1875) Biblioteca Nacional



Figura 20 – Casa Schlenz, Acesso e entorno (Google Maps, 2011)



Figura 21 – Casa Schlenz, Acesso e entorno (Google Maps, 2011)

Quando analisada a forma de organização da casa rurais alemãs em relação à centralidade dos cômodos e até mesmo abrigo de animais para melhor aproveitamento de calor, se observa uma mudança substancial nas casas de imigrantes no Espírito Santo. Estas eram marcadas pela descentralidade dos compartimentos, fazendo surgir outras construções no lote. A separação do fogão à lenha do resto da casa era necessária devido aos riscos de incêndio. A cozinha tornou-se um anexo, assim como o curral/estábulo, galinheiros, chiqueiros, paióis, depósitos, casinha que cobria o forno e o local de preparar a ração para os animais (Rölke, 2016). Essa descentralidade da casa típica da arquitetura da imigração alemã capixaba pode ser observada na implantação e setorização da Casa Schlenz (Figura 22).



Figura 22 – Esquema da implantação da Casa Schlenz (Kiefer, 2019)



Figura 23 – Casa Schlenz, aspecto de sua varanda (Elina, 2018)



Figura 24 – Casa Schlenz, pormenor de seu sistema enxaimel (Elina, 2018)

Em seus quase 160 anos a Casa Schlenz permanece com uso residencial. Ali moraram primeiro, os tios-avós da Sra. Ruth, juntamente com seus pais. Os pais de Ruth a criaram na casa, junto com seus irmãos. A maior parte mudou-se da casa, porém ela e um irmão permaneceram. Ambos têm orgulho de residirem naquela que foi a primeira edificação da cidade e de recontar essa e outras histórias de seus antepassados.

É notório que a estrita utilização do imóvel como moradia foi fundamental para sua preservação quase que integral. Esse fator fica ainda mais evidente no interior da residência, pois a Sra. Ruth faz questão de manter a

composição dos ambientes conforme a época da colonização, sendo encontradas ali, ainda, muitas características das casas da arquitetura alemã-capixaba.

Um aspecto circunstancial das casas em enxaimel no Brasil, refletido no Espírito Santo, foi à inserção da varanda, elemento inexistente no enxaimel europeu. Majoritariamente na fachada frontal da residência, as varandas foram uma adaptação feita devido às necessidades climáticas do Brasil. Com o passar dos anos, as varandas adquiriram uma função considerável, visto que o acesso principal da casa se dava por este local. Além disso, elas se tornaram espaço de estar, principalmente nos dias de verão. A varanda, típica das casas tradicionais no enxaimel capixaba, pode ser observada na Casa Schlenz (Figura 23).

A organização da área principal e interna da residência se dá através da setorização entre a área social, que corresponde à sala de jantar e sala de estar, e área privativa, que corresponde aos quartos. As casas eram somente de um pavimento, habitualmente sobre um porão baixo e o tamanho variava conforme as posses do colono (Rölke, 2016).

A partir do acesso, elevado em alguns degraus, de cada lado da sala havia um ou dois quartos. Só se chegava a estes quartos através de portas que os conduziam a partir da sala. Essa mesma forma de setorização das áreas privativas pode ser observada também nos exemplares do enxaimel europeu, deixando clara a herança germânica na organização espacial das residências.

A cozinha era uma construção à parte, ao lado da casa e ambas eram construídas ao mesmo tempo. O bloco que comportava a cozinha continha dois cômodos: a cozinha propriamente dita, com fogão a lenha, e uma despensa: um pequeno cômodo, onde se guardavam os alimentos dentro de latas ou armários. Era um tipo de despensa, onde eram guardadas também as gamelas, a máquina de desnatar leite, a máquina de moer café, recipientes com carne salgada ou conservada em banha (Rölke, 2016).

A cozinha era ligada a casa por um estreito corredor com cobertura para que um eventual incêndio na cozinha não se alastrasse até a casa. Como as casas não comportavam banheiro, a despensa ao lado da cozinha era também usada como local de higiene corporal. Era o lugar mais apropriado, pois estava perto do fogão, de onde se buscava água quente. (Rölke, 2016).

Dos três diferentes sistemas enxaimel, desenvolvido na Europa; o sistema baixo-saxão foi o que mais se destacou nas casas de enxaimel no Espírito Santo, pois a maior parte dos imigrantes provinha do Norte da Alemanha, onde o sistema fora originalmente empregado. Além disso, era o mais simples dos sistemas, com poucas escoras (Veiga, 2016). Inicialmente, era preciso escolher espécies de madeiras para resistirem ao apodrecimento, sendo as espécies mais comuns: a graúna, o jacarandá e o ipê (Rölke, 2016). A madeira era cortada e falquejada e o engradamento era montado primeiramente no chão e não diretamente nos alicerces. (Figura 24). Do mesmo modo como se fazia na Alemanha, as paredes eram levantadas, a estrutura era presa e logo se executava a estrutura para o telhado (Veiga, 2016).

Quanto às coberturas, com pouquíssimas exceções, eram de duas águas e com alta inclinação devido à herança germânica e, ainda, ao necessário aproveitamento do sótão como um dormitório. Uma especial forma de se realizar o cobrimento das casas em enxaimel no Brasil era através de telhas de madeira, denominada "tabuinhas", (Figura 25). Rölke (2016) descreve o fazer artesanal das "tabuinhas" de madeira:

> *«O tronco da braúna era cortado em pequenas toras de mais ou menos 50 centímetros [...]. Uma lâmina de metal cortante, [...] presa a um cabo, era segurada por alguém, que a colocava numa das extremidades da tora. Com a tora em pé e a lâmina colocada, um segundo trabalhador desferia golpes com um porrete de madeira. Esta então cortava finas tábuas de 1 a 2 centímetros de espessura. [...]. Depois, furava-se uma das extremidades das "tabuinhas", introduzindo nela uma cavilha de madeira. [...] Com esta cavilha ou prego, a*

"tabuinha" era assentada e presa nas ripas do telhado. (RÖLKE, 2016, p. 327).»

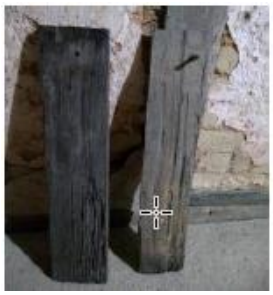


Figura 25 – "Tabuinhas" de cobertura, remanescentes na Casa Schlenz (Kiefer, 2018)



Figura 26 –Barro e fibras vegetais na taipa pormenor do preenchimento do enxaimel da Casa Schlenz. (Kiefer, 2019)



Figura 27 – Casa Schlenz, reboco degradado na fachada revelando estrutura do enxaimel (Elina, 2018)

A confecção das ripas que sustentavam as "tabuinhas" do telhado era com troncos de palmito. Esse material foi mais utilizado nas casas capixabas do que nas sulinas de arquitetura alemã, pela abundância e facilidade em *"lascar o tronco de palmito longitudinalmente com machado e cunhas de ferro."* (Rölke, 2016, p. 327).

Nas alvenarias, o preenchimento dos tramos de madeira das paredes podia ser feito tanto de tijolos de barro como de taipa. Inicialmente, as casas brasileiras construídas em enxaimel preenchiam os tramos com taipa de mão. Essa técnica de preenchimento é brasileira, já encontrada na casa do caboclo tradicional (Saia, 2014) e foi adaptada para as casas de enxaimel, dessa forma, não sendo originais nas casas em enxaimel germânicas. Já os tijolos foram utilizados nas últimas fases do enxaimel centro europeu, podendo ser crus ou cozidos e foram utilizados também no Espírito Santo (Veiga, 2016).

Na Casa Schlenz também foi utilizado o barro e o capim para o preenchimento de vedações, caracterizando a taipa, combinada com tijolos para elevação das paredes (Figura 26). Feito o fechamento do enxaimel, após alguns dias fazia-se, então, o reboco. É interessante ressaltar que o reboco no sul brasileiro era opcional e variava de acordo com uma opinião estética (Veiga, 2016). No entanto, no Espírito Santo era comum que a casas em enxaimel fossem todas rebocadas. Na maioria das vezes, cobriam-se até mesmo as peças de madeira, para melhor proteção do madeiramento contra o apodrecimento. Depreende-se desta observação ser comum o não reconhecimento imediato da arquitetura genuinamente enxaimel em Domingos Martins, pois o tramado de madeira estruturante, muitas vezes, encontra-se rebocado e caiado, como forma de ampliar sua durabilidade. Além desse fator, essas casas eram construídas no sistema baixo-saxão que, como dito anteriormente, era o mais simples e quase não apresentava empenas com escoras do tipo "Cruz de Santo André" (Figura 12), o que, equivocadamente, é associado à unanimidade das construções no pastiche enxaimel. Na Casa Schlenz é possível observar que a estrutura enxaimel só é evidenciada, na atualidade, devido à degradação do reboco nesta fachada. (Figura 27).

As esquadrias eram instaladas, posteriores ao reboco. *"Portas e janelas eram geralmente de tábuas de madeira, pintadas nas cores azul celeste, o que contrastava [...] com a cor branca das paredes caiadas."* (Rölke, 2016, p. 327).

Essas características quanto à implantação na propriedade, organização das plantas baixas, estrutura de madeira, revestimentos, preenchimento e à cobertura são determinantes na identificação do enxaimel capixaba. Poucos exemplares desta arquitetura, desenvolvida no Espírito Santo, resistiram em Domingos Martins, onde a Casa Schlenz perfaz a representação dessa produção peculiar cujo uso estrito residencial contribuiu para sua permanência em meio à vida urbana. Contudo, de forma insensata, na atualidade, a casa destoa de seu entorno e este é mais um dos fatores para sua demanda de conservação e preservação: esta é uma arquitetura histórica,

legitima, que tem a marca de seu tempo e deve dignificar a identidade do lugar.

6. CONCLUSÕES

O município de Domingos Martins teve efetivamente uma colonização alemã. Após a ocupação das terras e consolidação da colônia, os imigrantes construíam suas casas definitivas, utilizando a técnica do enxaimel herdada de sua cultura natal adaptando às necessidades topológicas da antiga Vila de Santa Isabel. Destaca-se que em meio a tantos exemplares destruídos, no Centro de Domingos Martins, restou a Casa Schlenz, desconectada de seu entorno urbanizado. A julgar pelo seu estado de preservação, uma das edificações que melhor poderia representar a imigração na cidade, encontra-se em precário estado de conservação. Além de sua restauração, a necessidade de integrá-la as demandas atuais ressalta o principal motivo pelo qual a casa ainda existe: sua função útil residencial. A restauração e reabilitação do imóvel não seriam apenas para marcá-lo como arquitetura da imigração e enaltecer a memória coletiva, mas também seria exemplo para os poucos exemplares de que uma edificação de valor histórico pode e deve integrar-se a vida cotidiana contemporânea.

Pode-se concluir que a arquitetura da imigração alemã desenvolvida no século XIX no Espírito Santo, apresenta grande riqueza cultural de adaptação de uma técnica costrutiva centenária ao clima tropical de altitude das serras capixabas. É certo que essa arquitetura demanda ainda contínuo estudo e que as análises aqui apresentadas contribuem para sua pesquisa, mas são apenas uma introdução de muitas técnicas construtivas, fazeres artesanais e tradições ainda não plenamente documentadas na região.

Em Domingos Martins os imóveis antigos são demolidos ou considerados *"barracos"* e, por outro lado, o pastiche assume protagonismo e cresce em nível exponencial, modificando a paisagem urbana. É certo que essas edificações buscam atender a indústria turística patrimonializadora e atender demandas econômicas. Por outro lado, a Casa Schlenz necessita de um trabalho preciso de restauração, a fim de recuperar seu madeiramento, rebocos e restituir sua cobertura. Além disso, há um grande apelo pela adequação da residência às demandas contemporâneas, principalmente quanto a acessibilidade, com a reabilitação do imóvel para melhor atender às necessidades dos atuais moradores.

REFERÊNCIAS

BOTT, Irmgard *et al.*, 1976 – **Fachwerkkirchen in Hessen**. Koinigstein/Taunus: Karl Robert Langewiesch,. ISBN 3784524427.

GISLON, Jacinta M, 2013 – **A invenção da cidade germânica: tradições, memória e identidade na arquitetura contemporânea de Forquilhinha – SC**. Dissertação de mestrado. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

GROßMANN, G. U**.**, 2006 **– Fachwerk in Deutschland**. Petersberg: Imnhof. ISBN 9783795419028.

RÖLKE, Helmar, 2016 – **Raízes da imigração alemã: história e cultura alemã no Estado do Espírito Santo**. Vitória (ES): Arquivo Público do Estado do Espírito Santo. ISBN 978-85-98928-21-0

SAIA, L., 2014 – **Origens da casa brasileira**. *Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo*. p. 170-176. São Paulo. ISSN 1808-723X

THIEDE, Klaus. 1963 – **Alte deutshe bauernhauser [die blauen bucher]**. Konigstein/Taunus: Karl Robert Langewiesch. ASIN B000CPZ1HK.

VEIGA, Maurício Biscaia, 2014 – **Arquitetura neoenxaimel em Santa Catarina: a invenção de uma arquitetura típica**. *Revista Confluências Sociais*. v. 3, n. 1, Joinville. UNIVILLE. ISSN 2316-395X.

WEIMER, Günter, 2005 – **A arquitetura da imigração alemã.** 2.ed. Porto Alegre: Editora UFRGS. ISBN 85-7025-809-7.

WINTER, Jay, 2006 – **A Geração da memória: reflexões sobre o "boom da memória" nos estudos contemporâneos da História**. IN: SELIGMAN-SILVA. Márcio – *Palavra e Imagem: memória e escritura.* Chapecó-SC: Argos. ISBN 8598981435.

WITTMANN, Angelina, 2016 – **Fachwerk, a técnica construtiva enxaimel**. *Blumenau: Projetos*. n. 187.02 técnica. ISSN 2595-4245.

REABILITAÇÃO ARQUITECTÓNICA E PATRIMÓNIO: CATEDRAL DE PORTALEGRE

ARCHITECTURAL REHABILITATION AND HERITAGE: CATHEDRAL OF PORTALEGRE





Ana Paula Pinheiro [(1)], Rui Barreiros Duarte [(2)]

(1) CIAUD, Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, Portugal, apprbd@gmail.com
(2) CIAUD, Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, Portugal, rbdapp@gmail.com

RESUMO

O Projeto de Reabilitação da Catedral de Portalegre, Claustro e Espaços Anexos foi feito no âmbito da "Rota das Catedrais" e pensado com um sentido de valorização do património. Com este propósito, o objetivo da intervenção incidiu em duas vertentes integradas que se reforçam mutuamente: a Conservação do edificado, dotando-o de infraestruturas adequadas, e introdução de um programa de dinamização cultural com zonas expositivas.

Palavras-chave: Reabilitação Arquitectónica / Rota das Catedrais / Património / Sustentabilidade / Coberturas Verdes

RESUMO ALARGADO

O Projeto de Reabilitação foi feito no âmbito da "Rota das Catedrais" e pensado com um sentido de valorização do património. Com este propósito, o objetivo da intervenção incidiu em duas vertentes integradas que se reforçam mutuamente: a Conservação do edificado, dotando-o de infraestruturas adequadas, e introdução dum programa de dinamização cultural com zonas expositivas. Ao manter-se o significado cultural do conjunto edificado e da envolvente, garante-se a sua identidade e autenticidade. A introdução dum programa cultural de significado religioso relacionado com o Património Arquitectónico, dinamiza esta zona da cidade, relevando a sua importância histórica, espiritual e social.

O propósito de clarificar a intervenção em termos de autenticidade e no sentido de viabilizar a gestão do conjunto patrimonial levou a que se propusesse a retirada das construções anexas que se foram fazendo ao longo do tempo, pois são construções por adição que desvirtuam o caráter patrimonial da Catedral.

Foram propostas Salas de Exposição Permanente e Exposições Temporárias que constituem espaços discretos, que podem ser reversíveis, contidos por paredes existentes. Esta qualidade de não se imporem visualmente e serem de fácil manutenção, cria uma relação interativa entre cheios e vazios que é realçada pela expressão das sombras durante o dia. Durante a noite, a iluminação artificial põe em evidência os espaços entre os novos edifícios e a Muralha.

A praxis arquitectónica incidiu dominantemente sobre a clarificação dos sistemas de construção tradicionais, sobre a sustentabilidade passiva e ativa, articulando os materiais propostos com os existentes, tendo sido aplicadas estratégias que contribuíram para melhorar o desempenho energético ao longo do ano. As coberturas novas são verdes e, articuladas geometricamente com as construções envolventes, equacionam questões de sustentabilidade. A vegetação foi selecionada de modo a não crescer excessivamente e não interferir com o carácter do edifício. A intervenção anula ao máximo a visibilidade das novas funções de modo a integrá-las no conjunto, podendo ser reversíveis.

A solução revitaliza a importância da cisterna incluindo-a no percurso expositivo e tem em consideração aspetos essenciais: garantir o escoamento da água; utilizar o canal de água existente no pavimento encaminhando-a diretamente para um novo tanque previsto no pátio sul; garantir o escoamento da água em excesso; aproveitar a água do tanque para regar as zonas verdes.

Os conceitos utilizados na intervenção – reversibilidade, sustentabilidade, versatilidade e simplicidade –, garantem a autenticidade do monumento, a integração no conjunto urbano e no edificado envolvente. Referem-se também ao programa complementar de dinamização cultural com estruturas expositivas no qual se pretende apresentar o tesouro da Catedral. Este, constituído por vários tipos de objetos de culto, compõe um espólio cultural de grande valor patrimonial reunido durante séculos. Assim, complementarmente às funções litúrgicas, viabilizaram-se visitas guiadas ao monumento e a exposições rotativas.

As estratégias de intervenção no edificado são sempre avaliadas pela Direção-Geral do Património Cultural e pelas suas delegações regionais que verificam todas as opções e etapas de intervenção, exigindo autenticidade e que, no limite, se reponha o que é genuíno. Uma fotografia dos anos 40 revelou que as coberturas eram em telha de canudo nessa época na Catedral, facto que levou à exigência de repor em toda a cobertura este tipo de telha. O impacto na obra é significativo em termos económicos e de tempo, pois há que retirar a quase totalidade das telhas existentes que estão em boas condições. Atualmente, o telhado que reveste a nave central e Cabido é constituído por telha de canudo (cobrideiras) e por telha romana (leito), solução que permite um melhor

escoamento das águas. Apenas as intervenções feitas pela DRCALEN nas capelas sul (2013) e o telhado da Capela de São Tiago (2010) possuem telhas de canudo (cobrideiras e leito). A substituição deste sistema para telhas de canudo envolve a criação de um novo ripado e a colocação de um sistema de proteção à obra da cobertura onerando a intervenção numa zona que, numa primeira fase, poderia ser devidamente mantida, havendo apenas que fazer a sua monitorização colocando no lugar as telhas fora do sítio e a substituição das peças danificadas.

Também a exigência em não se poder fazer nenhum furo nas paredes, apesar de estar num conjunto cheio de roços, onera o orçamento da eletricidade implicando excessivos percursos por cablagem. Assim, houve necessidade de tirar partido de vazios existentes na muralha, quando se poderia ter resolvido adequadamente a questão fazendo um pequeno roço de ligação interna. As paredes têm atualmente roços, mas a hipótese de se utilizarem os caminhos de cabos existentes não pode ser feita porque os diâmetros das cablagens aumentaram, de acordo com as especificações da lei.

Contudo, apesar desta imposição na recuperação da Catedral de Portalegre, há soluções díspares noutros edifícios patrimoniais, como é o caso do Mosteiro dos Jerónimos e do Museu Grão Vasco em Viseu. Assim, em situações equivalentes, regidas pelas mesmas leis, pelas mesmas regras da mesma instituição, as exigências e interpretações são estruturalmente diferentes.

Na altura da candidatura, o âmbito do Projeto "Rota das Catedrais" foi substituído pelo Programa Alentejo 2020 que financiou apenas 70% do total da obra, devendo as verbas ser utilizadas exclusivamente nas zonas de culto. O financiamento parcial apenas para obras nas áreas de culto, põe em causa a sustentabilidade social, económica e ambiental da intervenção, pois no projeto, pensado na globalidade, as áreas de não culto viabilizariam a sustentabilidade do conjunto.

Nota

Artigo completo publicado no dossier do ENCORE 2020 da Revista *Al-Madan*, n.º 23, 2020.

REABILITAÇÃO ARQUITETÔNICA COMO FERRAMENTA DE MEMÓRIA: ESTUDO DE CASO DO CASARÃO N.°336

ARCHITECTURAL REHABILITATION AS A TOOL OF MEMORY: CASE REPORT OF COLONIAL HOUSE NUMBER 336

Isabella Matos [(1)], Lívia Serra [(2)], Taynah Pacífico [(3)], Lúcia Nascimento [(4)]

(1) Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Brasil, isabellaksmts@gmail.com
(2) Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Brasil, serf.livia@gmail.com
(3) Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Brasil, taynahmacpac@gmail.com
(4) Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Brasil, luciamnascimentoarq@gmail.com

RESUMO

A cidade de São Luís, localizada na região nordeste do Brasil, fundada pelos franceses em 1612 e reconquistada pelos portugueses em 1615. A capital do estado do Maranhão apresenta um riquíssimo conjunto arquitetônico e urbanístico tombado pelo Governo Federal (1974) e Estadual (1990) e inscrita na Lista de Cidades Patrimônio da Humanidade pela UNESCO. Esse acervo arquitetônico foi "palco" do Programa de Preservação e Revitalização do Centro Histórico de São Luís, iniciado, pelo Governo do Estado, na década de 1980 e chegando até aos primeiros anos do século XXI.

Um dos projetos implantados foi a reabilitação de imóveis para receber o uso residencial, dentre estes imóveis, destaca-se o sobrado n.° 336. Este imóvel do séc. XIX, se localiza na Rua da Palma, Centro Histórico de São Luís, já passou por diversos usos ao longo dos anos, seja de Delegacia à moradia social. O mesmo tornou-se objeto de estudo dentro da Universidade, com o enfoque na contemplação de mudanças realizadas ao longo do tempo nesse edifício e propor um estudo preliminar para a cadeira de Intervenções e Edifícios Históricos.

Desta forma, o presente artigo visa realizar a análise sobre a importância da preservação e reabilitação de centros históricos, com ênfase em São Luís, no que diz respeito à gestão de programas governamentais ligados a essas áreas de atuação, como o Projeto Reviver, realizado em 1987 e o Programa de Preservação e Revitalização do Centro Histórico – PPRCH, e a relação que envolve os tipos de uso que podem ser empregados em imóveis de centros dessa categoria. Além disso, será feita uma comparação entre os programas implantados em São Luís e Lisboa. Como metodologia, foi aplicada uma observação estruturada em diferentes etapas: conhecimento do local, levantamento fotográfico e métrico resultando em um relatório de dados, além de pesquisa acerca os programas citados no artigo.

Palavras-chave: Reabilitação / Edificações / Centros Históricos

1. INTRODUÇÃO

O conceito de reabilitação urbana trouxe para a esfera do patrimônio uma grande conscientização quanto a importância do valor histórico, artístico e cultural de um edifício patrimonial, que se originou nos anos 60 e tomou forma ao longo dos anos, sendo incluído no planejamento territorial urbano. Posteriormente a reabilitação ganha um olhar mais apurado dos técnicos e passa a abarcar objetivos mais amplos, como afirma Rosário (2011):

> *"Inventariação, o planejamento urbanístico, a criação/adaptação de legislação e de regulamentos adequados, a sensibilização, a informação e o apoio à população através da implementação de uma política de preservação e reabilitação de edifícios antigos e sítios históricos e artísticos"* (Rosário, 2010, p. 28).

Entretanto, ainda que tenha avançado a exigência desses objetivos, a reabilitação ainda engloba uma visão mais restritiva da conservação e renovação do edificado, não acompanhando as necessidades e exigências da sociedade do planejamento urbano atual. No contexto do centro histórico da cidade de São Luís, há um certo conservadorismo por parte de órgãos públicos, administrativos e fiscalizadores, que podem restringir alguns usos particulares não compatíveis com as normas preestabelecidas pelos mesmos. Para tanto, a adaptação se faz necessária para que haja diálogo entre os antigos e novos usos, e que agregue as necessidades contemporâneas.

Desta forma, discutir Reabilitação Urbana na cidade de São Luís vem a ser necessário, uma vez que, fundada por franceses em 1612, possui um vasto acervo a céu aberto de uma arquitetura luso-brasileira considerada Patrimônio da Humanidade pela UNESCO. Por meados século XX, a cidade de São Luís deu um grande salto de desenvolvimento por outras partes da ilha e o Centro da cidade deparou-se com um período de esquecimento, acompanhado de vários casarões do conjunto arquitetônico em ruínas, bem como a própria estrutura urbana comprometida. Somente no final do século com o advento dos tombamentos Federais e Estaduais, com a intenção de retomar o significado do Centro Histórico de São Luís, iniciaram-se diversas discussões sobre como essa grande intervenção aconteceria. Com isso, o Estado juntamente com a Secretaria de Coordenação e Planejamento iniciaram o Programa de Preservação e Revitalização do Centro Histórico do São Luís, com projetos em diferentes fases pois o aporte financeiro era maior do que a demanda de 250 hectares e 5.500 edificações (Andrès, 2006, p. 109). Então, as intervenções iniciaram no início da década de 80 e se estenderam até 2006.

A prioridade inicial foi resgatar as partes mais degradadas do centro histórico, como por exemplo a região da Praia Grande. O projeto também contou com subprojetos que eram divididos de acordo com a demanda de reforma, já que a infraestrutura também estava em um mal estado de conservação. Foram criadas diretrizes que levaram em consideração a relevância da população local, o incentivo às atividades culturais, a possibilidade de haver habitação bem como uma atenção ao fator socioeconômico da área, além do próprio projeto do aspecto físico do Centro. Dentro da perspectiva dos programas, uma tipologia arquitetônica muito comum no centro histórico de São Luís é o Sobrado.

O sobrado surgiu a partir da necessidade de suprir um contingente populacional desabrigado na Europa e consequentemente foi trazido para a ilha para cumprir o mesmo objetivo. Dentro da formação arquitetônica do sobrado, sua característica principal é o acúmulo da função de morada e comércio, como foi analisado no casarão n.° 336, objeto de estudo deste artigo que trouxe uma visão mais empírica do funcionamento do mesmo e de sua transformação ao longo dos anos através da reabilitação.

2. LOCALIZAÇÃO E HISTÓRICO

São Luís, capital do estado do Maranhão, localizado na região Nordeste do Brasil, foi uma cidade fundada por franceses em 1612, surgiu a partir da implantação de um forte e de uma vila, ambos batizados de São Luís em homenagem ao Rei Luís IX da França, com o intuito de se estabelecer a França Equinocial em território brasileiro sob a liderança do Sieur de La Ravadière, Daniel de La Touche. A cidadela esteve sob domínio francês somente até 1615, quando os portugueses, sob o comando de Jerônimo de Albuquerque, retomaram o território originalmente lusitano. O período em que os franceses permaneceram em solo maranhense não foi suficiente para que houvesse a implantação da sua arquitetura e que fosse desenvolvido traçados urbanos mais elaborados, portanto, ficou a cargo do engenheiro militar Francisco Frias de Mesquita, responsável por projetar as fortalezas para proteção do local e pelo plano urbanístico da cidade, conduzir esse projeto ao princípio (Andrès, 2014).

> *"Verifica-se a uma característica comum aos demais episódios de fundação de cidades e vilas brasileiras: a participação decisiva de engenheiros militares no traçado urbano original, bem como a estreita relação entre a localização das fortalezas e o primeiro núcleo de habitação."* (Andrès, 2014)

O plano, que se caracterizava pelas quadras regulares, com média de 80 x 80 metros de extensão, e traçado ortogonal das ruas, atuou como plano diretor da cidade por muito tempo durante sua expansão. Não há registros originais do traçado de Farias de Mesquita, somente um mapa traçado por holandeses durante uma breve invasão, em 1641, por Maurício de Nassau. Em 1775, São Luís experimentou um acentuado crescimento econômico com a criação da Companhia de Comércio do Marquês de Pombal, potencializando as vendas das culturas locais, sobretudo cana-de-açúcar e algodão, implantadas por volta de 1619 por colonos açorianos nos primeiros momentos da colonização. Na primeira metade do século XIX "se tornou a quarta metrópole mais importante do Império, ao lado do Rio de Janeiro, Recife e Salvador" (Andrès apud Spix e Martius, 1828).

A capital maranhense possuía uma localização estratégica em relação à conexão com a Europa, principalmente a Península Ibérica, devido ao fato da proximidade geográfica e pelo benefício de algumas correntes marítimas. Além disso, tem-se o fato da capital ser a sede administrativa da região e um entreposto comercial, atraindo muitos comerciantes da elite a residir na cidade. Desta forma, houveram maiores incentivos na urbanização local e investimentos em infraestrutura para tentar reproduzir o padrão das cidades europeias nas quais essas pessoas costumavam viver. Os construtores contratados para trabalhar em casarões eram, geralmente, da cidade de Lisboa ou do Porto, reforçando a influência arquitetônica portuguesa ao se utilizarem de materiais importados como pedra de Lioz, azulejos e serralherias, estes que também desempenhavam a função de lastro dos navios à vela que se deslocavam para a cidade (Andrès, 2014).

A tipologia dos casarões ludovicenses é justificada também pelo fato do recorte temporal em que a maioria fora construída, coincidindo com o período de grande utilização da arquitetura pombalina, fato este que aproxima muito o conjunto arquitetônico encontrado em São Luís e o de cidades como Lisboa, por exemplo. Apesar das semelhanças, a arquitetura empregada na cidade brasileira se adaptava ao clima equatorial local, trazendo um conforto térmico que ainda é notado e admirado atualmente. As soluções estruturais se aproximam das técnicas empregadas em Portugal empregadas no período de reconstrução de Lisboa, liderada pelo Marquês de Pombal e, dependendo do grau de conservação de algumas edificações, ainda podem ser vistas em bom estado e funcionando como a princípio.

Hoje São Luís detém um dos maiores conjuntos de arquitetura colonial de origem portuguesa datado dos séculos XVIII e XIX, tombado pelo Governo Federal (1974) e Estadual (1990) e inscrita na Lista de Cidades Patrimônio da Humanidade pela UNESCO.

3. PROGRAMAS DE REABILITAÇÃO EM SÃO LUÍS

A cidade de São Luís uma vez reconhecida pela sua importância para o país e internacionalmente conhecida como potência econômica, cujo o Centro da cidade era tido como um ponto de concentração comercial e também residencial, configurado como o marco zero da cidade, apresentou por volta do final do século XX uma decadência e abandono frente ao restante da cidade, que continuava a crescer e desenvolver, principalmente em direção ao interior da ilha. Assim, as áreas mais antigas da cidade foram abraçadas pelo esquecimento e muitas ruínas compuseram a paisagem urbana do centro histórico, como evidencia Andrès (2006).

Ainda, supõe que os primeiros tombamentos (durante a década de 50 a 70) foram direcionados para essas áreas mais degradadas e mais valiosas no ponto de vista urbano e arquitetônico justamente para que essas fossem protegidas (Andrès, 2006).

A situação de parte do centro da capital estava a mercê de muitas complicações ligadas aos arruinamentos das estruturas urbanas. Apesar de

> "*... para que este conjunto sobrevivesse até os dias de hoje, muito contribuiu, ainda que de forma paradoxal, a conjuntura de estagnação econômica que se abateu sobre a região do meio norte brasileiro na primeira metade do século XX. A falta de recursos para a execução de obras inviabilizou aqui, ao contrário do que ocorreu em grandes cidades brasileiras, os movimentos de renovação urbana com as demolições de valiosas áreas históricas."* (Andrès,2006, p. 72)

Baseando-se nesse cenário, o planejamento das políticas de preservação e reabilitação foi iniciado com uma série de discussões debates acerca das condições urbanas da área, como compromisso do governo do Estado juntamente com a Secretaria de Coordenação e Planejamento resultando em projetos que se estenderam do ano de 1979 a 2006, passando por diversas mudanças de governos e não imune às mudanças de políticas governamentais bem como às fragilidades na gestão.

Embora o projeto Reviver tivesse suas diferentes fases de execução, também foi complementado com diversos subprogramas que dariam atenção mais específicas a alguns segmentos, como por exemplo o Subprograma de Promoção Social e Habitação no Centro Histórico de São Luís, Restauração do Patrimônio Artístico e Arquitetônico, Recuperação do Patrimônio Ambiental Urbano, Recuperação da Infra-Estrutura e Serviços Públicos entre muitos outros. Estes seguindo diretrizes para nortear a atuação:

1 – *Proporcionar a manutenção do uso de residencial nas áreas do centro Histórico.*
2 – *Intensificar as atividades de assistência e promoção de social e priorizar ações de fomento a geração de emprego e renda.*
3 – *Apoiar a instalação de centros profissionalizantes.*
4 – *Incentivar as manifestações culturais e educacionais mediante o estabelecimento de centros culturais e de criatividade e do fortalecimento das instituições públicas e privadas que se dedicam à ação e difusão cultural, bem como apoiar as manifestações artísticas de indivíduos ou grupos comunitários sediados na área.*
5 – *Restaurar e preservar o patrimônio arquitetônico e ambiental urbano do Centro Histórico, reintegrando-o à dinâmica social e econômica da cidade, em condições adequadas de utilização e apropriação social.*
6 – *Promover a revitalização econômica do comércio varejista, especialmente de gêneros alimentícios regionais e artesanato e das atividades relacionadas ao turismo cultural.*
7 – *Adequar as redes de utilidades, serviços e logradouros públicos: água, esgoto, drenagem, energia elétrica, telefone, limpeza urbana, transporte, saúde, segurança, praças e rede viária, de forma a beneficiar a população residente e usuários, propiciando ademais uma ocupação coerente e diversificada do centro histórico.*

8 – Dinamizar as atividades portuárias tradicionais, visando à revitalização das funções econômicas e culturais mais representativas do Centro Histórico, relativas à pesca artesanal e ao transporte hidroviário de passageiros e carga.

9 – Contribuir para o incremento do associativismo e consolidação das entidades de classe, de forma a garantir uma participação efetiva da comunidade no processo de preservação e revitalização do centro histórico.

10 – Garantir um processo permanente de avaliação crítica do Programa de preservação e revitalização do Centro Histórico de São Luís.

11 – Assegurar o compromisso político da administração pública quanto à inclusão dos temas relativos à restauração e à conservação dos bens culturais nos planos de governo estadual e municipal (Andrès, 2006, p. 102-103).

O projeto Reviver, iniciado em 1987, representando a terceira etapa do PPRCHSL foi uma continuação da tentativa de preservação e conservação do bem histórico da cidade de São Luís do Maranhão, e teve a princípio um momento de resgate das áreas mais degradadas e emergenciais, também foram realizadas algumas reformas de edifícios. Seguidamente, foram efetuadas intervenções mais incisivas como renovação de redes de água, esgoto e drenagem, instalações telefônicas e energia elétrica retiradas da superfície e substituídas por novas subterrâneas, reformas estas realizadas principalmente na área da Praia Grande e adjacências.

A estratégia de utilizar fotos antigas para que a morfologia dos casarões e da cidade não perdessem o seu traço foi utilizada, assim preservando a identidade original do conjunto luso brasileiro. Algumas ruínas que já não possuíam suas características originais foram demolidas e construídas praças no local.

Um dos grandes resultados do programa foi a fixação de famílias nos casarões restaurados, o que colabora na preservação por parte dos novos moradores. Dessa forma, São Luís aos poucos tenta resgatar os traços de sua genuinidade para que possa coexistir na atualidade.

4. RUA DA PALMA, 336



Figura 1 – Fachada do casarão n.º 336

Devido a um grande e acelerado crescimento populacional, foi necessário implementar nas grandes cidades

Europeias um modelo habitacional que suprisse a necessidade da população. Os conjuntos urbanos, seguiam modelos renascentistas, e tratavam se de

> *"conjuntos de edifícios, destinados ao comércio e residência, obedecendo a um projeto comum, de tal sorte que se tomados isoladamente, apresentam-se como edifícios de importância relativa. Mas no conjunto, adquirem uma monumentalidade, que até então havia sido privilégio dos palácios, tanto em termos arquitetônicos como urbanísticos"* (Viveiros Filho, 2012, p. 125 apud Reis filho, 1994).

Para tanto, o sobrado entra no conjunto urbano ludovicense seguindo a etimologia do seu nome, como um "espaço sobrado". Ou seja, se em uma casa com forro assoalho é possível ter diversos usos (um sótão, por exemplo, se for de telhado baixo), teremos então um sobrado, que dependendo da altura de pé direito pode ser considerado um sobrado normal e ter esse padrão repetido: formando "uma casa de um, dois ou três sobrados" (Viveiros Filho, 2012, p. 77).

Dentro da formação arquitetônica do sobrado, sua característica principal é o acúmulo da função de morada e comércio. Entretanto, a disposição deste dentro da construção poderia variar de acordo com cada região do Brasil. Em São Luís, se apresentava assim: comércio ao nível da rua (loja, depósito, etc.), ou seja, no primeiro pavimento e no segundo andar, a residência da família do proprietário (sala, quartos, varanda, cozinha, etc.). Sendo o terceiro andar destinado a residência dos caixeiros ou hospedagem destinada a fregueses vindo do interior (Viveiros Filho, 2012, p. 140).

Assim foi identificado o edifício aqui apresentado: o casarão n° 336. Que fica localizado na esquina da Rua da Palma com a Rua Henrique Leal no Centro de São Luís, Maranhão. O imóvel é do tipo sobrado de uso residencial e comercial com volumetria de 2 pavimentos, que se encontra em área de tombamento federal do Conjunto Arquitetônico e Paisagístico da Cidade e é parte integrante da área inscrita na Lista do Patrimônio da Humanidade/ UNESCO.

Este imóvel do séc. XIX já passou por diversos usos ao longo dos anos, seja de Delegacia à moradia social e foi escolhido como objeto de estudo dentro da Universidade, com o enfoque na contemplação de mudanças realizadas ao longo do tempo nesse edifício e propor um estudo preliminar para a cadeira de Intervenções em Edifícios Históricos. A partir de pesquisas feitas nos dados técnicos do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), traçou-se uma linha temporal das mudanças ocorridas no edifício, desde 1967 com o registro do Bem passado por herança, até os dias atuais (2020) adequado a moradia de cinco famílias.

Durante os anos de 1955 a 2000 o prédio passou a ser de propriedade da Secretaria de Segurança Pública do Estado do Maranhão, à época desativada havia pouco tempo, funcionava a Escola de Polícia Civil e a Delegacia de Costumes. Entretanto, no térreo funcionava ainda o Serviço dos Alcoólicos Anônimos. O casarão passou um longo período em péssimo estado de conservação e preservação, tendo o Estado recebido diversas notificações do IPHAN durante o período de tempo em questão. Já no ano de 2001, foi realizada uma reforma que propunha a criação de 06 lojas no pavimento térreo, lavanderia e coradouro, copa com banheiro, varanda e área livre, além das circulações e no andar superior a criação de 05 apartamentos de dois quartos além das circulações.

5. CONCLUSÕES

São Luís, e seu conjunto arquitetônico colonial, ainda enfrenta continuamente os desafios de uma cidade histórica no que diz respeito à conservação e preservação de seus sítios e é através de programas, como o citado Projeto Reviver, que o Poder Público busca superar alguns problemas de cunho físico, como manter a integridade dos casarões, e social, uma vez que a inutilização dessas áreas acaba por criar "vazios" urbanos em alguns locais. Muitas vezes, a questão do vazio urbano não se trata somente de regiões inabitadas, mas sim de áreas que

possuem habitantes e que não oferecem uma infraestrutura adequada para os mesmos e para o desenvolvimento como um todo da área. Notou-se que a aplicação do programa estudado no Centro Histórico de São Luís, se deu com o objetivo de buscar a reabilitação da área, a partir da conservação e preservação dos bens locais.

O imóvel usado como objeto de estudo, o casarão N.º 336, foi recuperado em uma das fases desse projeto, onde era priorizada a reforma de bens que estavam em maior grau de risco. Como uma das medidas adotadas, foi escolhido o uso do sobrado e então definido como uso misto, comercial e residencial. A escolha desse tipo de uso fez-se presente com a justificativa de que com a fixação de moradores no imóvel, o sentido de conservação pudesse ser, de alguma forma, restaurado ao apelar para o sentimento de apropriação por parte dos moradores, o que de fato se confirmou em alguns casos. A partir disso, entende-se que a conservação do patrimônio traz consigo uma combinação de significados e faz-nos entender a evolução destes ao decorrer do tempo. Transformar o espaço já edificado e consolidado é um desafio, pois além da intervenção física propriamente dita, há valores de raízes mais profundas que não podem e não devem ser postas de lado. A significância, a autenticidade e integridade, são considerados pela UNESCO os pontos essenciais para atribuir o valor ao que deve ser o Patrimônio Mundial.

REFERÊNCIAS

ANDRÉS, Luiz Phelipe de Carvalho Castro, 2006 – **Reabilitação do centro histórico de São Luís: análise crítica do programa de preservação e revitalização do centro histórico de São Luís/PPRCHSL, sob o enfoque da conservação urbana integrada.** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

ANDRÈS, Luiz Phelipe de Carvalho Castro, 2014 – **A Fundação de São Luis do Maranhão e o projeto urbanístico do engenheiro militar Francisco Frias de Mesquita**. In: *Revista Da Cultura*. N.° 23, p. 41-50.

ROSÁRIO, Andreia Abreu do, 2010 – **Reabi(Li)Tar Lisboa: contributos do programa local de habitação.** Orientador: Professora Doutora Maria Júlia Ferreira. 2010. Dissertação de Mestrado em Gestão do Território. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa. 552 f.

SALGADO NETO, José Bello; PFLUEGER, Grete Soares, 2012 – **Aspectos urbanos de São Luís: uma abordagem multidisciplinar.** Organizadores, José Bello Salgado Neto, Grete Soares Pflueger. São Luís: EdUEMA.

VIVEIROS FILHO, Francisco Fuzzetti de. 2012– **Urbanidade do sobrado: um estudo sobre a arquitetura do sobrado de São Luís**. Conselho Editorial, v. 184, 228 p. Brasília: Edições do Senado Federal

VILA SANHAUÁ EM JOÃO PESSOA – PB – BRASIL: ESTUDO DE CASO PARA A REQUALIFICAÇÃO DE CENTROS HISTÓRICOS NA AMÉRICA LATINA

VILA SANHAUÁ, JOÃO PESSOA – PB – BRASIL: CASE STUDY FOR THE REQUALIFICATION OF HISTORIC CENTERS IN LATIN AMERICA



Pier Paolo Bertuzzi Pizzolato

Centro Universitário Vale do Rio Ipojuca – UNIFAVIP Wyden Caruaru – PE; Centro Universitário Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Campina Grande – UNIFACISA – PB, Brasil, pier.pizzolato@gmail.com

RESUMO

O tema proposto para esse artigo avaliará por meio de visitas técnicas e da análise do projeto executado a ocupação de imóveis históricos no centro da cidade de João Pessoa, mais precisamente a recém-inaugurada Villa Sanhauá – intervenção da prefeitura municipal em oito casarões em ruínas localizados na rua João Suassuna, no bairro do Varadouro inserido na cidade baixa, início da ocupação portuguesa na região. Duas matrizes de análise se darão com ênfase: a verificação de um projeto coadunado com a requalificação urbana do bairro, averiguando a ocorrência da preservação dos valores culturais da população próxima e as soluções arquitetônicas que incidiram na viabilidade técnica e econômica da empreitada no intuito de reinserir habitações e comércios aos novos moradores e, assim, revitalizar o centro atualmente abandonado e desqualificado.

Palavras-chave: Patrimônio Histórico / Requalificação Urbana / Moradia / Pós-Uso

RESUMO ALARGADO

Intervir em centros históricos abarca uma gama de condicionantes de ordem socioeconômica e culturais que transpõem as considerações básicas para projetos urbanos ou arquitetônicos, o que é agravado quando se pretende restabelecer a população tradicional nestes centros tendo em vista a especulação imobiliária predatória vigente.

A região Nordeste do Brasil tem como característica, desde o século XX, remodelar seus centros históricos valorizando atividades de lazer, turismo, comércio e serviços. Isto provocou a introdução de construções estandardizadas que desrespeitam o entorno de edificações já consolidadas e afugentou os moradores originais, drenando a "historicidade" e a identidade destes lugares.

Nosso objetivo é avaliar a intervenção da Prefeitura de João Pessoa em oito casarões em ruínas localizados no bairro do Varadouro inserido em seu centro histórico consolidado. Para isso, utilizaremos duas matrizes de análise: a verificação da requalificação urbana do bairro, averiguando a ocorrência da preservação dos valores culturais da população próxima, e as soluções arquitetônicas que incidiram na viabilidade técnica e econômica da empreitada.

Nossa análise levará em conta a Carta de Lisboa de 1995, que define vários conceitos ligados à intervenção em centros consolidados buscando e busca um entrelaçamento programático entre eles, concebendo limites e especificidades para as ações nos âmbitos do espaço coletivo (renovação, reabilitação, revitalização e requalificação), como também, em sua escala menor, do edifício (reabilitação, restauro, reconstrução, renovação, conservação e manutenção), assim como os conceitos de Varagnoli, que lidam com as práticas contemporâneas de intervenção na preexistência edificada.

Nas últimas décadas foi possível verificar a ampliação das intervenções em centros históricos, tanto no Brasil quanto no exterior devido à conscientização da importância da preservação do patrimônio e a noção de sustentabilidade das políticas públicas e de investimento do setor privado. Não apenas é cada vez mais proibitivo a demolição de construções já existentes que carreguem ainda a potencialidade de serem reabilitadas como há a compreensão de estas edificações do passado não serem empecilho, mas sim, devem ser o *locus* das intervenções.

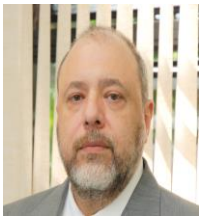
Mostraremos que nas intervenções da Prefeitura de João Pessoa no bairro do Varadouro, apesar do pouco tempo decorrido, há satisfação por parte dos moradores de ocuparem aqueles espaços, ainda que haja algum conflito com os usuários, e que há ainda necessidade de revitalização de áreas consolidadas considerando as potencialidades socioeconômicas latentes, de revisão justa do parcelamento do solo e de investimento em ações sociais para reabilitação das populações fixadas no local.

Nota

Artigo completo está previsto para ser publicado no dossier ENCORE 2020 da *Revista Cidades, Comunidades e Territórios* de meados de 2021 (site da revista: https://revistas.rcaap.pt/cct).

CONSTRUIR SOBRE O CONSTRUÍDO: LEVANTAMENTO NÃO DESTRUTIVO E DIAGNÓSTICO INTEGRADO PARA INTERVENÇÃO NO PATRIMÔNIO EDIFICADO

BUILDING ON THE BUILDING: NON-DESTRUCTIVE SURVEY AND INTEGRATED DIAGNOSIS FOR INTERVENTION IN THE PRE-EXISTED BUILDING

Guilherme Michelin [(1)], Valter Caldana [(2)]

(1) Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil, guilherme.michelin@mackenzie.br
(2) Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil, valter.caldana@mackenzie.br

RESUMO

A cidade de São Paulo possui 12 milhões de habitantes, distribuídos em 1,5 mil km^2. Em seu Centro Histórico coexiste uma quantidade gigantesca de imóveis subutilizados ou abandonados sendo, em 2018, 1.583 unidades com mais de 500 m^2. Considerados imóveis com menor metragem, ou incluídas outras áreas metropolitanas de interesse sócio-econômico-cultural, este número amplia-se vigorosamente, configurando um espaço fundamental para reabilitação, intervenção urbana e desenvolvimento de políticas públicas setoriais e transversais.

Envolto nesta paisagem, o trabalho aqui apresentado iniciou-se como pesquisa científica sobre uso de métodos de ensaios não-destrutivos (NDTs) em uma obra de restauro e teve seu espectro ampliado para um projeto de Extensão Universitária e prestação de serviços, capaz de intensificar o diálogo e aprofundar os benefícios que a universidade pode, e deve trazer para a sociedade.

Serão apresentados neste artigo os primeiros resultados deste importante caminho de desenvolvimento de metodologia de assistência técnica a proprietários ou usuários de imóveis de interesse sócio-econômico-cultural, tanto como ferramenta de auxílio à decisão de intervenção e negócios, quanto como instrumento de desenvolvimento de uma política publica eficiente para a conservação e preservação de patrimônio cultural edificado paulistano.

Palavras-chave: Reabilitação / Patrimônio / Preservação / Política Pública / Empreendedorismo

1. INTRODUÇÃO

A Arquitetura e Urbanismo, nosso ambiente de pesquisa, bem como o Design, estão integrados à grande área denominada Ciências Sociais Aplicadas, no sistema da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Esta área envolve os campos de conhecimento apoiados no tripé arte-ciência-tecnologia, trazendo uma forte relação entre teoria e prática em seus processos de criação e reflexão crítica enquanto essência de sua natureza. Desta forma seria de grande interesse fomentá-la, em especial quando pensamos em contribuições possíveis para o bem-estar da comunidade, nos pontos vinculados às suas questões socioculturais. (CAPES, 2016)

Sediado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie de São Paulo, Brasil, o *Laboratório de Projetos e Políticas Públicas | LPP*, é um grupo de pesquisa aplicada e, simultaneamente, um instrumento de ação que atua nas áreas inerentes ao desenvolvimento urbano em todas as suas escalas, desde o edifício até o planejamento regional, desde a habitação até o design de serviços, o saneamento e a mobilidade. Seu trabalho é fundamentado na transdisciplinaridade, na experiência profissional e acadêmica de seus componentes e na criação de metodologias específicas para o desenvolvimento de cada novo projeto em que se envolve, de forma que traz a associação entre pesquisa científica e atividades de extensão e prestação de serviços como elemento fundamental para a compreensão de sua atuação. Cada projeto se transforma num objeto de estudo específico que será tratado de acordo com critérios científicos rigorosos, com o intuito de que sirvam como elementos produtores de conhecimento, assim como receberá um tratamento técnico que responda, com agilidade e profundidade, às demandas que os geraram.

Sob este viés, surge o Projeto de Pesquisa Seminário Presbiteriano do Sul: canteiro de obras como ambiente de ensino, pesquisa e extensão, iniciado como uma pesquisa científica sobre uso de equipamentos e técnicas de Ensaios Não-Destrutivos, servindo-se como estudo de caso principal da obra de restauro de uma edificação tombada no Município de Campinas-SP, dentro dos limites do terreno onde está implantado campus da Universidade Presbiteriana Mackenzie naquele município. (Sobral, Michelin, Caldana, 2017).

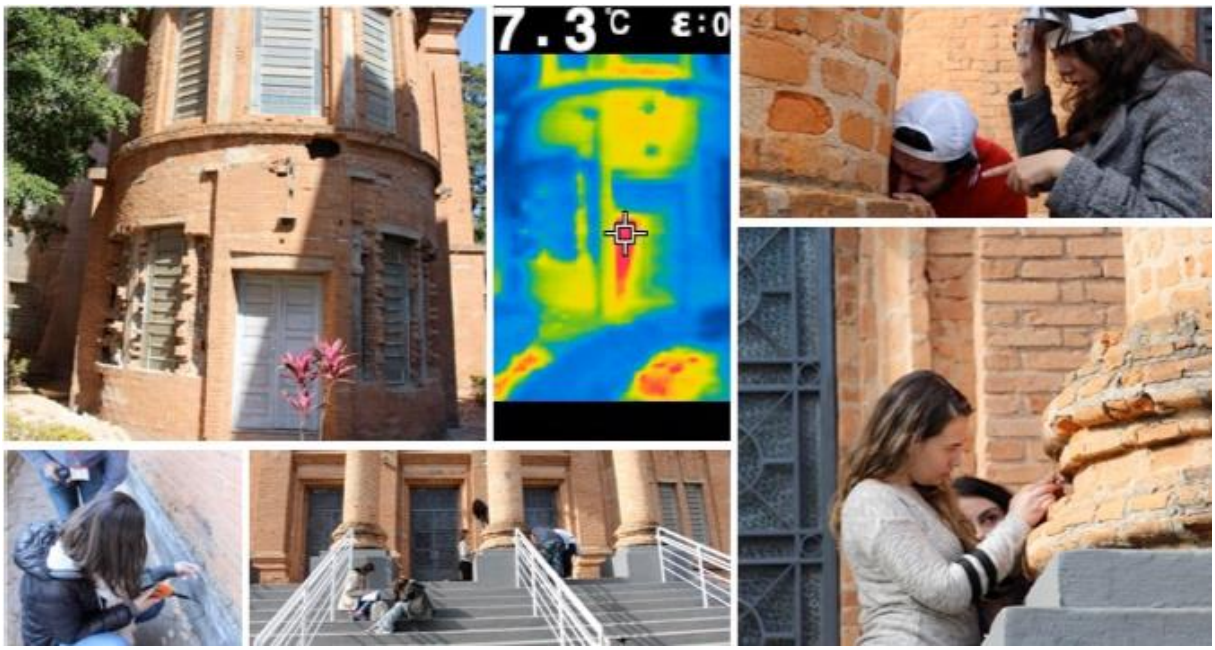


Figura 1 – Atividades de Ensino e Pesquisa com uso de ENDs durante obra do Seminário Presbiteriano do Sul
Fotos: equipe LPP/FAU-MACK

A partir dos resultados iniciais obtidos, e consciente das problemáticas e complexidades da cidade de São Paulo, onde situa-se o Laboratório, o projeto teve seu espectro ampliado para um projeto de Extensão Universitária e prestação de serviços, capaz de intensificar o diálogo e aprofundar os benefícios que a universidade pode, e deve trazer para a sociedade.

2. ALGUMAS QUESTÕES SOBRE INTERVENÇÃO EM PATRIMONIO EDIFICADO NO CENTRO DA CIDADE DE SÃO PAULO

A história de São Paulo inicia-se no ano de 1554. Entretanto, a cidade começaria a ganhar maior importância, efetivamente, no final do século XIX, a partir da expansão da malha ferroviária no período da exploração cafeeira no estado, e consequente intensificação do fluxo de imigrantes. Neste momento, passa de 31.385 habitantes, em 1872, para 239.820 em 1900. Outro momento interessante, digno de observação, está entre as décadas de 1950 e 1970, período de intensa urbanização brasileira, quando a cidade de São Paulo tem um crescimento quantitativo gigantesco, passando de 2.622.786 habitantes em 1950, a 12.588.725 habitantes ao finalizar a década de 1970 (Prefeitura Municipal de São Paulo).

Mas, como foi comum em diversas metrópoles mundiais, a região central de São Paulo, onde naturalmente coexiste grande parte dos bens de interesse histórico-artístico-cultural da cidade, encontra-se atualmente esvaziada, tanto em uso quanto em ocupação. No caso de São Paulo, diversos foram os fatores que impulsionaram esta situação, e certamente entre os principais está o deslocamento do centro financeiro para a Avenida Paulista, nos anos 1970, e posteriormente para a região das avenidas Berrini, Faria Lima e Marginal Pinheiros, nos anos 90 (Reis, 2004).

Esse crescimento populacional desenfreado, aliado às mudanças nos principais polos de atração populacional da cidade em tão curto espaço de tempo, colocou em risco a preservação do patrimônio cultural edificado, tanto pela necessidade de aumento de área construída em novas edificações para receber esses novos habitantes, quanto ao abandono de diversas edificações existentes, seja por falta de interesse nas centralidades abandonadas, ou por inadequação às novas necessidades de uso e ocupação para aquela área.

Para se entender melhor o impacto desta questão na preservação, é importante observar como se daria o avanço das políticas públicas setoriais, neste mesmo período. Por se tratar de um país com dimensões continentais e grande amplitude de especificidades socioculturais regionais, esse momento histórico trouxe consigo a necessidade de descentralização de ações de salvaguarda do patrimônio edificado, originalmente conduzido pelo órgão de preservação federal (atualmente IPHAN – Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional). São criados, então, os órgãos de preservação estaduais, no caso de São Paulo, o CONDEPHAAT (Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico Arqueológico, Artístico e Turístico), em 1968, e posteriormente dos órgãos municipais, neste caso, o CONPRESP (Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo), em 1985. (Fonseca, 2005).

Dentro do pensamento preservacionista da época, aliado ao risco de perda iminente de inúmeros patrimônios em virtude do avanço de ações predatórias do mercado imobiliário que vinham acontecendo com rapidez no Centro Histórico, os tombamentos estaduais e municipais passaram a ser realizados contemplando-se um raio de preservação de “Entorno” do Bem, de forma a manter características de sua paisagem e permitir sua correta visualização. Isto acabou por criar uma delimitação de preservação nesta região central configurada da seguinte maneira, explicita na Figura 2.

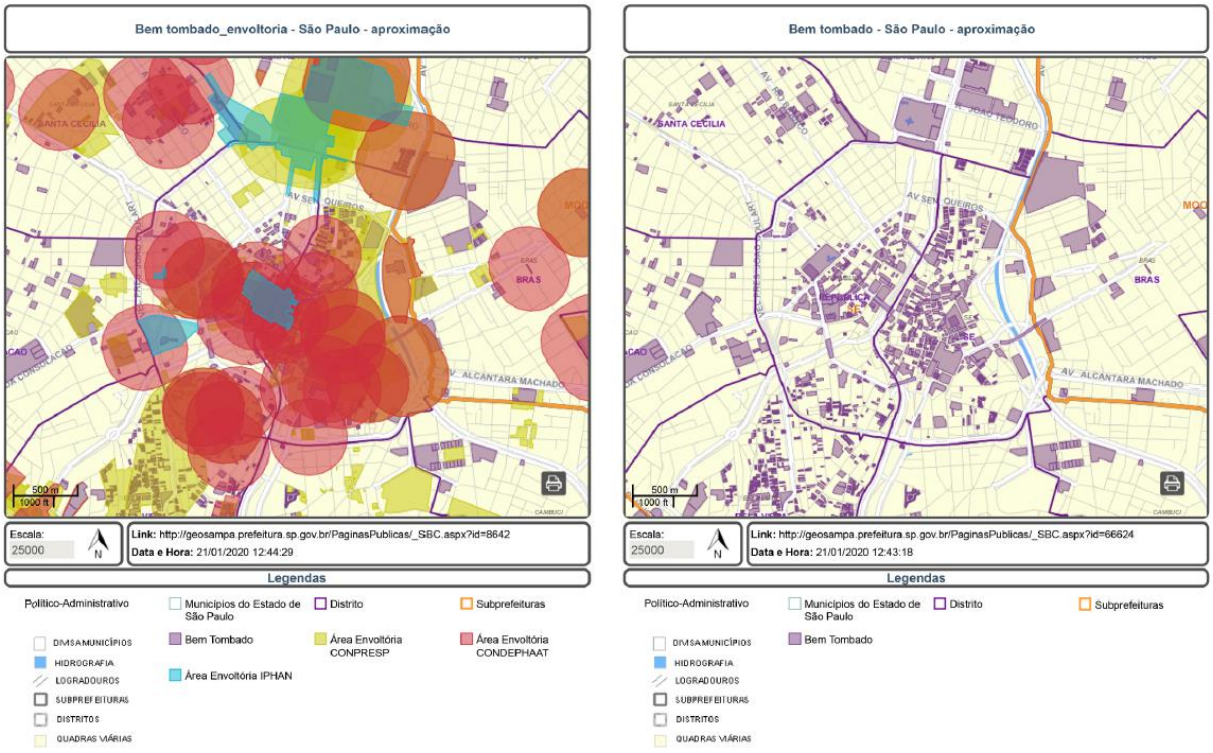


Figura 2 – Influência de legislação de Entorno de Bens Tombados (IPHAN / Condephaat / Conpresp) e Bens efetivamente tombados nos 3 níveis. Fonte: Geosampa, acessado em 21.1.2020

Esta ação, fundamental para salvaguarda do Patrimônio Cultural e de seu entorno na época de grande crescimento, traz agora questões que precisam ser revistas com urgência, e que vem impactando diretamente dois grupos de edificações: os bens excepcionais (tombados) e os edifícios em sua área de entorno. Enquanto o primeiro grupo possui naturalmente alguns tipos de incentivo para ações de intervenção, até por ser efetivamente tombado, os edifícios em área de entorno acabam possuindo muito mais dificuldades que benefícios. No entanto, afetam a todos igualmente as mudanças de legislação, tais como aquelas vinculadas à segurança e habitabilidade, que impõem a estes edifícios preexistentes grandes obras para adequação e aprovação de habite-se, o que encarece em muito a obra e o valor final do imóvel, fator impeditivo para eventuais possibilidades de negocio.

Aliado a isso, mais alguns problemas surgem para os interessados em intervir ou investir em um desses bens, tais como falta de organização e/ou sistematização dos dados existentes sobre as construções, falta de conhecimento efetivo da preexistência construída, dificuldade e custo de fiscalização de obras, falta de agilidade de aprovação de obras pelos órgãos de preservação, além de subjetividade e falta de critérios objetivos para aprovação destas intervenções.

A discussão sobre uma reocupação sustentável do Centro de São Paulo passa por diversos projetos e programas, tais como o surgimento da Associação Viva o Centro, o Programa de Requalificação Urbana e Funcional do Centro de São Paulo (ProCentro), a Operação Urbana de 1997, ou grandes obras como a Pinacoteca do Estado, a Sala São Paulo e o Museu da Língua Portuguesa, na estação Luz, além do controverso Projeto Nova Luz. No entanto, essas ações tiveram resultados acanhados, provavelmente por terem sido implantados de forma parcial ou, em alguns casos, terem sido desenvolvidos de forma pontual e pouco integradora. Esse assunto volta à discussão ganhando folego a partir da implementação do Plano Diretor de 2014, quando imóveis sem uso ou subutilizados passam a ser notificados oficialmente, expondo dados assustadores, com números apontando existir, em 2018, mais de 1.500 unidades abandonadas ou subutilizadas com área maior que 500 m^2 (Prefeitura Municipal de São Paulo, 2018), distribuídas conforme apresentado na Figura 3. Considerando-se imóveis com menor metragem

nesta mesma região, ou em outras regiões de interesse econômico-cultural, este número amplia-se vigorosamente, configurando um espaço fundamental para reabilitação, intervenção urbana e desenvolvimento de políticas públicas setoriais e transversais.

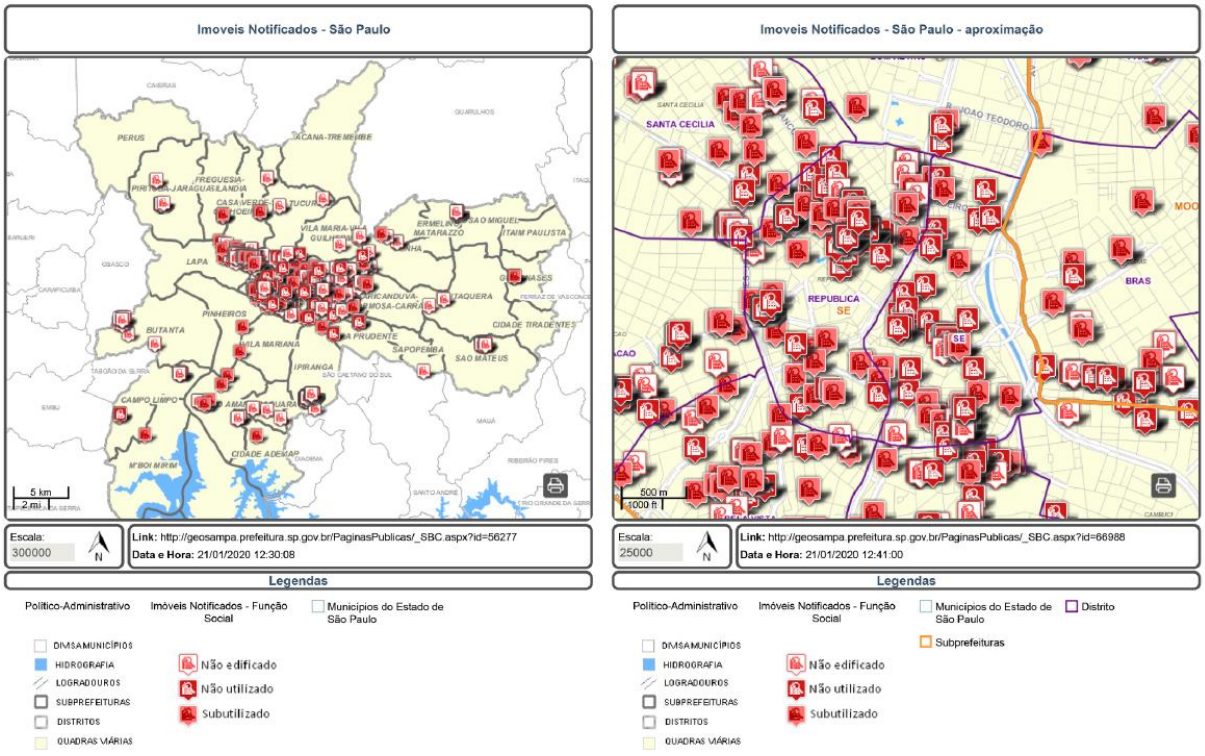


Figura 3 – Imóveis notificados em São Paulo, distribuidos pelo Perimetro urbano e com aproximação no Centro Histórico expandido. Fonte: Geosampa, acessado em 21.1.2020

3. CONHECENDO O OBJETO DE ESTUDO - DADOS E INFORMAÇÕES EXISTENTES E BUSCADAS

Conhecer a fundo a situação atual do objeto de estudo para que se possa tomar uma decisão bem embasada é fator primordial desta pesquisa. Sob este ponto de vista, em se tratando de edifícios preexistentes com interesse sócio-histórico-cultural, qualquer ação para alcançar este objetivo deve se limitar ao mínimo impacto tanto na vida cotidiana de seus usuários, quanto no próprio bem, quer ele seja considerado patrimônio cultural ou não.

Apesar de, não raramente, haver dificuldade em se encontrar projetos dos edifícios mais antigos, existe um conjunto de dados advindos da obrigatoriedade de apresentação de projetos em São Paulo, a partir do final do século XIX, abarcando o período em que grande parte dos edifícios centrais foram edificados. Um ponto prático a ser entendido, aqui, é que esse conjunto de informações não traz certeza alguma sobre o estado real e atual dos imóveis construídos, seja por sua materialidade ou mesmo estado de conservação atual.

Mas onde e como buscar estas informações?

Entendemos que elas podem ser dispostas em pelo menos dois grupos: dados existentes e dados a serem gerados. No primeiro, os dados existentes, podemos considerar as fontes primárias de pesquisa no campo de dados físicos (como plantas, projetos, cartas, mapas, iconografia, cartografia tradicional, etc.), e também no campo dos dados digitais, onde estão inseridos os bancos de dados de boa qualidade, como a camada de patrimônio histórico na base GEOSAMPA, conforme apresentado no artigo “Sobre bases de dados de bens tombados, preservação e o caso de São Paulo”, por Rolin e Kodaira (2019). Importante observar que em ambos os campos, físico e digital, existe uma quantidade desconhecida de informação, como dados que não foram ainda compilados, intervenções

posteriores à construção que não foram documentadas, além da incerteza, também desconhecida, sobre a execução dos edifícios estarem de acordo com os projetos originais.

Para suprir esta questão, é que tomaria lugar o segundo grupo de dados, foco desta pesquisa, contemplando a geração e interpretação de novos dados de interesse, a partir de técnicas e métodos que se utilizam de inspeções e Ensaios não-Destrutivos – ENDs (ou NDTs, sigla original para Nondestructive testing), definidos pela ABENDI – Associação Brasileira de Ensaios Não-Destrutivos e Inspeção – da seguinte maneira:

> técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los, sendo executadas nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção. Os END incluem métodos capazes de proporcionar informações a respeito do teor de defeitos de um determinado produto, das características tecnológicas de um material, ou ainda, da monitoração da degradação em serviço de componentes, equipamentos e estruturas. (ABENDI, 2020)

Apesar de grande parte destes equipamentos já terem uso consolidado nas industrias como as de óleo e gás e ferroviária, e mesmo na própria indústria da construção civil, tais como indicadores de temperatura, umidade, vibração, aquisição de imagens, etc., em nosso caso esses equipamentos e ensaios normalmente são utilizados de forma pontual e direcionada, com vistas a tomada de decisão local e/ou momentânea, não havendo um sistema, ou mesmo uma metodologia de uso e exposição pública destas informações.

Entendemos, também, que a grande questão a ser enfrentada não está na aquisição dos dados, especificamente, mas nas possibilidades de análise e diagnóstico destes resultados, principalmente quando visualizados de forma integrada, rápida, com custo adequado e, principalmente, capaz de integrarem-se e estarem acessíveis em rede.

São justamente essas informações, geradas a partir da aplicação de metodologia coerente e correto uso das novas tecnologias, já desenvolvidas ou passíveis de desenvolvimento, que serão capazes de apresentar uma "fotografia" da situação física atual do patrimônio edificado de interesse, configurando um espaço fundamental para apoio na tomada de decisão sobre a preservação e qualificação da preexistência construída para correta adequação às necessidades contemporâneas de uso e ocupação, tanto do ponto de vista da gestão, quanto dos negócios.

4. SOBRE O PROJETO DE LEVANTAMENTO NÃO DESTRUTIVO E DIAGNÓSTICO INTEGRADO PARA INTERVENÇÃO NO PATRIMÔNIO EDIFICADO

Entendendo a problemática da intervenção na preexistência edificada no Centro Histórico ou em áreas de interesse histórico-cultural de São Paulo, este projeto, como dito, objetiva propor metodologia singular de ação, visando prestar assistência técnica aos proprietários ou usuários de imóveis de interesse sócio-econômico-cultural, tombados ou não, a partir de equipe transdisciplinar e multiprofissional, fazendo uso de métodos e equipamentos de inspeção Não-Destrutiva e tecnologias inovadoras para análise, diagnostico e pré-avaliação de técnicas e custos de intervenção.

Propõe-se, para isso, atuar em duas frentes distintas e complementares: como ferramenta de auxilio à decisão destes proprietários e usuários, buscando em conjunto respostas para as hipóteses de conservar, vender, empreender, reformar, negociar, etc.; e, paralelamente, como pesquisa e desenvolvimento de material para subsidiar e fomentar a criação de instrumentos e politicas públicas eficientes para adequação e ocupação de edificações no centro de SP, com foco em edifícios que não sejam tombados, mas estejam implantados e impactados por áreas de entorno.

No entanto, para que se possa desenhar uma politica publica efetiva, coerente e fundamentada, fez-se necessário avançar em caminhos de embasamento técnico-científico capazes de englobar as questões de inovação tecnológica agregada às questões de interesse sócio-cultural, com apoio de profissionais e

pesquisadores de diversas áreas de conhecimento. Em virtude da transdisciplinaridade intrínseca ao tema, o avanço do trabalho trouxe de forma natural o surgimento de parcerias e criação de redes, entre elas a instalação da Comissão Técnica de Patrimônio Cultural (CTPC)[1], criada em parceria da FAU-Mackenzie com a ABENDI, unindo pesquisadores de diversas universidades, centros de pesquisa, profissionais da área, empresas prestadoras de serviço em NDTs, fabricantes de equipamentos, com "objetivo de fomentar a discussão sobre protocolos, métodos e tecnologias voltados ao diagnóstico e monitoramento do Patrimônio Cultural. Pretende também debater e elaborar práticas recomendadas, considerando o patrimônio cultural construído em suas diversas escalas" (ABENDI).

Neste processo coletivo, a pesquisa prática para desenvolvimento e posterior validação do método previu atividades de campo, a serem realizadas no campus da Universidade Presbiteriana Mackenzie, na cidade de São Paulo, e na Fazenda Lageado, na cidade de Botucatu/SP; além de atividades laboratoriais, a serem realizadas nos laboratórios da Universidade Presbiteriana Mackenzie e da ABENDI.

Estes dois conjuntos centenários, Mackenzie e Fazenda Lageado, foram escolhidos por apresentarem uma vasta gama de edificações construídas com materiais e técnicas diversas, contendo desde edificações em terra, madeira, alvenaria em rocha e tijolos, até edificações em concreto armado, construídas em diversos períodos, fundamental para os testes dos equipamentos escolhidos em ambiente real, com materialidade e degradação de materiais centenários em ambiente natural.

No caso da Fazenda Lageado, também por se tratar de uma antiga fazenda cafeeira edificada no ultimo quartel do Séc. XIX, que passou por uso como Estação Experimental Federal a partir da década de 1930, e atualmente uma das sedes da Universidade Estadual Paulista – UNESP (Michelin, 2010), também parceira neste projeto. Soma-se a esta questão, o evento climático de fevereiro de 2020, onde grandes chuvas castigaram o município de Botucatu/SP, causando grandes estragos no conjunto da Fazenda, trazendo a necessidade de desenvolvimento de um Plano Emergencial de Conservação Preventiva e Curativa, conforme indicado na Figura 4.



Figura 4 – Imagem do conjunto histórico da Fazenda Lageado com indicação das edificações principais e limites do Plano Emergencial de Conservação Preventiva e Curativa (Fonte: anotações do autor sobre imagem da Prefeitura Municipal de Botucatu)

[1] https://www.abendi.org.br/

Paralelamente, os laboratórios da FAU-Mackenzie e da ABENDI produziriam os corpos de prova para testes em ambiente controlado, etapa fundamental tanto para entendimento do funcionamento dos dados de saída dos equipamentos e treinamento de pesquisadores no manuseio correto dos equipamentos, quanto para o desenvolvimento de protocolos de calibração e validação dos resultados para os equipamentos nas diversas materialidades e estados de conservação que serão encontrados no patrimônio edificado, visto que originalmente eles são desenvolvidos e utilizados para analise de materiais industrializados como aço, madeira e concreto.

As pesquisas aplicadas, previstas para terem sido iniciadas em março tanto nas análises de campo quanto na criação e testes de corpos de prova, acabaram sendo proteladas em função da pandemia por COVID-19. Os levantamentos de campo, por se tratar de ações em espaços abertos, já estão sendo retomados de forma gradativa desde final de julho de 2020, enquanto os trabalhos dentro da universidade, no ambiente do Canteiro Experimental da FAU-Mackenzie, têm previsão de retomada apenas na primeira quinzena em setembro, conforme resolução do Governo do Estado de São Paulo.

A base de dados vem sendo montada a partir do escaneamento 3d do recorte do conjunto da Fazenda Lageado que apresenta necessidade de intervenção emergencial, conforme indicado na fig. 4. Nesta ação, desenvolvida com apoio da Faro Technologies, foram utilizados scanners 3d modelo Focus S 350 para levantamento do conjunto interno ao perímetro de estudo emergencial, incluindo-se as edificações. Foram também realizados sobrevoos com drone Phantom 4 PRO, com apoio de geólogo, pesquisador vinculado à Universidade de São Paulo (USP), para levantamento de imagens aéreas e incorporação dos resultados à nuvem de pontos.

A partir das análises primárias realizadas nas visitas de campo, e do desenvolvimento deste produto inicial, com dados geométricos e visuais, foram definidos os pontos para aplicação de métodos não destrutivos. Junto ao levantamento de danos e patologias através de análise visual, foram realizados os primeiros testes simples, como os realizados no projeto de SPS em Campinas, com equipamentos móveis e leves, tais como câmera fototérmica, medidor de umidade, entre outros. Na sequência, em vista agendada para setembro de 2020, será ampliado o alcance para equipamentos mais avançados e complexos, como: georadar GPR Live, Pundit Live Array Pro com variados transdutores ultrassônicos de velocidade de pulso, Profometer® & Profoscope, esclerômetros da empresa Proceq (também parceira no projeto).



Figura 5 – Levantamentos de campo realizados na Fazenda Lageado
(Fonte: arquivo pessoal Guilherme Michelin)

Estão sendo captados dados na avaliação dos edifícios em alvenaria de tijolos, paredes de taipa de mão, alvenaria de pedra (rocha), concreto armado da década de 1930 a 1950. A grande questão de uso dos ensaios não destrutivos iniciais com instrumentos portáteis para a avaliação em campo, neste caso, está focada em buscar e entender as tipologias dos dados coletados e as possibilidades de calibragem dos equipamentos, fato este que só será possível a partir dos estudos nos corpos de prova em laboratório. Desta forma, pretende-se realizar nova coleta de dados após estas ações, previstas para final do segundo semestre de 2020. Outro ponto de grande complexidade está na avaliação da tipologia de danos que alguns equipamentos, como os esclerômetros, ainda que de baixa energia de impacto, podem causar nos objetos de estudo.

Em uma segunda etapa de testes, serão realizados ensaios de geofísica, como análise sísmica em duas escalas, com uso de geofones no terreno e também nos edifícios, para avaliação das relações entre o terreno e as construções implantadas sobre ele, com previsão de serem executados ainda em 2020, durante a avaliação da segunda tomada de dados dos equipamentos portáteis.

5. CONCLUSÃO

A transformação de uma pesquisa acadêmica em uma ação de extensão real e objetiva, questão inicial abordada neste texto, tem auxiliado discussões importantes no âmbito acadêmico em nossa universidade, com relação às novas formas de ensino e preparação dos futuros profissionais para um mercado de trabalho que se modifica e atualiza-se cada vez mais rápido.

O uso de metodologias Não-Destrutivas de forma metódica e integrada, conforme proposto, tem surgido como espaço de grande interesse quando inserido no processo de projeto arquitetônico e de restauro, integrando a academia de forma direta à sociedade, aportando subsídios técnico-científicos para que as pessoas, profissionais ou proprietários, percam o medo de intervir na preexistência construída, seja ela tombada ou não.

Neste sentido, acreditamos que o espaço construído no centro de São Paulo é um ambiente de grande interesse e possibilidade de negócios, tanto para as edificações consideradas patrimônio, quanto suas áreas de entorno, visto que as novas legislações impedem que se construa, em área efetiva, tudo o que já foi edificado, ou seja, caso opte-se por demolir o existente para executar uma nova construção como é comum na cidade de São Paulo, ela não poderá alcançar o espaço construído já preexistente.

Assim, este trabalho tem servido também como base de apoio na discussão pública para construção de uma Lei de Requalificação de Edifícios Construídos na região central de São Paulo, capaz de se tornar um divisor de águas em sua reocupação qualificada e sustentável.

REFERÊNCIAS

ABENDI – Associação Brasileira de Ensaios Não-Destrutivos e Inspeção – www.abendi.org.br acessado em 16/1/2020.

FONSECA, Maria Cecília Londres, 2005 – **O patrimônio em processo: trajetória da política federal de preservação no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ/Minc-Iphan, 295 p.

MICHELIN, Guilherme Antonio, 2010 – **O reconhecimento de uma paisagem cultural: Fazenda Lageado, Botucatu/SP**. Dissertação de Mestrado. Campinas, SP: UNICAMP.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU – www.botucatu.sp.gov.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2020 – https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br acessado em 15.3.2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2018 – https://smul.prefeitura.sp.gov.br acessado em 25.3.2020

REIS FILHO, Nestor Goulart, 2004 – **São Paulo: vila, cidade, metrópole**. São Paulo: Prefeitura de São Paulo.

ROLIM, Mariana de Souza; KODAIRA, Karina Terumi, 2019 – **Sobre bases de dados de bens tombados, preservação e o caso de São Paulo.** Belo Horizonte: Anais do 3o Simpósio Científico do ICOMOS Brasil.

SOBRAL, Danielle; MICHELIN, Guilherme; CALDANA, Valter, 2017 – **Seminário Presbiteriano do Sul: Canteiro de obras como ambiente de ensino pesquisa e extensão**. Belo Horizonte: Anais do 5o Seminario Arquitetura e Documentação.

LA VIVIENDA SOCIAL DEL SIGLO XX COMO PATRIMONIO URBANO. EJEMPLO DE ACTUALIZACIÓN EN MADRID, COLONIA JUAN XXIII

THE SOCIAL HOUSING OF THE TWENTIETH CENTURY AS URBAN HERITAGE. UPDATE EXAMPLE IN MADRID, COLONIA JUAN XXIII




María Antonia Fernández Nieto [(1)], Jorge Gallego Sánchez-Torija [(2)]

(1) Escuela Politécnica, Arquitectura, Universidad Francisco de Vitoria, España, a.fernandez.prof@ufv.es
(2) Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, España, jorge.gallego@upm.es

RESUMEN

La vivienda social de mediados del siglo XX en España, y en el caso concreto de Madrid, supuso una emergente eclosión de modernidad. En esa época se firmaron obras brillantes que forman parte del patrimonio arquitectónico de la ciudad. Sesenta años después es necesario poner en valor su calidad arquitectónica y su carácter patrimonial. Algunas de dichas obras tristemente han sido demolidas. Otras necesitan adoptar medidas para responder a los actuales requerimientos de habitabilidad y eficiencia energética. Cómo renovar dichas viviendas para dar respuesta a las necesidades actuales es un reto del que no podemos desentendernos. La Colonia Juan XXIII en el barrio de Carabanchel de Madrid es un ejemplo destacado que surgió en dicho contexto. Sus autores incorporan referencias foráneas italianas "neorrealistas" o ejemplos de las "newtown" inglesas tras la segunda guerra mundial. Sus viviendas adoptan una tipología importada del London County Council denominada "scissors flat". Se presenta el estudio de caso de la reforma de una vivienda en dicha colonia que, con criterios de eficiencia energética, pone en valor el legado recibido de la arquitectura preexistente, actualizando la vivienda a los requerimientos actuales de seguridad, habitabilidad, confort y sostenibilidad. Este estudio de caso pone de relieve la necesidad de rescatar un patrimonio de la ciudad que por sus características sociales es especialmente sensible a la presión urbanística y de actualizarlo con la intención de que vuelva a ser atractivo para el ciudadano contemporáneo. La reforma ha sido premiada por el Colegio de Arquitectos de Madrid en la convocatoria del año 2019 demostrando que la intervención en el patrimonio es un ejercicio destacable para la profesión

Palavras-chave: Vivienda Social / Patrimonio Moderno / Habitabilidad / Sostenibilidad / Eficiencia Energética

1. INTRODUCCIÓN

La vivienda social de mediados del siglo XX en España, y en el caso concreto de Madrid, supuso una emergente eclosión de modernidad. Una joven generación de arquitectos que, poco a poco, comienzan a salir del país y que se fijan en la arquitectura que se realiza en el exterior, empiezan a construir vivienda social con un valor arquitectónico e histórico incuestionable (Díaz, 2002). Se realiza un importante esfuerzo por encontrar nuevas posibilidades de buena arquitectura para los alojamientos económicos, incorporando postulados del Movimiento Moderno al racionalismo madrileño en la agrupación de viviendas (Esteban, 1999). Baldellou considera acertadamente dicho momento histórico como de "furiosa investigación" (Baldellou, 1998).

La vivienda social de mediados del siglo XX que cuenta con un alto valor arquitectónico se constituye como patrimonio urbano que es preciso proteger. Por otro lado, es preciso intervenir dada su baja calidad constructiva y su deplorable estado de conservación, debidos a la limitación de medios con la que se realizó y al contexto socio-económico de sus habitantes (Moya, 2008). De hecho algún ejemplo notable de la vivienda social madrileña de mediados del siglo XX ha sido demolido por completo, como es el caso del Poblado de Absorción Fuencarral B, obra de Alejandro de la Sota, que fue demolido en 2006 (García, 2013) o en Poblado de Absorción de Fuencarral A, obra de Francisco Saénz de Oíza, demolido con anterioridad. En otros casos como la Unidad de Absorción de Hortaleza, obra de Fernando Higueras, tuvo un plan parcial publicado en el 2006 (García, 2015) que preservaba algunos de sus bloques modificando la estructura de las viviendas. Sin embargo a día de hoy el barrio se encuentra en un estado de semi-ruina y las obras no han comenzado sólo las demoliciones.

Las actuaciones sobre este patrimonio moderno pueden llegar por parte de la administración o por parte de sus vecinos ocupantes que en la mayoría de los casos son propietarios de las viviendas.

En estas ocasiones se han realizado intervenciones –de manera individual o comunidad de vecinos- tales como la modificación de fachadas y volúmenes, cerramiento de terrazas y tendederos, colocación de rejas y equipos de aire acondicionado. Dichas intervenciones desconfiguran el aspecto inicial de la obra y hacen, en ocasiones, irreconocible el proyecto original (Guillem, 2013).

Ante la demolición, el abandono o las intervenciones poco respetuosas con el proyecto original, cabe plantear como alternativa poner en valor su calidad arquitectónica y su carácter patrimonial. El estudio de caso que se presenta pertenece a una reforma de una vivienda particular por lo que la puesta en valor se realiza en aspectos interiores y no en la imagen general de la colonia. Sin embargo que los nuevos vecinos de la colonia valoren sus edificios permitirá que se acometan restauraciones y mejoras de los barrios respetuosas con el patrimonio que habitan.

2. ESTUDIO DE CASO

2.1. La Colonia Juan XXIII

La primera periferia de Madrid cuenta con edificaciones de gran calidad, tanto a nivel de ordenación como de tipologías de edificios y viviendas. Este es el caso de la Colonia Juan XIII en el barrio de Carabanchel de Madrid, cuya maqueta puede observarse en la figura 1.

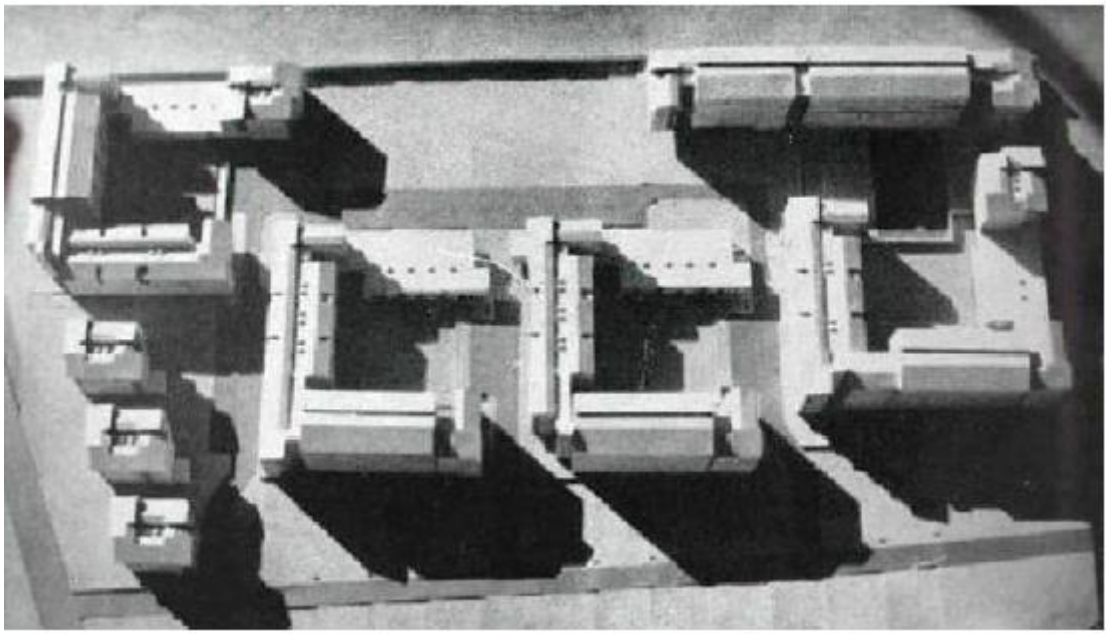


Figura 1 – Maqueta de la Colonia Juan XXIII (Fernández, 2006)

Sus autores, José Luis Romany, Eduardo Mangada y Carlos Ferrán, miembros del equipo del Hogar del Empleado, llegan a la mayor complejidad de diseño aplicando distintas escalas dentro de la ordenación. Incorporan referencias foráneas italianas "neorrealistas" (Benévolo, 1990) o ejemplos de las "newtown" inglesas tras la segunda guerra mundial (Fernández, 2019). El aspecto exterior que asemeja a dichas referencias puede apreciarse en la figura 2.



Figura 2 – Imagen exterior de la Colonia Juan XXIII (González, 1973)

Sus viviendas adoptan una tipología importada del London County Council denominada “scissors flat”. A las viviendas se accede a través de una generosa galería servida por un único ascensor. Desde la galería se accede al vestíbulo de la vivienda, desde el que se sube media planta para llegar a la zona de día: salón, cocina y terraza. Posteriormente se sube otra media planta para llegar a dos cuartos de baño que se colocan sobre la galería. A continuación se desciende media planta para llegar a la zona de noche donde se ubican tres dormitorios que abren a la fachada opuesta a la zona de día.

En la galería, la vivienda a la que se accede a continuación, tiene una disposición contraria respecto a las alturas. Desde el vestíbulo se desciende media planta para llegar a la zona de día, se vuelve a descender media planta para llegar a los cuartos de baño y finalmente se sube media planta para llegar a la zona de noche. De esta manera, la vivienda atraviesa por debajo de la galería. Ambas viviendas se colocan una encima de la otra.

La sección que se genera de esta manera tiene forma de tijera, pasando una vivienda por encima de la galería y otra vivienda por debajo, Con una única galería cada dos plantas se da acceso a viviendas pasantes, con ventilación cruzada, tal y como puede observarse en la figura 3.

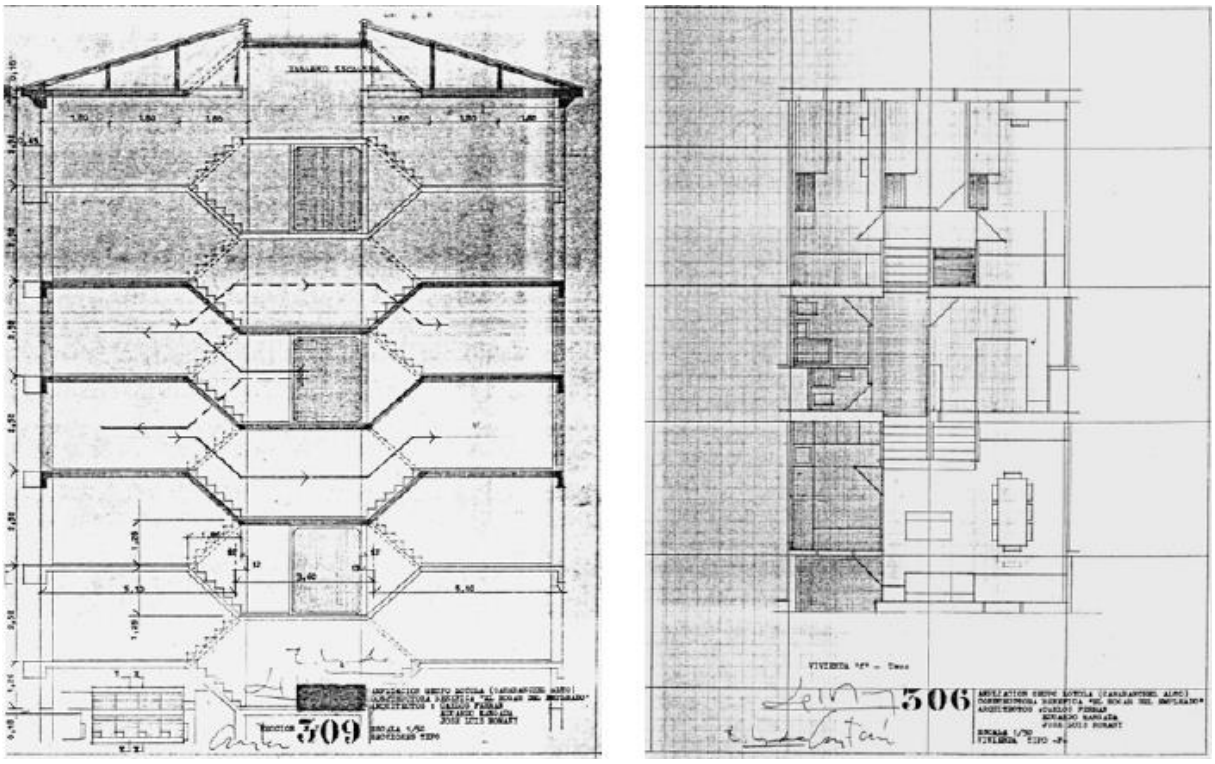


Figura 3 – Sección transversal del estado original y planta original de la vivienda tipo F (Fernández, 2006)

2.2. Reforma de la vivienda

La vivienda escogida como estudio de caso se trata de una vivienda ubicada en la última planta. A diferencia de las viviendas descritas anteriormente, al tratarse de una vivienda que sube por encima de la galería y no tiene otra galería por encima cuya vivienda baje, en la zona de los cuartos de baño tiene un dormitorio adicional, tal y como se observa en la figura 3.

La reforma llevada a cabo quiere potenciar la riqueza espacial de la vivienda original y libera aquellos tabiques que no resultan necesarios para la vida cotidiana. Se elimina el tabique de la habitación central más pequeña, el armario del vestíbulo de la zona de dormitorios y se modifica el techo de la escalera para conseguir mayor continuidad espacial entre las distintas alturas de la vivienda. La escalera cobra protagonismo al limpiarla de los tabiques que la encajonaban y se consigue así, tal y como se muestra en la figura 4 y en la figura 5, dar continuidad

espacial y visual entre la zona orientada al sureste del área de día con la zona noroeste de los dormitorios y hacer presente en la vida diaria su disposición pasante. También se logra disfrutar de los distintos niveles interiores y potenciar la ventilación cruzada que ofrece la doble fachada liberando de los obstáculos intermedios que dificultan el paso del aire a través de la vivienda como medida de refrigeración pasiva.



Figura 4 – Plano de la vivienda reformada (sección y planta). Vista interior del salón y la escalera de subida a la zona de los cuartos de baño antes y después de la reforma

Para conseguir dotar a la vivienda de continuidad espacial se utilizan dos estrategias. La primera se realiza en uno de los dormitorios, el que está por encima de la galería. Tal y como se observa en la figura 5, se separa del resto de la vivienda con dos sistemas, uno de vidrio que permite mantener los contactos visuales globales y otro de tela opaca que permite generar privacidad y oscuridad cuando es necesario.



Figura 5 – Vista del dormitorio superior con sistemas de cerramiento de vidrio y de tela opaca

La segunda estrategia se realiza en el dormitorio central de la zona noroeste. Se convierte en un estudio y, al

demoler su tabique, se logra su continuidad con la escalera y se obtienen visuales al salón. Estas dos estrategias permiten experimentar el largo total de la vivienda, casi 14 metros, tal y como se observa en la figura 6.



Figura 6 – Vista interior del pasillo del nivel superior antes y después de la reforma

Gracias a la situación de la vivienda en la última planta los baños pueden tener luz a través del patinillo de luces y la habitación por encima de la galería también recibe luz, tal y como se observa en la figura 7, lo que hace que a lo largo del día se pueda percibir los cambios de iluminación del sol.



Figuras 6 y 7 – Vista del largo total de la vivienda desde el estudio y de la iluminación solar en el cuarto de baño

En cuanto a la rehabilitación energética, al tratarse de la intervención en una única vivienda, se opta por realizar un trasdosado interior en el que se embebe el aislamiento térmico inexistente en el sistema constructivo original. Al estar ubicada la vivienda en la última planta, también se incorpora aislamiento térmico sobre el forjado superior, entre los tabiques palomeros por debajo del tablero de cubierta.

Las carpinterías de acero existentes se restauran. Aunque el marco original no tiene rotura de puente térmico, se opta por mantenerlo debido a su pequeño tamaño, imposible de encontrar en la actualidad. Así se logra evitar tener que reducir la superficie transparente del hueco. Eso sí, se sustituye la luna de 5 mm por un vidrio doble con cámara de aire. De esta manera se mejora la prestación térmica del hueco a la vez que se mantiene la estética original.

El sistema de calefacción existente, tal y como puede observarse en la figura 8, es de district heating, por lo que su eficiencia es más elevada que los sistemas de calefacción central o individual. Los equipos de producción de calor se albergan en una edificación exenta ubicada en el espacio que se libera en la colonia como explanada de juegos y punto de encuentro vecinal. La chimenea de expulsión de gases de la combustión se eleva por encima de las viviendas y cobra una importante presencia, al recibir un tratamiento escultórico. Al no tratarse de un sistema individual, la intervención en la vivienda no puede mejorar la eficiencia energética del sistema de producción de calefacción, que ya es bastante eficiente de por sí. No obstante, sí que se colocan válvulas termostáticas en los radiadores para regular la temperatura que alcanza cada estancia de manera individualizada. Se trata de evitar el sobrecalentamiento que se producen en algunas instalaciones centralizadas.

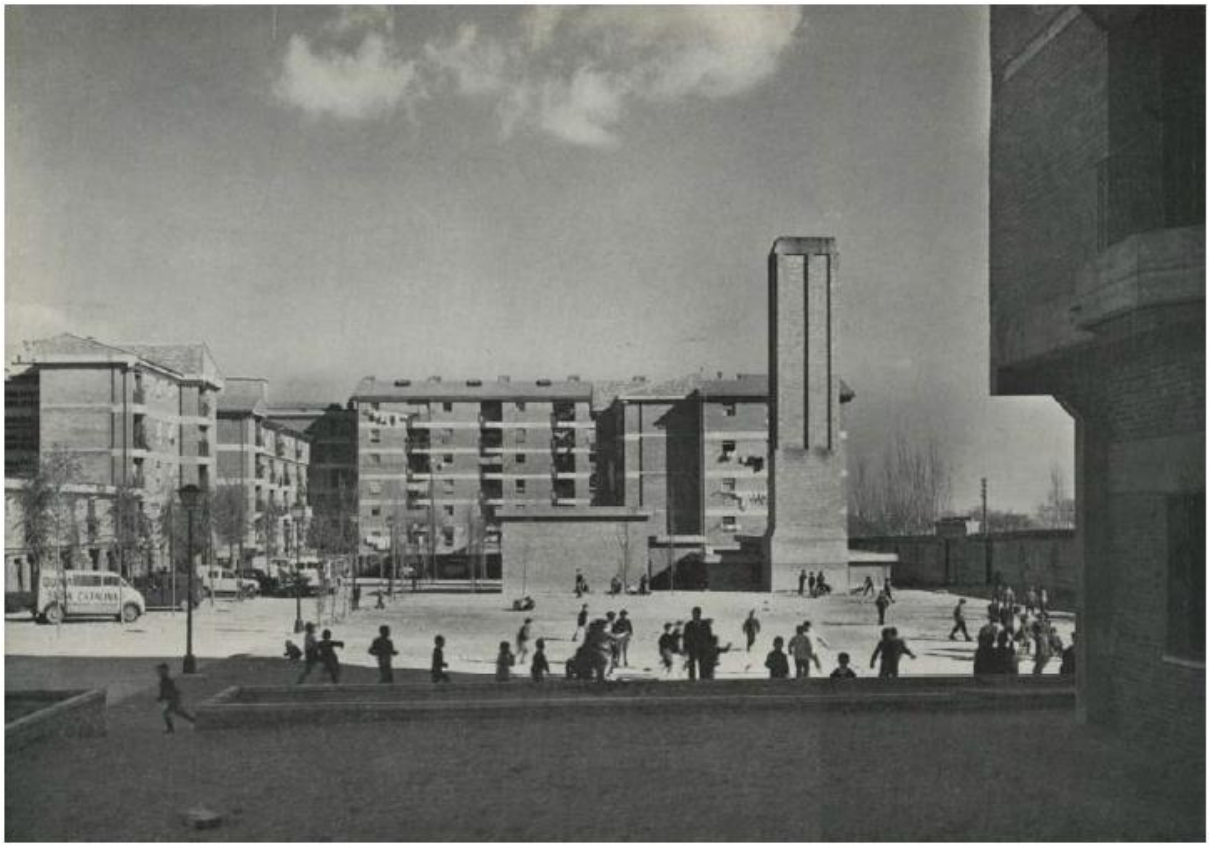


Figura 8 – Vista de la central térmica y de su chimenea de la Colonia Juan XXIII (Romany, 1967)

2.3. Discusión acerca de los aspectos energéticos de la reforma

La morfología original de las viviendas, con un factor de forma muy bueno debido a su compacidad y su condición pasante con orientaciones opuestas, permite reducir notablemente su demanda energética interviniendo sobre su envolvente térmica. Las estrategias utilizadas en el caso de estudio analizado se pueden extender a este tipo

de intervenciones adoptando la consideración de buenas prácticas.

Se ha mejorado el aislamiento térmico de la parte opaca de la envolvente térmica gracias a la incorporación de aislamiento en fachada mediante trasdosados interiores y en cubierta mediante colocación directa sobre forjado horizontal bajo cubierta. A su vez se ha mejorado el aislamiento térmico de los huecos de la envolvente térmica gracias a la sustitución de las carpinterías incorporando rotura de puente térmico y vidrios aislantes.

Para procurar reducir el consumo energético, se han colocado termostatos en los radiadores de manera que cuando éstos alcanzan la temperatura seleccionada, dejan de emitir calor. Desafortunadamente, la reducción de consumo lograda no se ve reflejada en la disminución de la factura energética a pagar por cada vecino debido a la inexistencia de una contabilización del consumo individualizada. Esto desincentiva llevar a cabo dicha medida.

Convendría poner contadores individuales que hagan responsables y conscientes a cada vecino de su propio gasto. Esta medida promovería las reformas particulares encaminadas a una reducción del consumo energético puesto que cada vecino lo notaría en sus gastos particulares.

La intervención en una única vivienda hace muy difícil la introducción de energías renovables, cuyo planteamiento debería hacerse a nivel de colonia o de bloque.

Dado que la colonia cuenta con calefacción de distrito, sería una decisión a adoptar por parte de la colonia la sustitución de la caldera de gasóleo por un sistema de cogeneración o incluso de trigeneración que fuera capaz de suministrar energía eléctrica y energía térmica a los vecinos.

Sería una decisión a adoptar por el bloque de 88 viviendas la incorporación de colectores solares en las cubiertas para producir agua caliente sanitaria o paneles fotovoltaicos para producir electricidad.

La introducción de energías renovables habría que plantearla a escala de bloque o de colonia, no de intervención a escala de vivienda.

En cuanto a la producción de agua caliente sanitaria, en el edificio está resuelta mediante calentadores instantáneos de gas y mediante termos eléctricos acumuladores. Aunque el gas es más limpio que el gasóleo y tiene mayor rendimiento y menos emisiones que la electricidad, se opta por disponer un termo eléctrico ya que permite, mediante la contratación de una empresa de suministro eléctrico cuya producción sea 100% renovable, obtener agua caliente sanitaria sin emisiones de CO_2. Se descarta la producción de agua caliente sanitaria mediante aerotermia debido a que los baños se encuentran en la parte central de la planta y alejados de las fachadas donde habría que colocar la unidad exterior del sistema.

Las medidas encaminadas al ahorro energético en la reforma han supuesto un 11% del presupuesto total de la reforma. La intervención en la parte transparente de la evolvente térmica ha supuesto un 8%, la intervención en la parte opaca de la envolvente un 2% y la intervención en la instalación de calefacción un 1%. Hasta que no se trasponga la directiva europea que obliga a individualizar la contabilización de consumos en instalaciones de calefacción centralizada no se va a ver reflejado en la factura el ahorro económico obtenido con la rehabilitación energética. No obstante, la mejora del confort obtenido gracias a las mejores condiciones de habitabilidad cuando no se enciende la calefacción central y a la disminución de la radiación fría de los vidrios al estar a mayor temperatura superficial interior, si que se percibe en la vivienda reformada.

Gracias a las intervenciones descritas, se puede acercar la vivienda a los estándares exigidos por el Código Técnico dado que la morfología de partida es buena. Además, el cambio en el número de miembros de las familias contemporáneas permite cambiar su distribución eliminando su compartimentación y adaptándola a las necesidades actuales sin mucha dificultad. Así, las mejoras en habitabilidad, comodidad y sostenibilidad van de la mano.

3. CONCLUSIONES

La vivienda social de mediados del siglo XX se realizó con un presupuesto muy ajustado, lo que implicó una calidad constructiva limitada. Dado las características socio-económicas de las personas que las habitan, no ha sido posible llevara a cabo el mantenimiento que dichas edificaciones necesitan. A pesar del valor arquitectónico de muchas de sus realizaciones, la política pública de vivienda no ha sido capaz de proteger el patrimonio construido que suponen los ejemplos más relevantes de la vivienda social de dicha época.

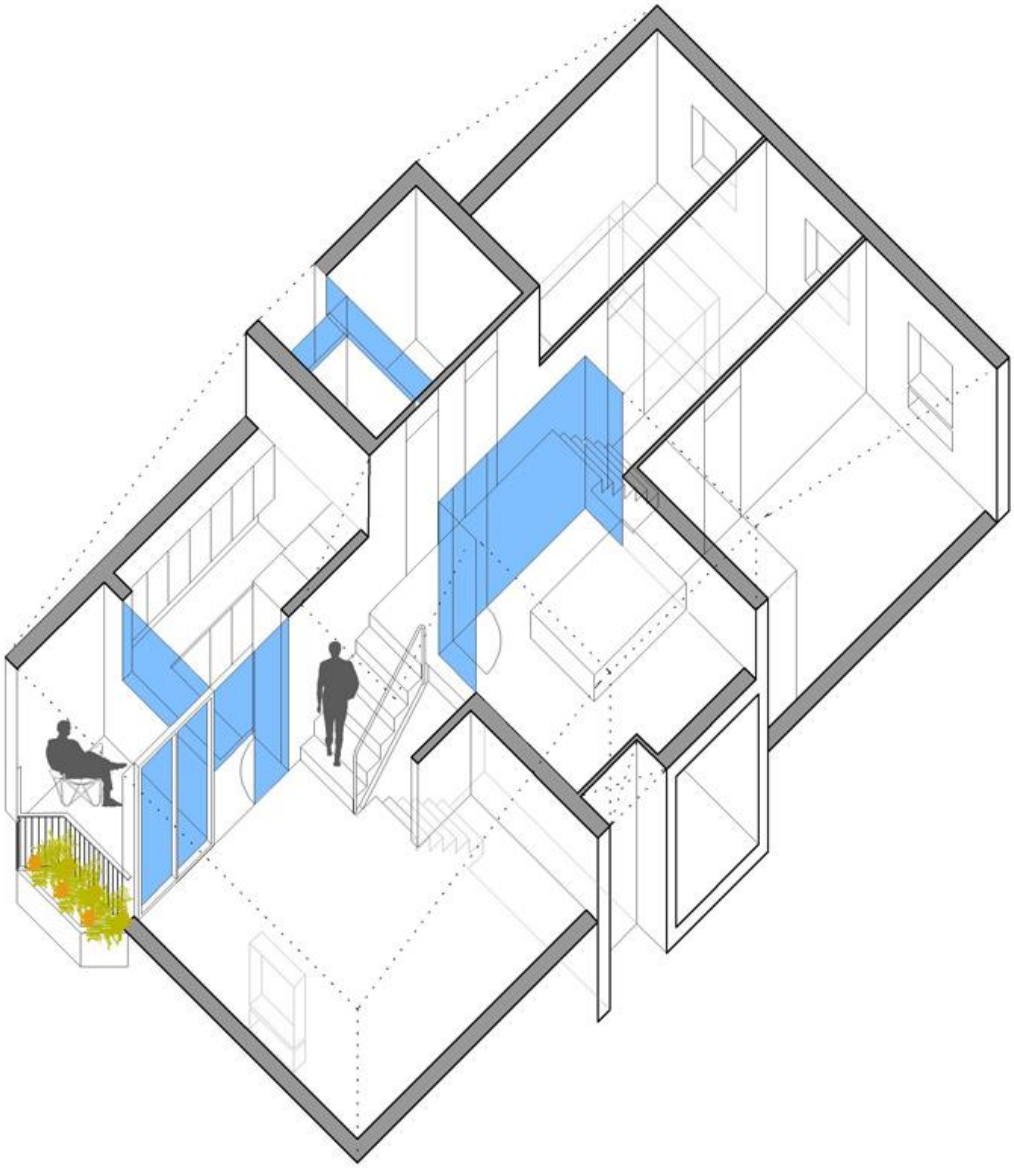


Figura 9 – Axonometría del conjunto de la intervención

Para que estos ejemplos de patrimonio moderno se preserven se necesita que tanto la administración se implique en ellos apoyando económicamente su restauración, como que las reformas por parte de los vecinos preserven y actualicen de forma sensible la arquitectura heredada.

Ante la demolición, el abandono o las intervenciones poco respetuosas con el proyecto original, se ha analizado una intervención alternativa que pone en valor la calidad arquitectónica y el carácter patrimonial de una vivienda situada en la Colonia Juan XXIII, en Madrid. Dicha intervención se ha realizado con criterios de eficiencia

energética, y ha servido para satisfacer los requerimientos actuales de seguridad, habitabilidad, confort y sostenibilidad.

Este estudio de caso pone de relieve la necesidad de rescatar un patrimonio de la ciudad que por sus características sociales es especialmente sensible a la presión urbanística y de actualizarlo con la intención de que vuelva a ser atractivo para el ciudadano contemporáneo.

La reforma, cuya visión de conjunto puede observarse en la figura 9, ha sido premiada por el Colegio de Arquitectos de Madrid en la convocatoria del año 2019 demostrando que la intervención en el patrimonio es un ejercicio destacable para la profesión.

REFERENCIAS

BALDELLOU, M. A., 1998 – **Madrid moderno. 1950/1965. La furiosa investigación**. Actas del Congreso internacional "De Roma a Nueva York: itinerarios de la nueva arquitectura española 1950-1965". Pamplona: T6, 59-66.

BENÉVOLO, L.; GALFETTI, M.; PUIGVEHÍ, A. P., 1990 – **Historia de la arquitectura moderna.** Barcelona: Gustavo Gili.

DÍAZ, J. L., 2002 – **La vivienda social en Madrid, 1939-1959.** *Espacio Tiempo y Forma. Serie VII, Historia del Arte*, (15), 297-338.

ESTÉBAN MALUENDA, A., 1999 – **La vivienda social española en la década de los 50: Un paseo por los poblados dirigidos de Madrid**. *Cuaderno de notas.* (7), 55-80.

FERNÁNDEZ NIETO, M. A., 2006 – **Las colonias del hogar del empleado: la periferia como ciudad**. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

FERNÁNDEZ NIETO, M. A., 2019 – **La Ciudad Horizonte, el desencuentro entre Sáenz de Oíza y el equipo de arquitectos del Hogar del Empleado.** Cuaderno de notas, 20, 133-144.

GARCÍA HERRERO, J., 2013 – **Intervenciones en el Poblado Dirigido de Fuencarral**. In *Jornadas internacionales de investigación en construcción: vivienda: pasado, presente y futuro: resúmenes y actas*. Instituto Eduardo Torroja.

GARCÍA OVIES, A., 2015 – **El pensamiento creativo de Fernando Higueras**. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

GUILLEM GONZÁLEZ-BLANCH, M. D. P., 2013 – **Tipología de vivienda en los poblados dirigidos de renta limitada: Madrid 1956-1959.** Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

GONZÁLEZ AMEZQUETA, A., 1973 – **Grupo Juan XXIII.** *Hogar y Arquitectura. 68*, 12-33.

MOYA, L., 2008 – **La vivienda social en Europa. Alemania, Francia y Países Bajos desde 1945.** Madrid: Paralelo Edición.

ROMANY, J. L.; MANGADA, E.; FERRÁN, C., 1967 – **Wohnquartier Joannes XXIII in Madrid.** *Baumeister Architektur Magazin* 6, 724-727.

REFLEXÕES EM TORNO DO USO DE NOVAS TECNOLOGIAS E METODOLOGIAS DE SENSORIZAÇÃO E MONITORAMENTO DO PATRIMÔNIO CULTURAL NA ÁREA CENTRAL DE SÃO PAULO

REFLECTIONS ON THE USE OF NEW TECHNOLOGIES AND METHODOLOGIES FOR THE SENSORIZATION AND MONITORING OF CULTURAL HERITAGE IN THE CENTRAL AREA OF SÃO PAULO

Guilherme Michelin [(1)], Ricardo Medrano [(2)], Bruno de Figueiredo [(3)], Felipe dos Anjos [(4)]

(1) Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil, guilherme.michelin@mackenzie.br
(2) Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil, ricardo.medrano@mackenzie.br
(3) Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil, bvandrade@live.com
(4) Universidade de São Paulo, Brasil, fc_anjos@live.com

RESUMO

A cidade de São Paulo possui quase 500 anos de história, e atualmente conta com 12 milhões de habitantes, distribuídos em 1,5 mil km². Seu espaço construído apresenta mais de 3000 bens tombados e em seu Centro Histórico coexiste uma grande quantidade de imóveis subutilizados ou abandonados, configurando um conjunto de grande relevância, cujo correto conhecimento é fundamental para reabilitação, intervenção urbana e desenvolvimento de políticas públicas. As ações de conservação e qualificação destes edifícios para adaptação a novos usos, funções e exigências contemporâneas, esbarram na falta de dados organizados e/ou dados específicos sobre o estado atual das edificações e ausência de monitoramento de seu estado e qualidade de usos em tempo real. Sendo assim, esta pesquisa tem o objetivo de pensar como superar esses desafios unindo os conceitos de conservação, preservação e restauro do patrimônio cultural edificado, a conceitos de inovação, sustentabilidade e captação, tratamento e visualização de dados. A partir da constatação de que há dados disponíveis, mas que estão pouco sistematizados, somado à disponibilidade de dados provenientes de outras fontes, de novas tecnologias e de conhecimento, como na área de Big Data e Inteligência Artificial, acreditamos ser possível uma visão de conjunto desses bens (portanto, que transcenda a simples soma dos casos isolados), assim como a possibilidade de um acompanhamento em tempo real de suas condições. E, desta forma, aumentar o conhecimento sobre esse patrimônio e fundamentar o desenvolvimento de ações eficientes para a conservação e preservação do complexo patrimônio histórico-cultural no Brasil.

Palavras-chave: São Paulo / Patrimônio Histórico e Cultural / Monitoramento da Saúde Estrutural / Big Data / Inteligência Artificial

1. INTRODUÇÃO

A fundação da Cidade de São Paulo remonta ao ano de 1554. Com quase 500 anos de história, com ampla multiplicidade e miscigenação cultural, a cidade começa a ganhar maior importância apenas no final do século XIX, a partir do período da exploração cafeeira no estado e intensificação do fluxo de imigrantes, quando passa de 31.385 habitantes, em 1872, para 239.820 em 1900. Também é importante ressaltar o grande crescimento quantitativo da cidade durante o intenso período da urbanização brasileira, entre as décadas de 1950 e 1970. A metrópole passa, nesse período, de 2.622.786 habitantes em 1950, a 12.588.725 habitantes ao finalizar a década de 1970.[1]

Com isso, o desenho de sua paisagem vem sendo produzido a partir de diversas camadas históricas sobrepostas, capaz de unir, em um único conjunto, os remanescentes da paisagem natural original onde se iniciou a ocupação humana, o desenho urbano inicial da ocupação (no caso do Centro Histórico) e os edifícios construídos nos diversos períodos de sua história.

Mas, como aconteceu com diversas metrópoles, a região central de São Paulo encontra-se atualmente esvaziada, processo que se acelerou entre os anos 1980 e 90, quando o distrito da Sé (que contém o Centro Histórico de São Paulo) teve sua população total reduzida de 526.170 habitantes, no censo de 1980, para 373.914 habitantes, em 2000, uma queda de quase 30% no total (IBGE). Apesar de notar-se uma pequena retomada na ocupação a partir de 2000, ainda existe uma considerável área construída sem uso ou subutilizada nesta região, onde estão incluídos grande parte dos bens de interesse histórico-artístico-cultural da cidade.

Um dos fatores que impulsionou essa situação de "esvaziamento" da região central de São Paulo foi o deslocamento do centro financeiro para a avenida Paulista, nos anos 1970, e posteriormente para a região da avenida Berrini, anos 1990 (Reis, 2004). A implementação do Plano Diretor de 2014, quando imóveis subutilizados passaram a ser notificados oficialmente, expõe novamente este problema, apontando aproximadamente 1.500 unidades com área maior que 500 m^2 abandonadas ou subutilizadas, sua maioria implantada na região central da cidade (Prefeitura Municipal de São Paulo, 2018). Inserindo-se imóveis com menor metragem, este número certamente amplia-se vigorosamente.

Esse desenho de cidade, em nosso entendimento, faz com que a região do Centro Histórico de São Paulo seja muito melhor caracterizado pelo seu conjunto, do que pelos bens excepcionais representativos de cada um destes momentos. Neste sentido, uma solução efetiva para sua qualificação deveria se dar a partir de uma abordagem enquanto um conjunto "que possui bens excepcionais", e não como conjunto "de bens excepcionais". Isso afeta proprietários, projetistas, investidores, mercados etc., rebatendo-se diretamente na capacidade de preservação do patrimônio cultural.

Partimos também da constatação de que não há uma sistematização das informações e dados sobre o estado atual desse patrimônio, o que dificulta sua apropriação e uso contemporâneos. Por um lado, dificultando a definição de políticas públicas bem informadas, por outro, contribuindo à relutância de investidores privados. Ambos são empecilhos à valorização e preservação desse patrimônio.

Informações de projeto e desenho, dados cadastrais, dados de arquivo são as bases mais usuais de informação sobre o patrimônio construído. Contudo, demonstram em sua disponibilidade certas insuficiências para uma análise mais sistemática da realidade urbana contemporânea. Duas descontinuidades exemplificam essas insuficiências: a descontinuidade espacial, que imprime nas cartografias limites de gestão como se fossem limites

[1] http://smul.prefeitura.sp.gov.br/historico_demografico/tabelas/pop_brasil.php.

de dinâmicas territoriais; e a descontinuidade temporal, que se acentua como limitação diante da velocidade das mudanças nos territórios urbanos.

Do ponto de vista da escala, para São Paulo já estão disponíveis diversos dados *on line* georreferenciados, em particular através do portal GEOSAMPA. Entretanto, são dados na escala urbanística, nunca "entrando" no edifício. Ou seja, podemos identificar uma limitação dos dados atuais por não levarem em consideração características de análise arquitetônica, tais como fluxo, a experiência sensorial, a ocupação, saúde estrutural. Em outras palavras, como gerar fluxos de dados coerentes com o ambiente construído? Como produzir uma materialidade híbrida entre bits e átomos, como caracteriza Picon (2015)? Como utilizar tais dados para repensar o ambiente construído, em um trânsito mútuo entre o digital e o físico?

2. A CIDADE EM REDE

Paralelamente, devem-se observar as transformações no próprio conceito de cidade em que vivemos. As cidades contemporâneas se distinguem das configurações de algumas décadas atrás por articular, formando um elo cada vez mais intenso, as dimensões física e digital. Da cidade das redes de infraestrutura da era industrial passamos à cidade inteligente, sob o influxo da tecnologia digital (PICON, 2015).

Michael Batty (2013) já havia formulado a ideia de que aquilo que durante muito tempo chamamos "cidade" deve ser reproposto, na medida em que agora as "cidades são lugares onde pessoas se unem para 'interagir' umas com as outras" (Batty, 2013, p. xvii). Consequentemente, é necessário incorporar o estudo das redes, interações, conexões, transações, etc., as quais produzem uma quantidade enorme de dados, os quais, por sua vez, podem ser utilizados para a preservação do patrimônio histórico.

Este desenvolvimento ocorre tanto nas novas ocupações e arquiteturas, como também naquilo já existente. A definição proposta por Corboz (2015) de "hipercidade" nos parece adequada, já que além dos fenômenos da dispersão também inclui a densidade que herdamos, e os centros históricos.

Portanto, já não é mais possível raciocinar em termos de manchas físicas delimitadas. Pelo contrário, as redes digitais introduzem uma dimensão de ubiquidade ao sistema, pois muitas atividades podem ser realizadas em qualquer lugar, incorporando também a noção de movimento às interações entre o físico e o digital (Cacciari, 2010). Isto difere da cidade industrial, na qual diversas atividades tinham sua localização específica, como indústrias, comércio, habitação, etc., trazendo, então, a necessidade de repensar usos e funções dos centros históricos, que tem padecido grandes transformações diante dessas novas condições. O olhar "convencional" sobre essas pré-existências precisa ser mudado.

Se até pouco tempo atrás os dados cadastrais e as análises particulares *in loco* eram as principais fontes de informação, agora é possível obter dados dos inúmeros dispositivos conectados às redes. Podem ser dados de celulares, de sensores, câmeras, das operadoras de cartões de crédito, e muitos outros. Isto permite ampliar enormemente o espectro de fontes dos dados, inclusive quanto à possibilidade de monitoramento em tempo real do estado e alterações que porventura possam ocorrer nesses bens.

Isto é possível cada vez mais porque, além das redes, houve um grande barateamento e disponibilidade de sensores ou outros instrumentos capazes de gerar esses dados. Como raciocinamos em termos de ensaios e inspeções não-destrutivas, que permitiriam realizar análises e testes sem interferência física nos bens (que é exigência em nosso caso, já que se trata de bens culturais), é razoável supor que haja um grande desenvolvimento tecnológico em tempos próximos.

Compreendemos que uma postura pragmática em relação a esse desenvolvimento tecnológico se faz necessária. Por um lado, é necessário apreender a insuficiência do solucionismo do Vale do Silício. (Morozov, 2018) Não basta explorar comercialmente os dados para que eles possuam relevância do ponto de vista do interesse

público. Por outro lado, condenar a priori a utilização de tais dados como possíveis violações de privacidade apenas relegam sua exploração ao setor privado. Informações geolocalizadas sobre padrões de deslocamento e consumo estão sendo captadas, e é do interesse de todos sua disponibilização, preocupando-se com os necessários cuidados de anonimização.

Entre as principais potencialidades existentes, citamos o uso de Big Data e Inteligência Artificial, visto que o armazenamento, análise, processamento e exportação de dados em uma linguagem de códigos possuem um potencial a ser explorado no monitoramento do patrimônio cultural edificado pela sua capacidade de subsidiar as tomadas de decisões no que tange a preservação.

Luis Bettencourt (2014), argumenta sobre as possibilidades no uso de dados para o planejamento e tomada de decisão. Para este autor, situações simples, com escalas temporais e espaciais menores e mais fáceis de controlar, podem ser automatizadas por um sistema de dados e resolvidos mecanicamente.

Em se tratando de bens de interesse cultural edificado, os dados buscados devem ser gerados por métodos e quipamentos sem nenhum ou mínimo impacto no bem, como inspeções não destrutivas (NDTs) e Monitoramento da Saúde Estrutural (SHM). É possível utilizar esses dados de maneira relacional, que podem indicar informações e padrões para automatizar processos de análises desses indicadores em NDTs. Machine Learning[2] pode ser utilizada em programas de análise para leitura desses dados e detecção de padrões, correlações, agrupamentos, contagens, estatística. Como colocado por Bettencourt (2014):

> *Se soubermos o ponto operacional para um sistema (evitar colisões), e tivermos os meios de operar neste sistema, à medida que vemos seu estado mudar, por feedback loops, podemos, em condições gerais, transformá-lo em um problema simples. As condições cruciais se encontram na possibilidade de medições e reconhecimento de problemas à medida que estes aparecem (carro se aproximando), e agir para realizar as correções necessárias (frear ou sair do caminho, assim evitando uma colisão).*

A inteligência artificial (IA) é aqui incorporada como um desdobramento da tecnologia digital, cada vez mais presente no cotidiano, por exemplo nas câmeras fotográficas dos celulares. Compreendemos sistemas dotados de alguma IA como aqueles nos quais há autonomia e adaptatividade. Sistemas autônomos, no sentido de serem capazes de realizar tarefas sem orientação constante do usuário, e adaptativos por melhorarem sua performance através da própria experiência[3]. Pensar um sistema como o proposto aqui deve necessariamente considerar um progressivo aumento do uso de IA em boa parte das ações de análise e intervenção.

Por último, articular os meios físico e digital exige novas formas de expressão gráfica. Em particular, no caso das redes, é através do design gráfico que é possível ler e entender os fluxos nas redes (LIMA, 2013). Para isso novas linguagens foram desenvolvidas, que em nada se parecem com as cartografias que conhecemos há séculos. Está em curso uma revolução nesse campo (Hessler, 2015). Tal condição possibilita um olhar ao mesmo tempo mais extenso e mais profundo, qualidades contraditórias na noção de escala dos produtos gráficos analógicos.

Portanto, pensar um sistema de dados e monitoramento do patrimônio exige também propor e desenhar as cartografias mais adequadas de registro e análise dos dados disponíveis. A base de dados GEOSAMPA representa um avanço nessa direção, congregando dados públicos de diferentes naturezas em arquivos georreferenciados em formato padronizado, para exploração de pesquisadores ou projetistas.

---

[2] De acordo com o dicionário Cambridge, trata-se do processo de aprendizado do computador. O computador muda conforme executa tarefas através de novos dados gerados, sem precisar de ações humanas.

[3] Tal definição é a usada no curso “Elements of AI”, oferecido online pela Universidade de Helsinque. Sem autor definido e aqui traduzido livremente.

3. UMA APROXIMAÇÃO À CIDADE DE SÃO PAULO

Como um exemplo simples e de fácil visualização das possibilidades de uso de dados para realizar análises de conjunto dos bens da área central de São Paulo, mostramos aqui alguns mapas produzidos através de dados públicos disponíveis na plataforma GEOSAMPA. Mais do que um exemplo de abordagem, tal aproximação pretende demonstrar a ordem de grandeza dos dados a serem monitorados em três distritos centrais da cidade de São Paulo. Ou seja, procuramos aqui melhor compreender a escala dos impasses da salvaguarda nesse território e justificar o desenvolvimento de técnicas de automação com informações que não são hoje monitoradas.

Em se tratando de área com grande existência de bens tombados, ou em zona de influência de seu entorno (Figura 1), a busca por informações iniciais passa naturalmente pelos órgãos de preservação, neste caso específico, IPHAN (nível federal), UPPH/CONDEPHAAT (nível estadual) e DPH/CONPRESP (nível municipal).

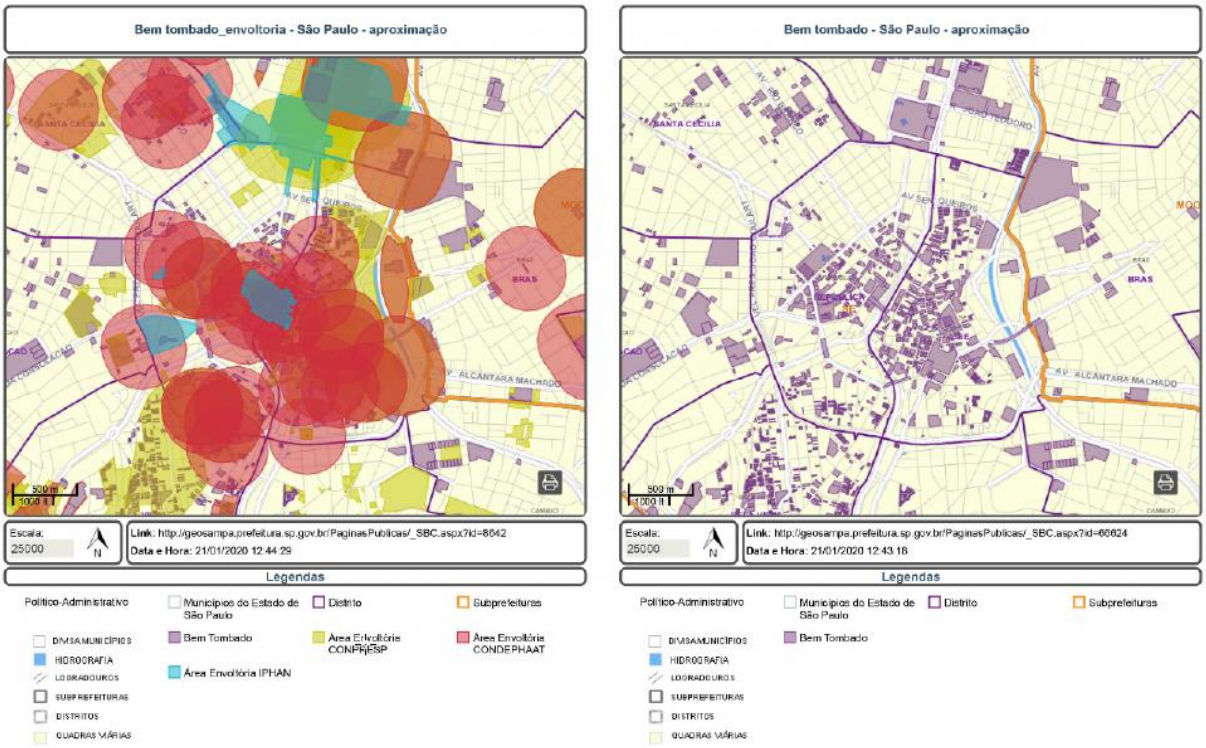


Figura 1 – Bens tombados e áreas envoltórias – Impressão direta da interface do GEOSAMPA

Com base no material disponibilizado pela prefeitura através da plataforma, realizamos um levantamento da distribuição dos bens tombados no espaço da cidade. Para nossa investigação a unidade mínima disponível para download em um arquivo que compreende toda a cidade é a quadra. Com base nesse arquivo e dos bens tombados, levantamos a distribuição de quadras que possuem esses bens nos diferentes distritos da cidade.

A partir da base de dados GEOSAMPA, que disponibiliza informações espaciais em formato shapefile – um padrão para dados georreferenciado, os mapas foram criados com a visualização dos dados disponíveis e a produção de novos a partir de relações. Para tanto, os arquivos foram processados com Python e a biblioteca Geopandas, que possibilitou as intersecções espaciais para verificar a distribuição dos bens tombados em relação às quadras e distritos da cidade. Esse novo conjunto de dados foi então visualizado com outra biblioteca de Python, Matplotlib. Tal fluxo de trabalho possibilita atualizar os produtos gráficos diante de mudanças na base de dados.

O mapa coroplético a seguir (Figura 2), é colorido segundo a distribuição de quadras com bens tombados em relação ao total de quadras do distrito. A espacialização é clara: os distritos centrais como Sé, Bela Vista e

República apresentam grandes concentrações, bem como Tremembé e Marsilac em áreas mais periféricas. Contudo, a razão dos tombamentos é bastante diferente e pode ser percebida com a adição das áreas remanescentes de Mata Atlântica no território da cidade. Dessa forma, justificamos nosso interesse destacado pelos distritos da Sé, Bela Vista e República como áreas que concentram quadras com edifícios tombados.

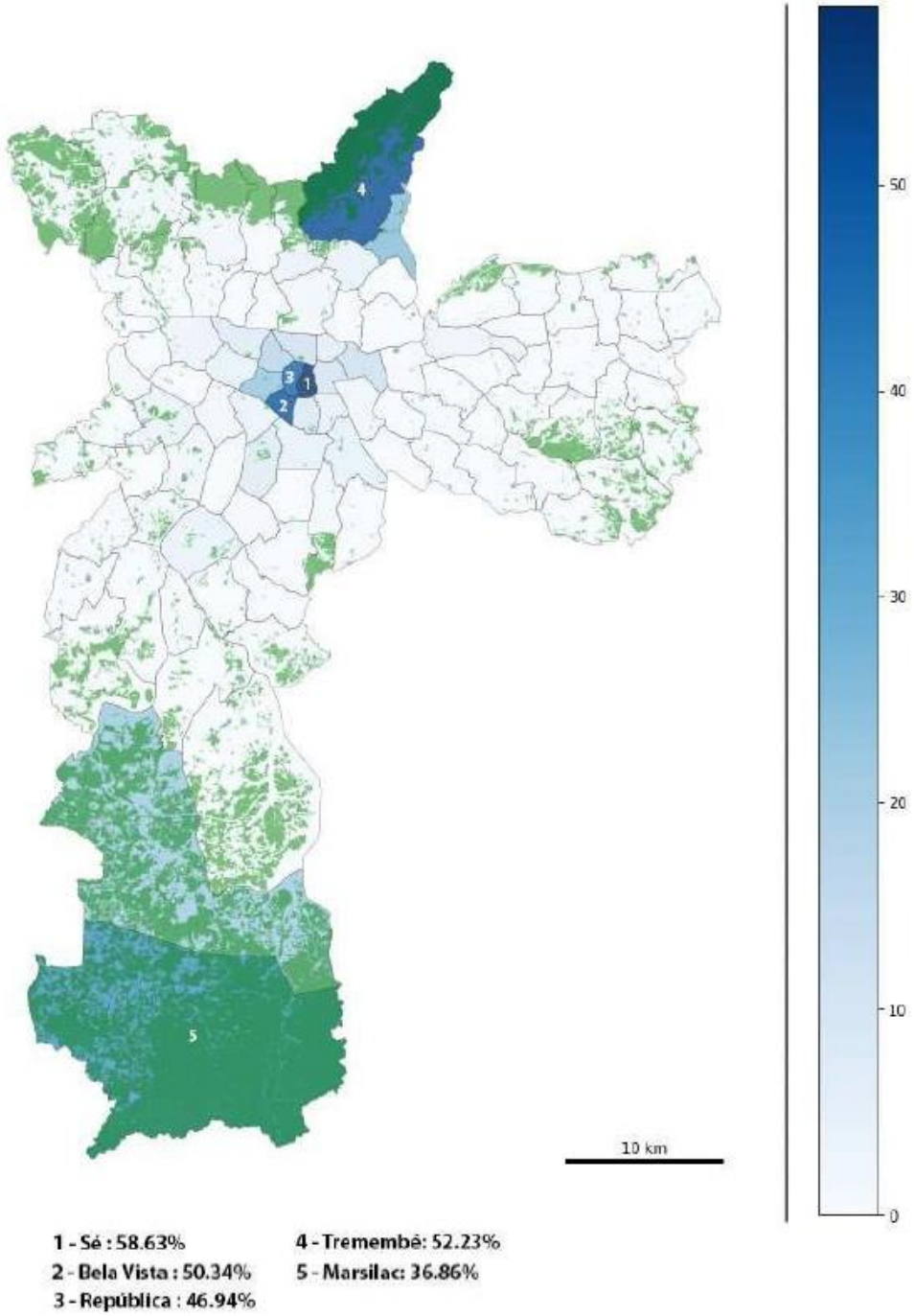


Figura 2 – Distribuição de quadras com bens tombados em relação ao total de quadras do distrito

A escala da quadra nos foi importante em dois sentidos. Primeiramente, facilita a manipulação dos dados pela forma como são disponibilizados, em um só arquivo para as quadras de toda a cidade. Por outro lado, há áreas envoltórias delimitadas pelos diferentes órgãos patrimoniais. Desse modo, como vemos no mapa da Figura 3, nesses distritos com muitas quadras que possuem bens tombados há uma significativa quantidade de edifícios contidos na área envoltória.

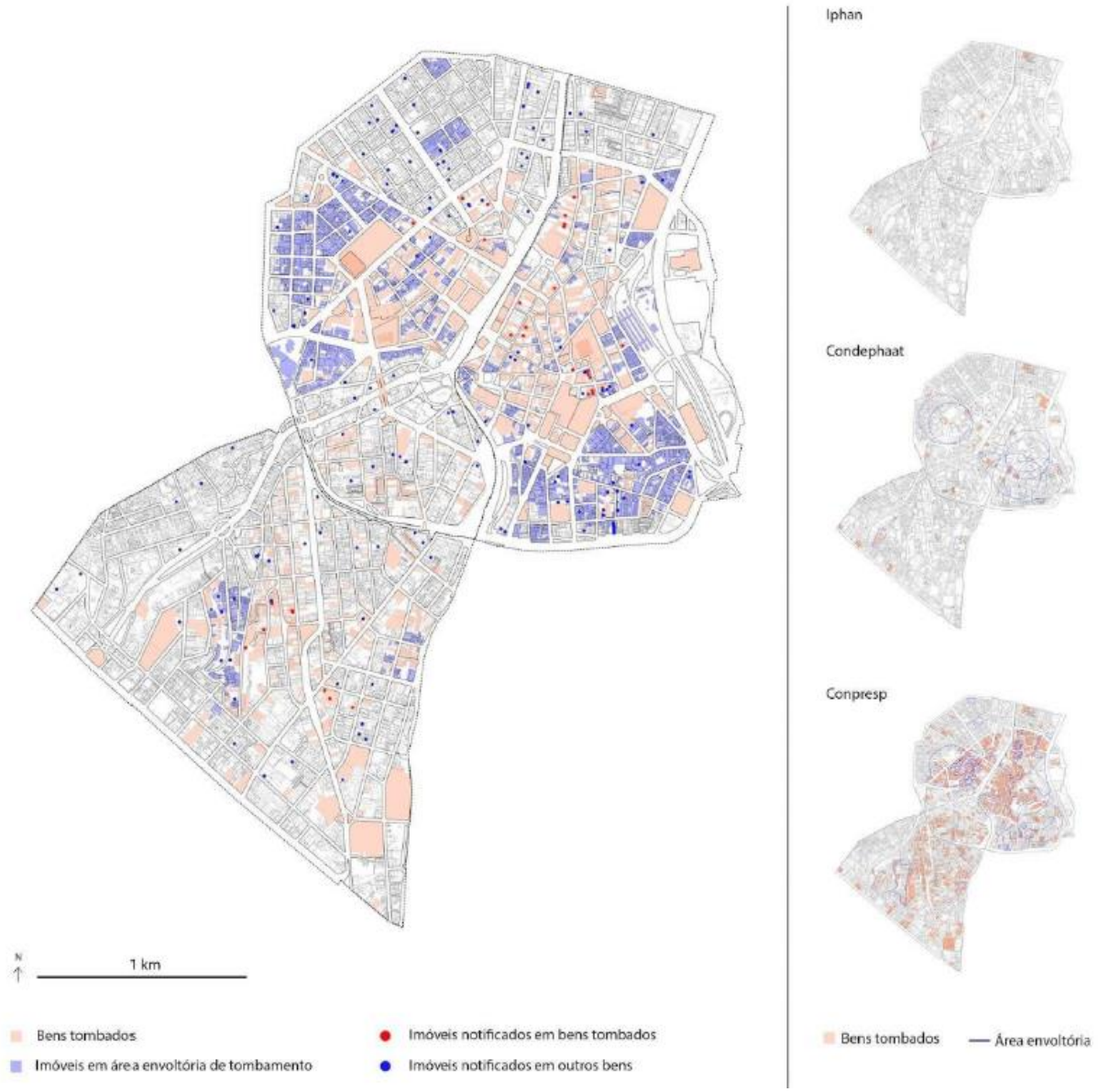


Figura 3 – Bens tombados e imóveis em área envoltória de tombamento dentro do perímetro de estudo

4. SOBRE OS DADOS DISPONÍVEIS

Esta pesquisa baseia-se na proposta de desenvolvimento de métodos e formas para se identificar, coletar, selecionar e organizar dados existentes e relevantes para gestão do patrimônio construído em risco, identificando os alcances e limitações destes dados e dos métodos de coleta e gestão de sua organização. A partir disso, verificar as possibilidades e necessidades de novos tipos de dados.

Dois processos complementares, então, têm sido fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa: a delimitação de um recorte espacial coerente, ou seja, de uma preexistência construída de extrema importância histórico-cultural da cidade de São Paulo, seu Centro Histórico; e, consequentemente, a necessidade de se visualizar e entender o conjunto de informações sobre esta preexistência.

Estas informações buscadas podem ser dispostas em pelo menos dois grupos de dados: os disponíveis, que tratam de dados tradicionais; e um novo grupo de dados possíveis de serem captados de forma direcionada e continua, a partir de novas tecnologias ou adequação de tecnologias existentes já aplicadas em outras áreas.

O primeiro grupo contempla aquilo que chamamos de "dados tradicionais", já existentes, compilados ou não, tais como fontes primárias de pesquisa no campo de dados físicos (plantas, projetos, cartas, mapas, iconografia, cartografia, textos, etc.), onde entraria também o trabalho realizado há décadas pelos órgãos de preservação brasileiros; ou mesmo dados digitais, com bancos de dados de boa qualidade, como a camada de patrimônio histórico na base GEOSAMPA ou advindas de pesquisas acadêmicas reconhecidas.[4]

Sobre este grupo de dados tradicionais, tão importantes no processo de preservação da memória e cultura local, há uma forma consolidada de análise que se caracteriza pela ausência de automação, não havendo uma política geral e efetiva de ação de tratamento e integração de dados em rede sobre o patrimônio cultural edificado, capaz de facilitar o acesso digitalmente, sendo ainda necessário um trabalho manual de visualização, entendimento e análise de dados. Baseia-se, então, na nossa capacidade intuitiva de perceber padrões, resultando em grandes mapas preenchidos com cores codificadas para representar usos, densidades construtivas, populacionais, áreas verdes, etc. As decisões são então baseadas na observação da disposição de tal informação. Neste sentido, a proposição de outras análises não surge na pretensão de diminuir a importância dessa conexão entre visão e raciocínio projetual, mas potencializá-la com outras mediações entre os fenômenos do mundo como ele é (ou foi) e as decisões de projeto.

Um ponto prático a ser entendido, também, é a incerteza da informação sobre o estado real e atual dos imóveis construídos. Além de não se ter projeto original de uma parte destes edifícios mais antigos, visto que a obrigatoriedade de apresentação de projetos em São Paulo inicia-se apenas em fins do século XIX, inicialmente de forma escrita e apenas posteriormente com desenhos, não se tem a certeza de que os projetos foram de fato executados conforme especificações de projeto. Ou mesmo pela falta de controle sobre a grande quantidade de obras de adequação realizadas em pequena escala que o edifício sofreu no tempo, sem aprovação ou documentação adequada, de forma privada. Aliado a isso, questões como falta de organização e/ou sistematização dos dados existentes, dificuldade e custo de fiscalização de obras, inexistência de monitoramento em tempo real, falta de conhecimento efetivo da preexistência (não só dos bens excepcionais, mas das edificações de seu entorno), falta de agilidade de aprovação (prazos), subjetividade e falta de critérios objetivos para intervenções pelos órgãos de preservação, são também desafios para quem quer intervir em um desses bens.

Já na escala da cidade, há uma nítida falta de integração dos dados públicos e privados. Empresas de gás, água, energia, muitas vezes não utilizam o mesmo cadastro, e sequer trabalham sobre um sistema de gestão integrada. Neste ponto, algumas empresas privadas nitidamente parecem possuir dados e cadastros mais amplos que o próprio poder público, tais como Google ou empresas de distribuição, como a Coca-Cola, que possuem um mapeamento muito bem elaborado para entrega seus produtos em todos os cantos da cidade, independente da região e classe socioeconômica que a ocupa.

5. NOVOS DADOS ORIUNDOS DA INOVAÇÃO E TECNOLOGIA PARA DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO DO PATRIMONIO CULTURAL.

A partir do entendimento da problemática dos dados disponíveis sobre o tema, e as transformações da cidade expostas por Picon, Batty, Cacciari, entre outros, e traduzidas por nós na importância de uma Cidade em Rede, surge então o segundo grupo de dados, foco desta pesquisa, que contemplaria a geração e interpretação de novos dados de interesse, de forma rápida, com custo adequado e, principalmente, capaz de integrarem-se e estarem acessíveis em rede.

[4] Conforme apresentado no artigo "Sobre bases de dados de bens tombados, preservação e o caso de São Paulo", por Rolin e Kodaira (2019), ou a pesquisa que vem sendo realizada pelo grupo: "Centro Histórico de São Paulo: Documentação e Estudos de Reabilitação", na Universidade Presbiteriana Mackenzie, pelo trabalho de Carrilho, Castroviejo e equipe, há mais de uma década.

São justamente essas informações, geradas a partir do uso das novas tecnologias, que podem apresentar a situação atual e em tempo real do patrimônio edificado de interesse, tanto fisicamente quanto sobre o uso que está sendo feito nele, configurando um espaço fundamental para apoio na tomada de decisão coletiva sobre esta preservação e qualificação.

Isto exige uma aproximação com as áreas que trabalham com dados. É importante ressaltar que a utilidade desses dados em relação ao bem comum – no nosso caso específico a gestão dos bens tombados – passa tanto pelo desenvolvimento de tecnologias quanto requer criatividade política na sua utilização: tais dados são explorados hoje comercialmente à revelia dos usuários que os produzem, mas seriam de grande utilidade em uma robusta infraestrutura de acesso público.

Como a cidade contemporânea, conforme exposto anteriormente, pode ser caracterizada pela integração cada vez maior entre espaço físico e digital, a sua percepção e compreensão exige identificar e entender as articulações presentes nessas diferentes escalas.

Este presente ensaio parte da escala do edifício, onde já se possui conjuntos de dados e metodologias de abordagem mais consolidados, com o intuito de transcendê-lo a outras escalas de interesse, menores, maiores, reais ou virtuais.

Tanto em relação aos edifícios propriamente ditos, quanto à sua ambientação e ocupação, foram traçados dois recortes iniciais para levantamento de dados e informações: inicialmente as questões gerais sobre o bem e sua construção, e, na sequência, sua situação atual, incluindo-se questões ambientais relevantes e/ou passíveis de serem metrificadas.

Na primeira categoria, a dos dados que resultam de informações cadastrais públicas e de estudos realizados por órgãos técnicos, pesquisas acadêmicas, acervos pessoais, entre outras fontes, podemos citar, por exemplo: Endereço; Nome do bem; Grau de tombamento; Propriedade (privada ou pública); Uso (original e atual); Áreas (do lote, da construção, dos pavimentos); Sistema construtivo; Autoria do projeto; Construtor; Situação legal; Estado de conservação; Tipologia; Considerações estéticas; Alterações e Intervenções realizadas e tipologia da intervenção.

Na segunda categoria citamos os dados que se somam àqueles e que são passíveis de obtenção através de sua abordagem com a utilização de instrumentos de avaliação, medição e controle. Estas análises podem ocorrer em tempos distintos, e de forma contínua ou discreta. Importante observar que não se trata apenas de obtenção de novos tipos de dados, mas também de novas abordagens sobre dados antigos, possíveis de serem realizados a partir de tempos e tecnologias atuais, com sua ampliação exponencial da capacidade de processamento, incluindo-se avanços com Inteligência Artificial.

Desta forma, dados de outrora passam a ter nova relevância ao se integrarem com dados obtidos através de equipamentos de inspeção não-destrutiva e da popularização do sensoriamento, incluindo-se avanços em IoT, Arduino, novas tecnologias de programação e implementação a baixo custo.

Ambos os métodos, NDT e SHM, e suas técnicas aplicadas, devem ser vistos como parte de um processo integrado, de forma a complementarem-se, inter-relacionacionando-se às informações tradicionais. Neste sentido, a etapa de sensorização e monitoramento do bem construído, ponto focal deste trabalho, deve ser apoiada pelo uso de métodos e equipamentos de inspeção não destrutivos (NDT), instrumento de ação responsável por trazer um retrato momentâneo da situação do patrimônio construído tanto na etapa de captação de dados para apoio ao diagnostico e projeto inicial de intervenção, como também nos momentos de inspeção de alguma irregularidade apontada pelas ações de monitoramento.

Importante entender que, no patrimônio edificado, a ação de monitoramento da saude estrutural e do uso e

ocupação do bem devem servir como ação de indicação de outros passos, tais como envio de equipe qualificada para analise do dano que os sensores indicarem, ou mesmo abandono da edificação com urgência.

Neste ponto, a grande questão recai sobre a capacidade técnica atual do mercado de equipamentos para sensorização e monitoramento desses bens, em especial nas possibilidades de adequação de equipamentos de uso consolidado na indústria. Podemos citar, nesta categoria, a possibilidade de uso de informações provenientes de diversos transdutores de baixo custo capazes de trazer dados relevantes de Aceleração, Temperatura, Umidade, Deslocamento, Inclinação, Gases, Intensidade luminosa, Crescimento de trincas, vibração e movimentação com uso de giroscópios e acelerômetros, ocupação de ambientes, etc.; Aliados a isto, dados não convencionalmente utilizados para este fim, como os dados gerados pelo uso de cartões de crédito, celular, Waze, etc., capazes de fornecer dados de local de uso ou recorrência de uso no mesmo local, por exemplo.

Paralelamente, esta questão aproxima-nos das discussões sobre computação de borda (edge computing), com equipamentos capazes de monitorar, tratar e enviar dados puros ou tratados, tais como Sensor Nodes, Motes, Dataloggers.

A consideração desses diferentes tipos de dados por si, ainda que um avanço visto que alguns não estão publicamente disponíveis ou não são explorados do ponto de vista de diagnóstico do patrimônio, não significa necessariamente uma abordagem dotada de IA. Contudo, apontamos para uma exploração integrada, que possa indicar correlações capazes de treinar um modelo de inteligência artificial.

Imaginamos, então, um algoritmo classificatório que procura evidenciar bens tombados que requerem atenção especial, monitorados em tempo real. Tal algoritmo poderia ser treinado utilizando como input os dados citados, e treinado a partir dos imóveis já notificados. Isto teria impacto e alcance: tanto para o poder público, que poderia assim antever as condições que contribuem para a notificação de um imóvel e elaborar políticas de intervenção para a manutenção das condições de usabilidade e desfrute dos bens tombados; quanto para o setor privado, capaz de projetar e intervir em preexistência com menor custo de renovação estrutural, adequação de uso, manutenção, permitindo também desenvolvimento de projetos mais “agressivos” (com coeficientes de segurança menores) e de maior confiabilidade, incluindo-se estruturas Inteligentes.

A aplicação prática desta pesquisa, ainda em estagio inicial, vem sendo desenvolvida por equipe de pesquisadores da FAU-Mackenzie, com apoio da ABENDI (Associação Brasileira de Ensaios não Destrutivos e Inspeção) dentro da Comissão Técnica de Patrimônio Cultural (CTPC). Apesar do foco da pesquisa tratar do centro histórico de São Paulo, o objeto inicial de estudo escolhido foi a Fazenda Lageado, uma antiga fazenda cafeeira centenária, edificada no ultimo quartel do Séc. XIX, transformada em Estação Experimental Federal na década de 1930, e posteriormente em campus da Universidade Estadual Paulista – UNESP, nos anos 70 (Michelin, 2010). Este conjunto centenário foi escolhido pelo potencial de análise e por já fazer parte de outros estudos da parceria FAU-MACK/ABENDI/UNESP, possuindo uma vasta gama de edificações construídas com materiais e técnicas diversas, em terra, madeira, alvenaria de pedra e tijolos, até edificações em concreto armado de diversos períodos, com distintos estados de conservação e usos. Soma-se a esta questão, o evento climático de fevereiro de 2020, onde grandes chuvas castigaram o município de Botucatu/SP, causando grandes estragos no conjunto da Fazenda, trazendo a necessidade de desenvolvimento de um Plano Emergencial de Conservação Preventiva e Curativa, conforme indicado na Figura 4.

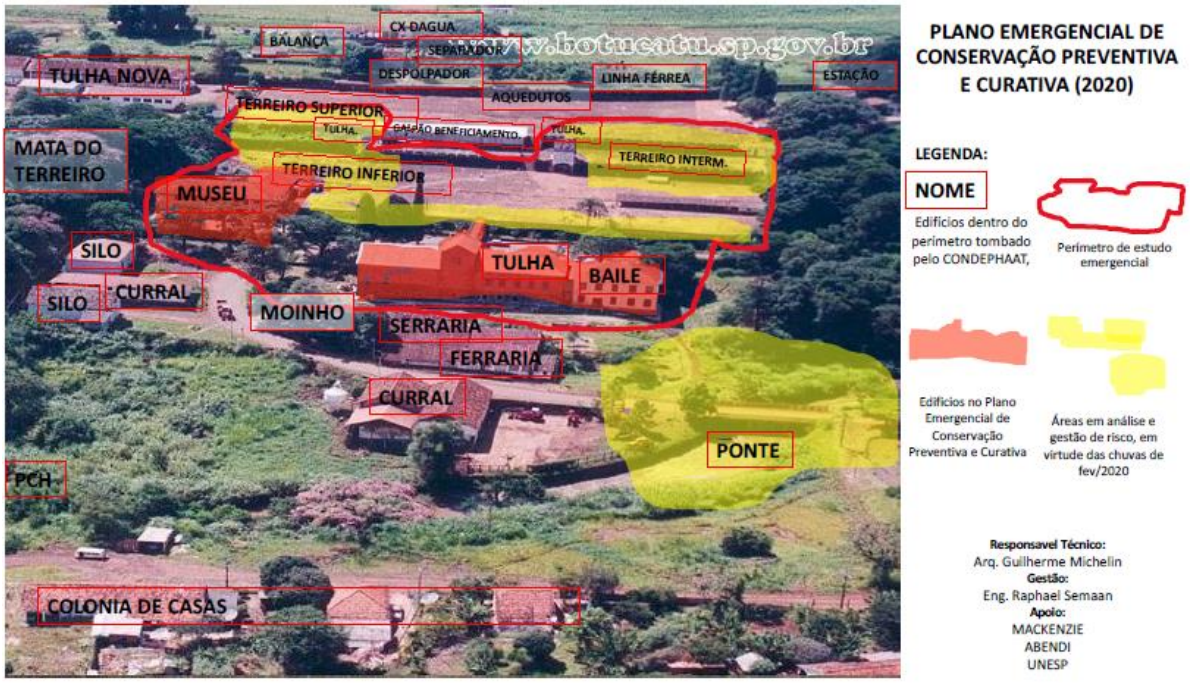


Figura 4 – Plano de ação emergencial da Fazenda Lageado, sobre imagem da Prefeitura Municipal de Botucatu (Fonte:www.botucatu.sp.org.br)

Neste sentido, já foi realizada a etapa de digitalização do perímetro de estudo emergencial, incluindo-se os edifícios interna e externamente, através de escaneamento 3d (FARO e imagens de drone (Phantom 4 pro), além do mapeamento de danos e patologias dos edifícios, incluindo-se analise geológica do entorno. Estão sendo desenvolvidos agora os estudos sobre tipos e possibilidades de implantação do grupo de sensores, previstos para implantação ainda em 2020, com apoio de pesquisadores da CTPC. O foco, neste sentido, está nos equipamentos capazes de enviar dados a distância, a custos acessíveis, para que se possa transformar os dados geométricos da nuvem de pontos em uma espécie de gêmeo digital do patrimônio edificado, para uma efetiva fase de captação, analise e tratamento de dados, incluindo-se estudos de incorporação de IA no processo.

REFERÊNCIAS

BATTY, Michael, 2013 – **The new science of cities**. Cambridge/London: The MIT Press.

BETTENCOURT, Luís, 2014 – **The uses of Big Data in cities.** Big Data. 2. 12-22. 10.1089/big.2013.0042.

CACCIARI, Massimo, 2010 – **A cidade**. Barcelona: Gustavo Gili.

CAMBRIDGE DICTIONARY – **Machine Learning | Meaning in the Cambridge English Dictionary**. Encontrado em <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/machine-learning>. Último acesso em 23/12/2019.

CORBOZ, André, 2015 – **Orden disperso. Ensayos sobre arte, método, ciudad y territorio**. Quilmes: UNQ.

DIEBOLD, F. X. A – **Personal perspective on the origin(s) and development of "Big Data**": The Phenomenon, the Term, and the Discipline∗ University of Pennsylvania, 2012. Encontrado em <https://www.sas.upenn.edu/~fdiebold/papers/paper112/Diebold_Big_Data.pdf>. Último acesso em 21/01/2020.

DJICKS, J., 2013 Big Data – **Real and practical use cases**. Encontrado em <https://blogs.oracle.com/datawarehousing/entry/big_data_real_and_practical>. Último acesso em 23/12/2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – www.ibge.gov.br HESSLER, John, 2015. Map. Exploring the World. Nova York: Phaidon Press.

LIMA, Manuel, 2013 – **Visual complexity: mapping patterns of information**. Princeton: Princeton Architectural Press.

MICHELIN, Guilherme Antonio, 2010 – **O reconhecimento de uma paisagem cultural: Fazenda Lageado, Botucatu/SP**. Dissertação de Mestrado. Campinas, SP: UNICAMP.

MOROZOV, Evgegy, 2018 – **Big Tech: a ascensão dos dados e a morte da política**. São Paulo: Ubu Editora.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO – https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br https://smul.prefeitura.sp.gov.br

PICON, Antoine, 2015 – **Smart Cities: a spatialised intelligence**. Chichester: Wiley.

RATTI, Carlo; MATTHEW, Claudel, 2016 – **The city of tomorrow: sensors, networks, hackers, and the future of urban life**. New haven/London: Yale University Press.

REIS FILHO, Nestor Goulart, 2004 – **São Paulo: vila, cidade, metrópole**. São Paulo: Prefeitura de São Paulo.

ROLIM, Mariana de Souza; KODAIRA, Karina Terumi, 2019 – **Sobre bases de dados de bens tombados, preservação e o caso de SÃO PAULO**. Belo Horizonte: Anais do 3.º Simpósio Científico do ICOMOS Brasil.

PARÂMETROS TECTÔNICOS NA PRESERVAÇÃO DE EDIFÍCIOS: ESTUDO DE CASO NA ARQUITETURA DE NORMAN FOSTER

TECTONIC PARAMETERS IN BUILDING PRESERVATION: NORMAN FOSTER ARCHITECTURE CASE STUDY

Mafalda Fabiene Ferreira Pantoja [(1)], Rui Humberto Costa Fernandes Póvoas [(2)], João da Costa Pantoja [(3)], Beatriz Reis Cunha Moura [(4)]

(1) Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, Portugal, mfabiene@gmail.com
(2) Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, Portugal, rpovoas@arq.up.pt
(3) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, Brazil, joaocpantoja@gmail.com
(4) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brazil, beatrizreiscm@gmail.com

RESUMO

O cenário das cidades contemporâneas espelha desafios fundamentais de magnitude sem precedentes. Sejam as dificuldades de ordem social, econômica ou natural, todas necessitam de um olhar profundo e cuidadoso para que a vida nas cidades possa se perpetuar.

Nesse contexto, pensar a cidade como um organismo vivo e dinâmico, que necessita de respostas às demandas atuais se faz necessário e urgente. Os arquitetos, engenheiros e planejadores cada vez mais, discutem as dinâmicas sociais, ambientais e econômicas em um contexto integrado, numa perspectiva resolutiva e operativa.

O presente trabalho busca apresentar a teoria tectônica, alicerçada em três esferas: a concepção, a materialidade e a técnica, a fim de ser aplicada como metodologia operativa para leitura e identificação do processo de projeto voltado à reabilitação de edifícios no contexto urbano. Para tal, em um primeiro momento, serão apresentados quais e como os parâmetros da vertente tectônica na arquitetura serviriam de base de análise e operação, oriundas do tripé mencionado anteriormente, mas especialmente voltadas às questões tecnológicas sustentáveis na contemporaneidade. Em um segundo momento, a metodologia será aplicada em estudos de caso da obra do arquiteto inglês Norman Foster, em que o mesmo tenha promovido ações de reabilitação e requalificação dos edifícios, a fim de se levantar recorte exemplificativo sobre o assunto e averiguar se a obra do arquiteto responde às questões urbanas contemporâneas como: defesa do patrimônio, preservação, reabilitação, e, sobretudo, atendimento às preocupações das gerações futuras. Busca-se como resultado, a identificação da tectônica como ferramenta do projeto multidisciplinar, ancorada em diversas disciplinas acadêmicas e com foco no estudo da manutenção e reabilitação do patrimônio, em um campo emergente que alie e respeite passado, presente e futuro.

Palavras-chave: Tectônica / Norman Foster / Reabilitação / Patrimônio / Arquitetura Contemporânea

1. INTRODUÇÃO

1.1. Caminho da tectônica

A temática da tectônica originou-se em meados do século XIX, período de intenso debate arquitetônico ocasionado por mudanças relevantes na sociedade, como as expedições arqueológicas do século XIX, o emprego de conhecimentos da física nas edificações, surgimento de um novo repertório de materiais, ligações, vínculos, consequentemente surge uma necessidade de novas tecnologias. Esses acontecimentos não só estimularam o homem no entendimento do passado, através de suas produções artísticas, incluindo a arquitetura, mas também, teóricos interessavam-se progressivamente pela busca de compreender a sociedade a partir da teoria tectônica e do processo construtivo aplicado a essas obras.

O processo construtivo intencionalmente agrega significado à obra, além de relacionar-se com a cultura construtiva do local, em que se manifestam valores sobre tal, como aspectos técnicos e culturais, pois nele pode-se notar o grau de tecnologia, a materialidade, e sua disponibilidade na região em que se encontra, portanto esse processo revela muito sobre uma civilização.

A consolidação do conceito de tectônica como se conhece na atualidade deve-se principalmente pelas publicações feitas Karl Bötticher. Estas coincidem com o período em que houve a dissociação entre arquitetura e métodos construtivos, cujo os arquitetos não definem mais os métodos de construção, e sim a indústria, cenário oriundo da revolução industrial. Nas publicações de Bötticher ele utiliza duas esferas articuladas para compreensão da arquitetura, sendo o *kernform*, forma ou núcleo construtivo e funcional e o *kunstform*, superfície da edificação, forma aparente. Sendo de responsabilidade da tectonik a articulação entre esses dois âmbitos. Além disso faz uso do ferro na arquitetura, inovação que auxilia na aceitação de novos materiais presentes no processo construtivo.

Teóricos como Müller, Gottfried Semper e Karl Bötticher, nesse período de intensas mudanças, articulam a partir da tectônica a estrutura formal e a estrutura resistente, ou seja, a correlação entre as proporções e arranjos oriundos dos arquétipos tradicionais, e a nova lógica das propriedades dos materiais e dos cálculos, respectivamente.

Após a organização do conceito de tectônica estabelecida por Bötticher, Gottfried Semper o transpõe para seu contexto industrial de novos materiais, estabelecendo uma relação da arquitetura e sua materialidade. Em seus estudos Semper possui a preocupação em explicar a origem da arquitetura e o desenvolvimento histórico dos povos por influência das expedições arqueológicas do século XIX. Busca portanto, entender essa origem através da relação da arquitetura com sua materialidade, já que como dito a arquitetura pode expressar muito em sua essência construtiva características de um povo, clima e disponibilidade de recursos.

Ao fim do século XIX a teoria da tectônica cai em desuso, pois nas vanguardas o protagonismo expressivo cabia à geometria das superfícies, sendo secundária a expressão material. Porém o período foi de relevância para o movimento moderno, pois a geometria do período permitiu ruptura com as tradições e surgimento de novos princípios construtivos que serviram de influência para pioneiros do modernismo. No século XX a temática é retomada por teóricos como Collins, em seu artigo Tectonics de Peter Collins (Collins, 1960), que explora a história do concreto armado e une a técnica ao domínio criativo, e Sekler em Structure, construction, tectonics (Sekler, 1965), que resgata o conceito de herança cultural. Mas o intenso debate sobre a retomada da tectônica na arquitetura iniciado ao final do século XX tem Kenneth Frampton como protagonista, com sua obra Studies in a tectonic culture (Frampton, 1995), onde reestabelece bases para aplicação da teoria tectônica na atualidade, tendo em vista sua contraposição às vertentes pós modernas que apresentavam uma arquitetura desvinculada

à sua unidade estrutural. Frampton considera recíproca a relação entre construção formal da arquitetura e concepção técnico-construtiva, ademais estabelece relação entre estrutura e herança cultural.

É notório a ampla gama de conceitos e métodos que abordam a tectônica na arquitetura, isso devido às diversas compreensões desenvolvidas por diferentes teóricos e contextos socioeconômicos distintos, logo, é possível encontrar inúmeros métodos aplicáveis ao estudo da concepção tectônica, mas uma referência comum entre os diferentes pensamentos e métodos aplicados está no uso da teoria como caminho para identificar o processo de concepção e os valores antropológicos expressos pelo mesmo. Esses variados métodos podem utilizar aspectos como função, tipo, relação com o todo, materialidade, entre outros, mas sempre conectam arquitetura à construção, pois esta só é possível e expressa pela criação e pelo saber-fazer, que é a ação humana sobre um objeto a partir do emprego do seu intelecto.

Além de significados teóricos sobre tectônica é possível observar nas definições de seu conceito um discurso que expressa a importância da herança cultural, ao sinalizar valores de uma sociedade através de sua materialidade e o intelecto humano pelas técnicas utilizadas. Pensamentos que buscam entender como lidar com a realidade industrial e dos processos construtivos a partir das inovações materiais e tecnológicas, geram reflexões na contemporaneidade sobre a importância da preservação e restauração pela dimensão simbólica que a produção e reprodução humana abrangem, já que no passado encontram-se essas revelações que caracterizam civilizações passadas e as formas de construir.

A teoria tectônica relaciona arquitetura com o saber-fazer, técnicas construtivas e relevância da cultura e da herança, pode-se assim dizer, segundo Cantalice II, que essa teoria é alicerçada por três esferas, que formam o tripé de análise (figura 1) sendo a concepção, materialidade e técnica. A concepção trata-se do ato de conceber o conceito e leva em consideração necessidades pragmáticas, herança cultural, características climáticas do sítio e recursos materiais disponíveis, segundo Edson Mahfuz ao seguí-los seria possível alcançar a experiência criativa, já que o conceito guia o processo de criação da obra. A materialidade diz respeito às propriedades intrínsecas do material como peso, dureza, extensão, cor aspereza, entre outros, propriedades importantes para entender como a estrutura se comportar ao fim da construção, e possuir domínio das mesmas para obter liberdade nas formas arquitetônicas e concebê-la como desejada. Já a técnica diz respeito à arte da fabricação, é o processo em que o homem controla e direciona as forças da natureza para seu próprio benefício, pode ser expressão que revela o tipo de homem e de uma comunidade, por conta da herança construtiva que abarca. Esses aspectos relacionados à poética da construção formaram-se a partir da análise de diferentes conceitos abordados anteriormente, os quais foram utilizados no desenvolvimento da tese "Descomplicando a tectônica de Aristóteles de Siqueira Campos Cantalice II", que aborda a metodologia do tripé de análise aplicado nos estudos de caso do presente artigo.

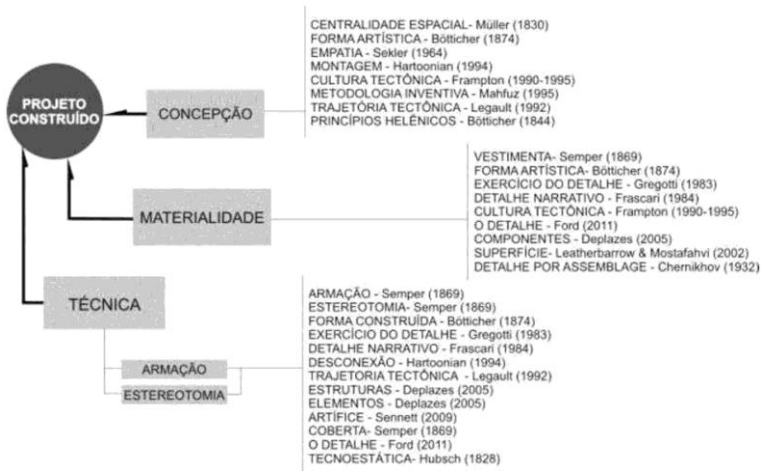


Figura 1 – Tripé de análise. Fonte: CANTALICE II

A expansão urbana acelerada e seus posteriores desenvolvimentos ao longo do século XX ocasionaram o cenário preocupante na atual conjuntura. A sociedade contemporânea é vista como um corpo biológico ou um organismo vivo e dinâmico, composto por edificações e pessoas que estão em constantes transformações. A associação de crescimento populacional e desenvolvimento econômico de uma cidade ainda são ligados à ideia de ´´modernização``, por muitas vezes desconsiderando a fragilidade do ecossistema que essas mudanças sem preparo tecnológico e despreocupação podem causar ao considerarmos que, esse consumo exacerbado é um equívoco para a preservação do meio ambiente e a deterioração das matérias primas, utilizadas inclusive na concepção estrutural de uma construção. Outro motivo pelo qual deve-se relevante preocupação é o crescimento populacional, que ocasionará em poucos anos a ausência ou escassez de energia, alimentos e recursos naturais. Portanto, a arquitetura e a engenharia devem em suas obras propor ao máximo, formas de otimização no edifício, e adequar as esferes de concepção, materialidade e técnica à atual conjuntura.

A tectônica relaciona-se também com questões de sustentabilidade e aspectos bioclimáticos, na medida em que a matéria prima disponível é determinante para a expressão arquitetônica, como a forma de construir influencia na sensação térmica do ambiente e na experiência sensível e social que um espaço que utiliza tecnologias sustentáveis pode proporcionar, consequentemente provocando a sustentabilidade social, econômica e ambiental. Desta forma a estrutura pode fazer parte de um funcionamento bioclimático do edifício, entre outros benefícios ao usuário.

No contexto contemporâneo, onde a questão ambiental é uma preocupação ao considerar a agravante situação do planeta e a ideia de preservação tornar-se interesse do ser humano, o entendimento tectônico pode ser usado como forma de otimização de recursos e como fonte de inspiração de novas formas arquitetônicas levando em consideração a herança cultural. O arquiteto Norman Foster representa bem esse momento ao utilizar na conceituação de suas obras de reabilitação o conceito de tectônica, tanto na forma sustentável de solucionar as estruturas como na sua preocupação em preservar a herança cultural das obras revitalizadas.

Sendo assim, a abordagem tectônica no presente artigo busca, (com referência nos conhecimentos passados sobre o conceito de tectônica e embasamento na metodologia utilizada na tese de doutorado do autor Aristóteles de Siqueira Campos Cantalice II), analisar os conceitos abordados por Norman Foster em suas obras de restauração, de acordo com o tripé mencionado, com ênfase nas questões tecnológicas sustentáveis na contemporaneidade e em suas ações referentes à reabilitação.

1.2. Norman foster, um arquiteto completo

Norman Foster é um arquiteto inglês conhecido por suas obras high tech e sua constante preocupação com o meio ambiente expressa em seus projetos. Recebeu inúmeros prêmios, incluindo o Pritzker, em 1999 e fundou o escritório Foster+Partners, atualmente um dos maiores escritórios de Arquitetura e Urbanismo do mundo. Em suas obras o reconhecimento não é apenas estético, mas também por suas soluções estruturais complexas, pois em seu processo criativo a tecnologia está sempre presente, afirma que em nenhum momento na história da construção é possível desconsiderar a tecnologia, por considerá-la fundamental para a criação dos espaços.

A restauração, a preocupação com a vida útil do edifício, o estudo da herança cultural e simbólica destes também fazem parte dos trabalhos de Foster, pois costuma utilizar em suas obras elementos derivados das características do local, a fim de ressaltar a importância da influência da topografia e cultura local. Além desses aspectos regionais de análise na produção de seus projetos, ressalta a importância da integração da arquitetura e estrutura, onde faz do uso material sua expressão de ideia, em que muitas vezes adquire economia pela solução desenvolvida.

A representação de Norman Foster no atual contexto encontra-se na forma como conceitua sua arquitetura, em que julga ´´A única constante é a modificação``, pensa sua arquitetura como elemento aberto às transformações

e dinâmico, com movimento e fluxos de pessoas, ou seja, assim como a cidade pode ser vista como organismo vivo em constantes transformações, seus edifícios compartilham tal lógica. Logo, Norman Foster expressa em suas obras, como em Reichstag e (figura 2 e figura 3) dinâmicas sociais, ambientais e econômicas em um contexto integrado, de forma resolutiva e operativa, capazes de associar o uso tectônico em sua concepção estrutural como via de alcance a soluções sustentáveis, belas e autênticas.

“A arquitetura não está contida em um campo específico, mas em cada ato humano de transformação” – Norman Foster



Figura 2 – REICHSTAG. Fonte: flickr.com



Figura 3 – SMITHSONIAN INSTITUTION COURTYARD. Fonte:blogdaarquitetura.com

Tendo em vista a representação da atualidade por Norman Foster, referente à relação da expressão de sua arquitetura como elemento dinâmico e sujeito às transformações, e de seus trabalhos ligados à revitalização de patrimônios culturais, o artigo levantará dados para verificação de como os exemplos dessas obras de revitalização respondem às questões urbanas contemporâneas de defesa do patrimônio, preservação, reabilitação e preocupações com as futuras gerações. Desta forma, a partir do emprego do tripé de análise, serão observados e identificados aspectos em que a tectônica foi utilizada como ferramenta que associa diversas áreas de conhecimento à manutenção e reabilitação do patrimônio, com enfoque nos aspectos tecnológicos e sustentáveis abordados por Foster nas obras Apple Carnegie Library, em Washington e Apple Champs Élysées, em Paris, e elucidando a maneira que estas obras evidenciam o respeito à sociedade passada, presente e futuras.

As obras de Norman Foster analisadas no presente artigo foram selecionadas por suas respectivas relações com o patrimônio, restauração e tecnologia. Além disso, por pertencerem aos contextos urbanos políticos e culturais distintos, permitindo maiores perspectivas na identificação do processo de projeto voltado à reabilitação, já que a motivação para tornar um objeto de interesse para preservação varia de acordo com a população local, a cultura, o valor afetivo que o edifício apresenta à região, entre inúmeros outros fatores.

Foster representa muito bem, portanto, a sociedade do atual contexto, pois esta pode ser considerada um ser dinâmico e em constantes alterações que devem ser acompanhadas por arquitetos, engenheiros e planejadores em geral, tendo em vista os desafios que as atuais cidades enfrentam, assim necessitando de respostas urgentes para tais indigências. O arquiteto Norman busca na concepção de suas obras soluções sustentáveis através do conhecimento tecnológico, e nos casos em que o presente artigo se refere, fazendo a conexão entre passado,

presente, e de certa forma com o futuro ao propor construções ecologicamente corretas. Sendo assim, essa preocupação com o meio ambiente, as soluções inovadoras e tecnológicas, e o uso de ambos em suas obras de revitalização são enquadrados à teoria da tectônica e alicerçados às esferas de: concepção, materialidade e técnica, observados nas obras Apple Carnegie Library e Apple Champs Élysées.

2. APPLE CARNEGIE LIBRARY

A Apple Carnegie Library (figura 4) localiza-se no coração de Washington DC, surgiu de uma revitalização de um significativo monumento para a cidade, que passou por um período de negligência e desuso. O interesse pela preservação do monumento deu-se pela busca por lugares emblemáticos em que a Apple procura abrir suas lojas e a herança cultural que o mesmo representava para a população local, já que desde de sua abertura em 1903 desempenhou papel importante na vida desses cidadãos por ter sido a primeira biblioteca pública da cidade.



Figura 4 – APPLE CARNEGIE LIBRARY. Fonte: fosterandpartners.com

Em busca do entendimento da teoria tectônica alicerçada às esferas de concepção, materialidade e técnica no contexto contemporâneo, a obra Apple Carnegie Library torna-se alvo coerente de estudo. O gráfico abaixo (figura 5) demonstra os fatores que influenciaram cada aspecto analisado:

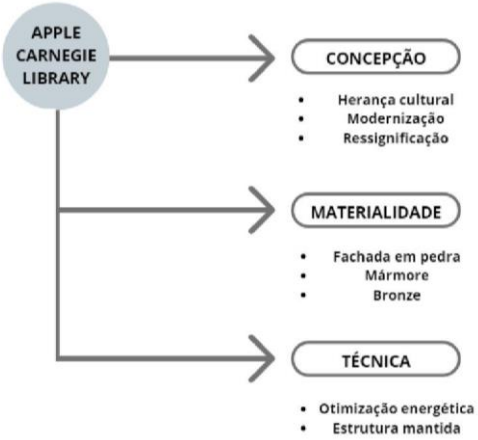


Figura 5 – Tripé de análise Apple Carnegie Library

2.1. A concepção

A carga histórica do edifício e a modernidade de sua ressignificação deveriam estar em conciliação na sua concepção, portanto foram mesclados elementos de ambos aspectos. Desse modo, o edifício possui entradas no eixo norte e sul que convida a rota urbana ao interior do edifício, sendo a entrada sul a original do edifício com uma escadaria de três andares, ambiente em que ocorrem eventos públicos. O centro do edifício dedica-se à uma área de diversão e interação de especialistas de diversas áreas, esse ambiente foi transformado num pé

direito duplo e coberto por uma nova claraboia que traz luz natural ao interior, onde o público pode observar as atividades realizadas do mezanino. No segundo andar uma grande escadaria leva ao centro histórico, onde é exposto a história e origem do edifício, o porão também se dedica ao valor histórico do edifício com fotos e documentos.

Portanto, a concepção nesse processo de revitalização, ao mesmo tempo que trouxe modernidade e vitalidade pro edifício, não desconsiderou sua herança cultural e significado, trabalhando cuidadosamente com os pontos que deveriam ser preservados, e outros que necessitavam de modificação para adequar-se à sua ressignificação.

2.2. A materialidade

Para Deplazes, a materialidade une o todo arquitetônico, cultural e atmosférico, essa afirmação é observada e confirmada na função de toda a paleta de materiais ultilizadas no interior do edifício. Desde o início da concepção da revitalização do edifício, em que o fator histórico é cuidadosamente trabalhado e estudado no processo, a materialidade também foi uma preocupação não apenas como cumpridora de aspectos sensoriais ou de características intrínsecas (dureza, cor, extensão, aspereza...), como também responsável pela memória.

O edifício é de estilo Beaux-Arts, o qual faz referência às formas gregas e romanas clássicas, estilo muito comum em construções públicas monumentais. Essas caracteríscas presentes na Apple Carnegie Library estão na fachada em pedra, adornos que remetem ao clássico, entradas cobertas com frontões triangulares (figura 6), corrimão em bronze, no interior as escadas e pisos em mármore. Essas materialidades e características que fazem parte do movimento Beaux-Arts, são elementos que remetem o conteúdo da arquitetura histórica e memória do edifício, dessarte foram preservadas em sua revitalização.

Outra propriedade da materialidade como esfera tectônica está na disponibilidade dos materiais na região, logo, nesta obra a cor branca nas paredes do edifício é dada pelo mármore extraído de uma pedreira da região, atrelando as características do entorno a obra.

Dessa forma, os materiais preservados e revitalizados no edifício foram selecionados a fim de tornar as mudanças e modernidades trazidas à construção, adequadas ao ambiente histórico a que pertence. Essa adequação, além de preocupar-se com a memória e valor antigo da obra para a população, compromete-se com o uso de materiais de origem local, uma das qualidades sustentáveis no projeto.



Figura 6 – APPLE CARNEGIE LIBRARY, frontões triangulares em mármore. Fonte: fosterandpartners.com

2.3. A técnica

O campo prático utilizado no projeto para a Apple Carnegie Library foi conduzido de maneira sustentável, onde a atualização do edifício introduz aspectos que fazem uso da otimização energética. Ocorreu também a justaposição da estrutura histórica com o design contemporâneo.

A estrutura do edifício foi mantida e revitalizada de forma a propor um ambiente com a vitalidade do atual e a memória do passado. A antiga área de circulação e atendimento passou a ser um átrio aberto, uma enorme escada para o segundo andar foi restaurada para seu estilo original, alguns detalhes em pedra também foram restaurados. Os detalhes são para Gregotti, arquiteto italiano, o elemento técnico mais importante, pois estes geram identidade para o edifício, logo, esta restauração faz jus a esse pensamento já que os detalhes restaurados tornam expressos a identidade e o significado da obra.

As técnicas aplicadas na atualização do espaço também trouxeram relevância para preocupações bioclimáticas e inovações que provocassem a otimização energética do edifício, dessa forma, novas coberturas de claraboias foram instaladas, fazendo com que a ventilação natural seja introduzida nos ambientes interiores, assim como o uso generoso da luz durante o dia. Atualizações estas que manteve o valor do monumento histórico do edifício, sem destruí-lo, e ainda aplicando inovações de caráter sustentável ao funcionamento do mesmo.

3. APPLE CHAMPS ÉLYSÉES

A Apple Champs Élysées (figura 7) situa-se na esquina da rua Champs-Élysées em Paris, avenida muito reconhecida e movimentada, diferentemente do contexto em que se encontra a Apple Canegie Library. A avenida é composta por edifícios com ornamentos também no estilo Beaux-Arts, que expressam o caráter atemporal da cidade.

Esse edifício comporta apartamentos da era Haussmann, período em que ocorreu modificações na urbanização de Paris, essas reformas foram motivadas por questões sanitárias, militares, além do embelezamento da cidade, que seguiam ainda os ideais de simetria na malha urbana. Porém durante a vida útil do edifício passou por inúmeras modificações e esta revitalização visa reviver sua originalidade e captar a essência da metrópole movimentada em que se insere, ao mesmo tempo trazendo elementos inovadores que representam a loja apple e a atual conjuntura da sociedade, a fim de fazer a justaposição entre antigo e novo, numa relação mútua que ocasiona uma experiência sensível única.



Figura 7 – APPLE CHAMPS ÉLYSSÉES. Fonte: fosterandpartners.com

Nesse caso, também se fez a análise tectônica considerando o tripé, apresentado graficamente abaixo (figura 8):

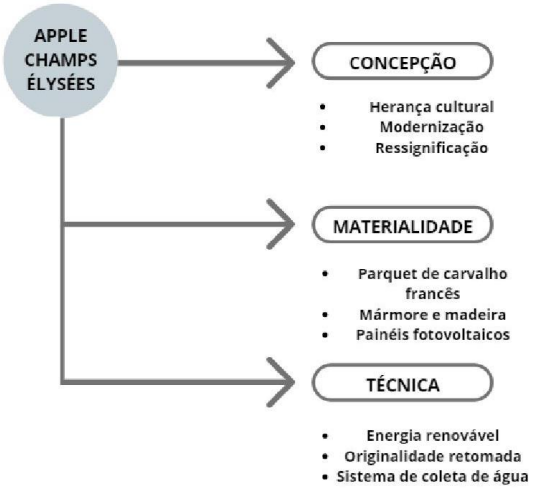


Figura 8 – Tripé de análise Apple Champs Élysées

3.1. A concepção

Nesse caso, a herança cultural e histórica, assim como no projeto analisado anteriormente, torna-se viés imprescindível na concepção do projeto de revitalização do espaço, além da modernidade que também deve ser exposta devido ao contexto contemporâneo que será inserido. Essa relação com o passado ocorre na forma cuidadosa em que os detalhamentos originais e escadas foram restaurados, além da cautela com a escolha da materialidade que compõe o espaço. A relação com o novo encontra-se na ressignificação do edifício com instalações modernas e soluções estruturais que inovam no sentido estético e sustentável.

Logo, a concepção do conceito preocupa-se com a ressignificação do espaço de forma a retomar sua originalidade e trazer inovações tecnológicas, aspectos que inovam o ambiente, sem necessariamente desconsiderar sua história. Norman Foster realiza mais uma vez nesse projeto uma revitalização que consilia aspectos históricos atrelados à tecnologias contemporâneas, estas sempre presentes em seu processo criativo.

3.2. A materialidade

A memória e herança cultural na composição de uma edificação pode ser alcançada pela materialidade como já dito. Logo, como a restauração visou remeter o espírito original do lugar, o cuidado com os materiais utilizados na obra foi essencial.

A materialidade utilizada nesse processo contou com o parquet de carvalho francês para remeter o passado, além da restauração de uma escalier d'honneur de madeira e mármore original e dos detalhamentos originais.

Apesar de indispensável a buscar pela memória o processo de revitalização trazia também a atualidade à obra, esta que também conta com a materialidade para expressá-la. Nesse caso, materiais novos foram adicionados cuidadosamente como os painéis fotovoltaicos presentes no Kaléidoscope, que reflete imagens do edifício, mostrando sua essência.

3.3. A técnica

No que diz respeito ao processo técnico-construtivo da revitalização, Norman Foster manteve preocupação em inovar num sentido sustentável além de estético, pois vários dos recursos de desing, possuem propósito ambiental.

O telhado escultural aplicado na cobertura do espaço, proporciona aproveitamento significativo da luz solar, além da presença dos painéis fotovoltaicos (figura 9) que funcionam como geradores de energia renovável. Outra solução técnica e inovadora para o edifício foi a instalação de um sistema integrado de coleta de água da chuva

aproveitada nos banheiros, árvores e paredes verdes. Técnicas que tornam o edifício alimentado 100% por energia renovável.



Figura 9 – APPLE CHAMPS ÉLYSSÉES, painéis fotovoltáicos. Fonte: fosterandpartners.com

4. CONCLUSÕES

No presente artigo houve o estudo de caso das obras Apple Carnegie Library e Apple Champs Élysées, de Norman Foster, localizadas em diferentes contextos. A análise buscou identificar a teoria tectônica alicerçada às esferas de concepção, materialidade e técnica, com foco nos processos de manutenção e revitalização do patrimônio de forma que alie e respeite o passado, presente e futuras gerações. Foster faz uso na conceituação de seus projetos a tectônica, na maneira em que associa material, forma, função e estética. Outra forte característica do arquiteto é a preocupação com relação à questões de sustentabilidade. Tais características são claramente expressas nos estudos de caso abordados.

Em ambos os casos a sustentabilidade foi fortemente levada em consideração na forma em que o arquiteto aplicou soluções inovadoras no processo de revitalização dos edifícios, sempre considerando e respeitando os significados e heranças culturais das obras. Dessa forma, nesses projetos ocorreu a cautela na preservação do antigo e na expressão do novo, na forma em que novas tecnologias foram aplicadas e a preocupação com as futuras gerações na maneira de projetar o espaço numa perspectiva sustentável, tendo em vista os atuais problemas ambientais que a sociedade enfrenta.

Portanto, as obras de análise exemplificam formas de atualizar sem provocar destruição, preservando aquilo de valor histórico ao mesmo tempo que o reabilita, também na forma em que restaura o que deve ser preservado (como materiais ou detalhamentos que remetam a herança cultural do lugar) e adiciona novos elementos cautelosamente a fim de respeitar a história de onde irá intervir, mas expressar a mudança, incorporando o antigo e o novo no mesmo ambiente. Atitudes necessárias na contemporaneidade, pois ao pensar na cidade como um organismo vivo e dinâmico, desenvolvimentos resolutivos operativos para a cidade tornam-se necessários, inclusive no que diz respeito a preservação do patrimônio, que devem se atualizar de maneira correspondente à sociedade, esta sujeita às constantes modificações. Em suma, a forma que Norman Foster se adequa ao atual contexto em obras de revitalização, expõe seus ideiais sobre a arquitetura, ter como única constante a modificação.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Rogério Pontes, 2016 – **Matrizes tectônicas: da arquitetura moderna brasileira**. Tese de doutoramento em Arquitetura e Urbanismo. Brasília: Universidade de Brasília. 182 p.

CANTALICE II, Aristóteles de Siqueira Campos, 2015 – **Descomplicando a tectônica: três arquitetos e uma abordagem.** Pós graduação em desenvolvimento urbano do Centro de arte e Comunicação. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. 305 p.

FISCHMANN, Rafael, 2019 – **Apple divulga fotos internas da belíssima loja da Carnegie Library em Washington**. MacMagazine. Disponível em: .https://macmagazine.uol.com.br/post/2019/05/09 /apple-divulga-fotos-internas-da-belissima-loja-da-carnegie-library-em-washington-d-c/. Acesso em: Dezembro 2019.

Foster+ Partners, 2019 – **Apple Carnegie Library, Washington DC**. Disponível em: https://www.fosterandpartners.com/projects/apple-carnegie-library-washington-dc/. Acesso em: Dezembro 2019.

Foster+ Partners, 2018 – **Apple Champs Élysées**. Disponível em:

https://www.fosterandpartners.com/projects/apple-champs-elysees/. Acesso em: Dezembro 2019.

GUIMARÃES, Leonardo, 2019 – **Apple inaugura flagship em Washington**. *Novarejo*. Disponível em: https://www.consumidormoderno.com.br/2019/05/13/apple-inaugura-flagship-em-washington-a-mais-ambiciosa-restauracao-do-mundo/. Acesso em: Dezembro 2019.

OLIVEIRA, Henrique Luiz de; VENTURA, Thaís Calixtro da Rocha; COSTA, Korina Aparecida Teixeira Ferreira da, 2015 – **Tectônica como conceito projetual de Norman Foster**. *Colloquium Humanarum, Presidente Prudente.* v.12, 375-383, Outubro.

PIZA, Maria Augusta, 2019 – **Como a arquitetura de Georges-Eugène Haussmann definiu Paris**. *Arquittetando*. Disponível em: https://arquittetando.com.br/como-a-arquitetura-de-georges-eugene-haussmann-definiu-paris. Acesso em: Dezembro 2019.

RG, 2018 – **Paris: Apple abre loja em edifício histórico na Champs Élyées.** *Uol*. Disponível em:https://siterg.uol.com.br/lifestyle/2018/11/18/paris-apple-abrelojaemedificiohistoricona-champs-elysees/#2. Acesso em: Dezembro 2019.

SCHIELKE, Thomas, 2019 – **Porque Norman Foster esculpe a luz natural em seus edifícios**. *ArchDaily*. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/910837/porque-norman-foster-esculpe-a-luz-natural-em-seus-edificios?ad_source=search&ad_medium=search_result_all.Acesso em: Dezembro 2019.

Study.com – **Arquitetura Beaux-Arts: Definição, características e estilo**. Disponível em: https://study.com/academy/lesson/beaux-arts-architecture-definition-characteristics-style.html. Acesso em: Dezembro 2019.

ZANIRATO, Sílvia Helena, 2016 – **Patrimonio cultural e sustentabilidade**. *Revista Confluências Culturais*. v. 5, 201-211.

COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS DE CAL APLICADAS SOBRE TIJOLO MACIÇO E PEDRA CALCÁRIA

BEHAVIOR OF LIME MORTARS APPLIED TO SOLID BRICK AND LIMESTONE





Isabel Torres [(1)], Inês Flores-Colen [(2)], João Braz [(3)]

(1) ADAI/LAETA, DECivil, Universidade de Coimbra, Portugal, itorres@dec.uc.pt
(2) CERIS, DECivil, IST, Universidade de Lisboa, Portugal, ines.flores.colen@tecnico.ulisboa.pt
(3) DECivil, Universidade de Coimbra, Portugal, joaobraz18@gmail.com

RESUMO

Algumas das paredes dos edifícios antigos em Portugal são constituídas por tijolo cerâmico maciço ou pedra calcária revestidos com reboco à base de argamassa de cal. Sendo este reboco o elemento mais externo da envolvente dos edifícios é também o elemento mais exposto a ações várias como as climáticas ou as mecânicas e, por consequência, é normalmente o primeiro a necessitar de reparação, e eventualmente de substituição.

A escolha de uma argamassa de reparação/substituição é uma tarefa complexa que deve envolver o conhecimento tão rigoroso quanto possível das características da argamassa existente e do respetivo suporte. Na posse deste conhecimento torna-se necessário proceder à escolha de uma argamassa compatível com estes dois elementos. A falta de compatibilidade entre os referidos elementos poderá levar à degradação do suporte, ao agravamento das anomalias existentes e ao aparecimento de outras.

Para a escolha de uma nova argamassa recorre-se à análise das suas propriedades, previamente determinadas em laboratório, de acordo com a normalização existente. A aplicação destas argamassas sobre um suporte real, como o tijolo maciço ou a pedra calcaria, que têm características muito diferentes dos moldes laboratoriais, origina um comportamento diferente e características distintas das argamassas aplicadas. Este diferente comportamento pode comprometer o bom funcionamento da solução de reabilitação.

Assim sendo torna-se muito importante analisar o comportamento das argamassas de cal após a sua aplicação em suportes de tijolo maciço e pedra calcaria.

Neste artigo o que se pretende apresentar é uma pequena parte de um projeto de investigação em curso, cujo objetivo é comparar as características das argamassas moldadas em moldes laboratoriais com o comportamento das mesmas quando aplicadas sobre suportes reais.

Palavras-chave: Reboco / Tijolo Maciço / Pedra Calcaria / Argamassa de Cal / Influência do Suporte

1. INTRODUÇÃO

Desde a crise de 2008, que afetou de forma muito particular o sector imobiliário, que o paradigma da construção se tem vindo a alterar, havendo uma maior aposta na reabilitação de edifícios. Também inerente à reabilitação, tem havido um aumento significativo na reabilitação de edifícios "antigos".

Os edifícios antigos, na grande maioria com paredes em alvenaria de pedra ou de tijolo maciço, estão expostos a ações agressivas que, de uma forma particular, degradam os revestimentos exteriores.

Os revestimentos exteriores dos edifícios antigos são maioritariamente revestimentos de argamassa (rebocos) e são dos principais e primeiros elementos a serem intervencionados e eventualmente substituídos, não só devido às condicionantes da arquitetura do edifício como pela sua função na proteção das alvenarias.

A falta de conhecimento das caraterísticas das argamassas em serviço, tem contribuído para o uso de argamassas incompatíveis, em reparações pontuais ou mesmo na substituição total, prejudiciais para o revestimento e para os suportes existentes. É fundamental a existência de compatibilidade entre as novas argamassas, as argamassas existentes e o suporte, tanto em termos mecânicos, como do ponto de vista físico. Deste modo, garante-se que não serão introduzidas tensões excessivas ou componentes que possam provocar ou conduzir a uma maior deterioração da construção. Neste contexto, torna-se imprescindível o conhecimento das características das argamassas aplicadas e das novas formulações para reabilitação.

O comportamento de uma argamassa após aplicação no suporte está muito dependente da interface que se vai criar entre estes dois elementos. Este comportamento é bastante diverso daquele que as argamassas apresentam quando são caracterizadas em laboratório.

É então muito importante estudar as características das argamassas aplicadas em determinados suportes e compará-las, com as suas características obtidas em laboratório, para que as mesmas possam garantir uma maior eficiência e uma maior compatibilidade entre si e com os suportes em edifícios antigos.

As argamassas de cal são as que apresentam maior adequabilidade e compatibilidade com os suportes de edifícios antigos. O objetivo deste estudo, que se insere no âmbito de um projeto de investigação atualmente a decorrer no Itecons e no IST, o IF_MORTAR, é aprofundar o conhecimento do comportamento das argamassas de cal hidráulica quando aplicadas em paredes de tijolo maciço e paredes de pedra calcária e comparar com o comportamento de argamassas de cal hidráulica moldadas em moldes laboratoriais.

2. OBJETIVOS

2.1. Considerações iniciais

O estudo em desenvolvimento tem como objetivo global aprofundar o conhecimento da interface de diversos tipos de argamassas aplicadas em diversos tipos de suportes e analisar o seu comportamento ao longo do tempo, tendo em conta as caraterísticas das formulações das argamassas, as formas de aplicação, as condições de cura, etc., de modo a avaliar a influência dos diversos fatores nas características das argamassas após aplicação.

Serão determinadas as características de todos os suportes, nomeadamente a sua porosidade aberta, porosimetria, massa volúmica aparente, coeficiente de absorção de água, coeficiente de permeabilidade ao vapor e índice da secagem.

Quanto às argamassas, serão determinadas as suas características em provetes moldados em laboratório, com dimensões de acordo com as normas aplicáveis. As argamassas serão também aplicadas nos diversos suportes, sendo posteriormente destacadas e caracterizadas, determinando-se as mesmas características que foram

obtidas para os provetes moldados nos moldes metálicos.

As condições de cura de todas as argamassas serão de dois tipos: cura de acordo com a normalização aplicável e, após essa cura alguns provetes (apenas para as argamassas aplicadas nos suportes) serão sujeitos a envelhecimento acelerado, de acordo com as condições indicadas nas normas.

Neste artigo apresentam-se alguns dos resultados até agora obtidos e que respeitam a argamassas de cal hidráulica aplicadas sobre supores de tijolo maciço e suportes de pedra calcária, para condições de cura normalizadas.

3. CAMPANHA EXPERIMENTAL

3.1. Metodologia

Nesta campanha experimental foram comparadas argamassas de cal hidráulica moldadas em moldes normalizados e as mesmas argamassas aplicadas em suportes de tijolo maciço e pedra calcária. A argamassa em estudo, foi uma argamassa de cal hidráulica NHL 3.5 ao traço volumétrico de 1:4, formulada em laboratório. A relação água/ligante foi de 1.2 kg/1.0 kg. A consistência registada foi de 174.

Foram executados provetes prismáticos de cal hidráulica com dimensões de 40 x 40 x 160 mm, para a determinação da massa volúmica, porosidade aberta (NP EN 1936:2008), absorção de água por capilaridade (ISO 15148:2002) e provetes cilíndricos para a determinação da permeabilidade ao vapor (EN 1015-19:2008 e da ISO 12572:2001) (Figura 1). Todas estas características foram determinadas após as condições de cura indicadas nas respetivas normas e os ensaios foram realizados também de acordo com as mesmas.



Figura 1 – Provetes Prismáticos e Cilíndricos

Paralelamente à execução dos provetes referidos, aplicou-se uma camada de argamassa de cal hidráulica em suportes de tijolo maciço e suportes de pedra calcária, com 1,5 cm de espessura. Os suportes foram previamente humedecidos e após a aplicação da camada de argamassa todos os provetes ficaram expostos a condições de cura semelhantes às dos provetes prismáticos e cilíndricos referidos. Para facilitar a aplicação de uma camada de argamassa com uma espessura uniforme foi executado um molde de madeira adequado (Figura 2).

Após o período de cura das argamassas aplicadas sobre os suportes é necessário destacá-las para que seja possível cortar provetes com dimensões adequadas (40 x 40 x 15 mm) para a realização dos ensaios. Para facilitar esse destaque procedeu-se à introdução de uma rede de fibra de vidro entre o suporte e a camada de argamassa. Nesta primeira campanha, e de forma a analisar a influência da presença da referida rede, foram executados provetes com e sem a introdução da rede. Em função dos resultados obtidos será ponderado, em campanhas

futuras, qual a melhor solução.

As condições de cura para todos os provetes foram: 20 ^{0}C e 95% HR durante 7 dias e a 20 ^{0}C e 65% HR durante mais 21 dias.



Figura 2 – Molde de madeira para aplicação da argamassa

Após a cura das argamassas nos suportes com rede e sem rede, as camadas de argamassas de alguns dos provetes foram destacadas. Previamente, com a argamassa ainda no estado fresco, foram marcados os provetes a retirar, (Figura 3) com dimensões especificas para a realização dos ensaios de massa volúmica aparente, porosidade aberta, permeabilidade ao vapor de água, absorção de água por capilaridade. O destacamento de algumas argamassas do suporte foi facilitado pela introdução de rede de fibra de vidro entre a argamassa e o suporte, já referida.



Figura 3 – Moldes marcados com as dimensões dos provetes

4. RESULTADOS

4.1. Resultados do ensaio de porosidade e massa volúmica

Nas figuras 4 e 5 apresentam-se os resultados obtidos nos ensaios de determinação da porosidade aberta.

Verifica-se que a aplicação das argamassas nos suportes provocou, genericamente, uma diminuição da porosidade aberta, como era expectável. De facto, quando a argamassa, no estado fluido, entra em contacto com um suporte poroso, como é o caso do tijolo maciço e da pedra calcária, parte da água de amassadura vai ser absorvida pelo mesmo. Quanto maior a absorção de água, menos espaços vazios existirão fazendo com que porosidade seja menor (VEIGA, 2016). A argamassa destacada do suporte de pedra calcária apresentou valores de porosidade aberta ligeiramente inferiores, possivelmente devido ao facto de a pedra ser um suporte mais

absorvente que o tijolo maciço. Esta análise será confirmada quando se caracterizarem os suportes. Em relação à influência da presença de rede na interface pode-se concluir que ela não influencia este parâmetro. Os valores obtidos para a porosidade aberta nos provetes destacados com e sem rede são muito semelhantes.

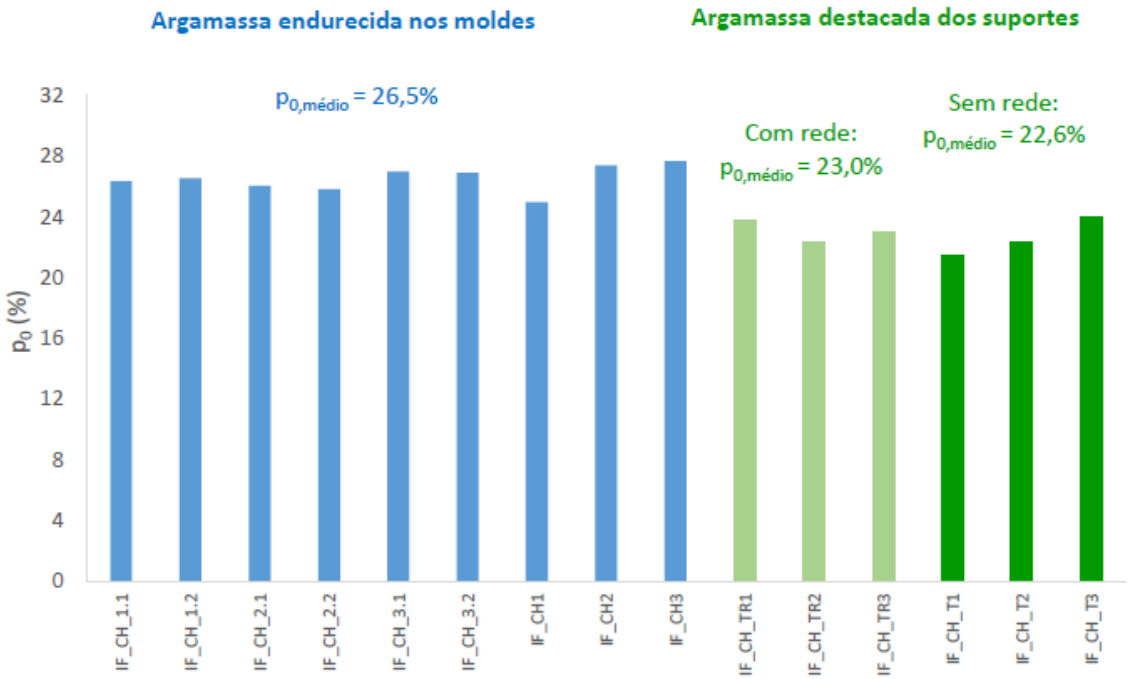


Figura 4 – Comparação da porosidade aberta dos provetes moldados com os destacados do suporte de tijolo maciço

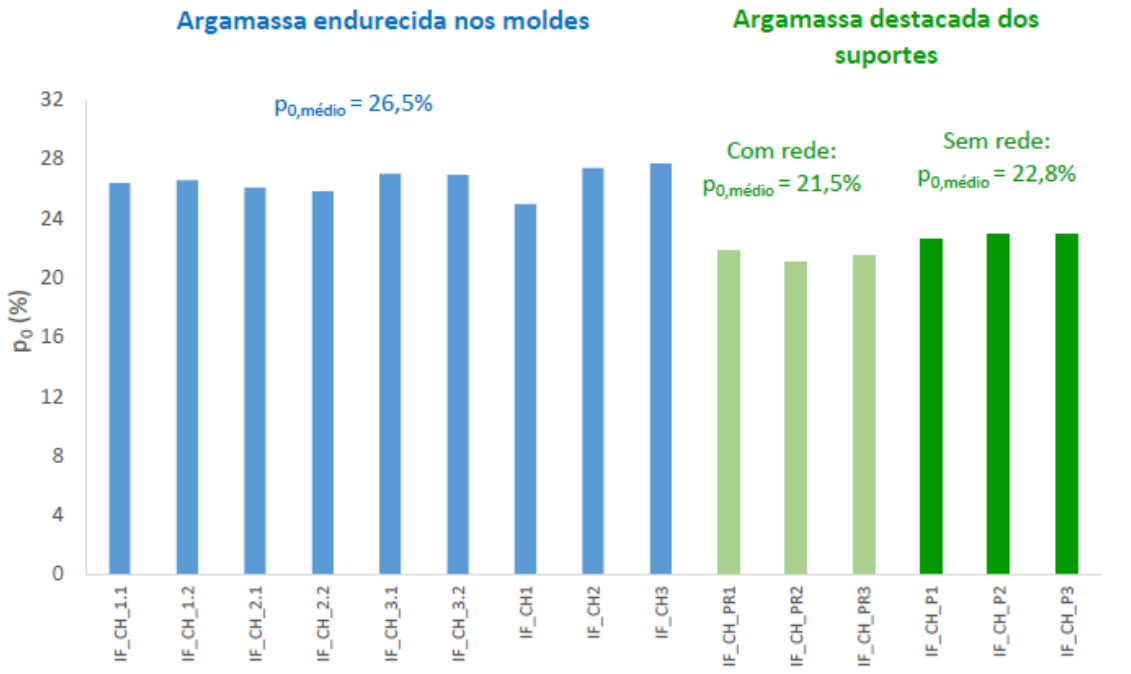


Figura 5 – Comparação da porosidade aberta dos provetes moldados com os destacados do suporte de pedra calcária

Quanto à massa volúmica aparente, cujos resultados se apresentam nas figuras 6 e 7, verifica-se ainda mais claramente que há uma homogeneidade de valores, entre os provetes em geral.

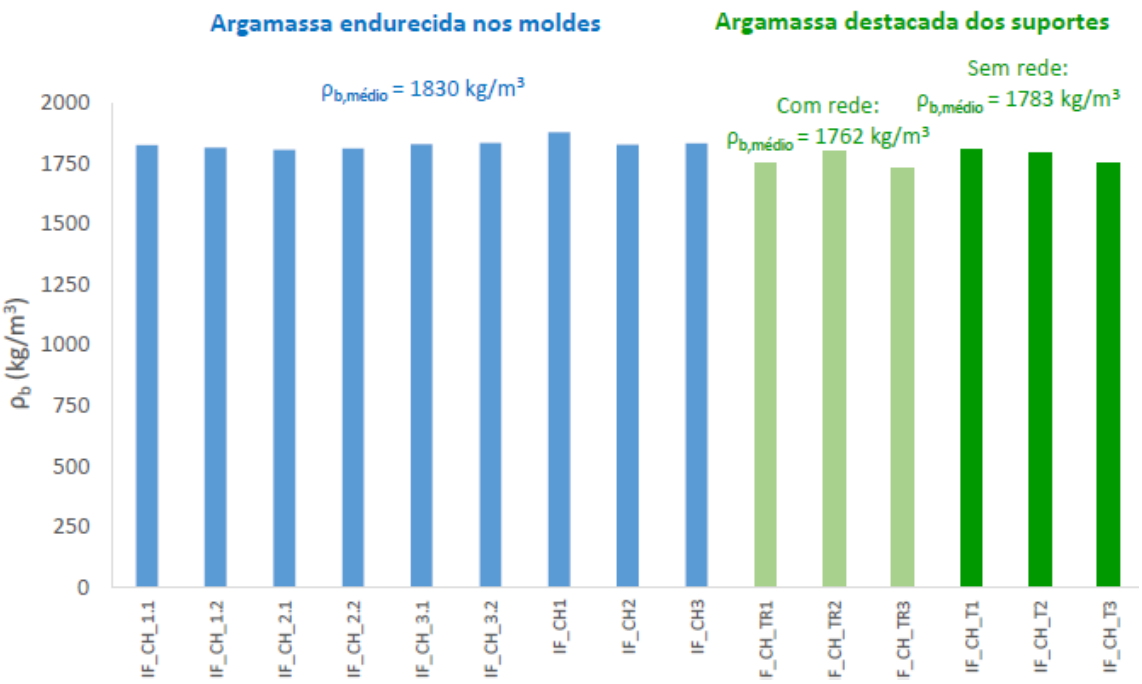


Figura 6 – Comparação da massa volúmica aparente dos provetes moldados com os destacados do suporte de tijolo maciço

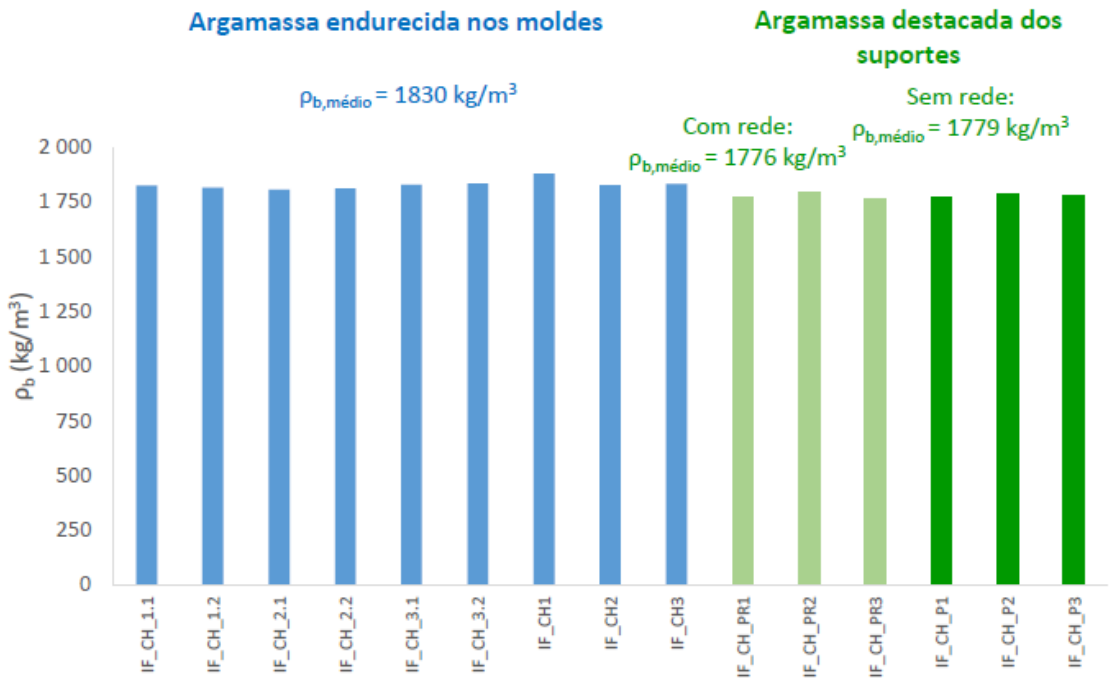


Figura 7 – Comparação da massa volúmica aparente dos provetes moldados com os destacados do suporte de pedra calcária

4.2. Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade/permeabilidade ao vapor de água

Pela análise dos resultados apresentados nas Figuras 8 e 9, que se referem ao coeficiente de absorção de água, pode concluir-se que as argamassas endurecidas nos moldes prismáticos apresentam um coeficiente médio de absorção de água por capilaridade mais elevado.

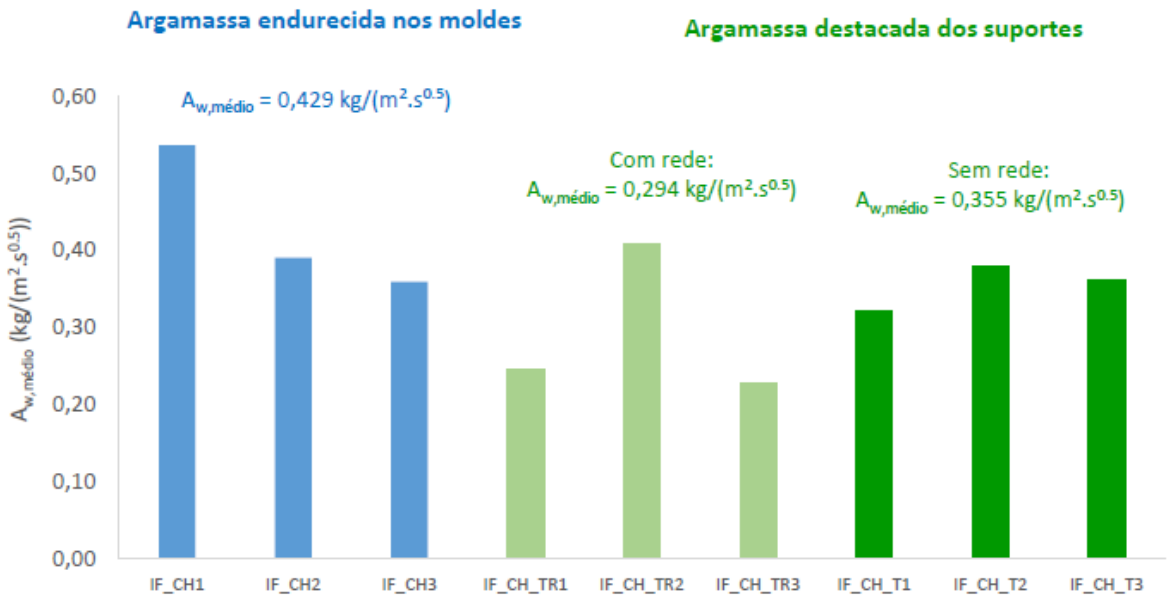


Figura 8 – Comparação do coeficiente de absorção de água dos provetes moldados com os destacados do suporte de tijolo maciço

Esta diferença confirma a tendência verificada nos parâmetros anteriores. Argamassas endurecidas nos suportes, menor porosidade, menor capacidade de absorção de água por capilaridade. Relativamente às argamassas endurecidas nos suportes com e sem rede, os seus valores aproximam-se, confirmando a quase inexistente influência da presença da rede nos parâmetros analisados.

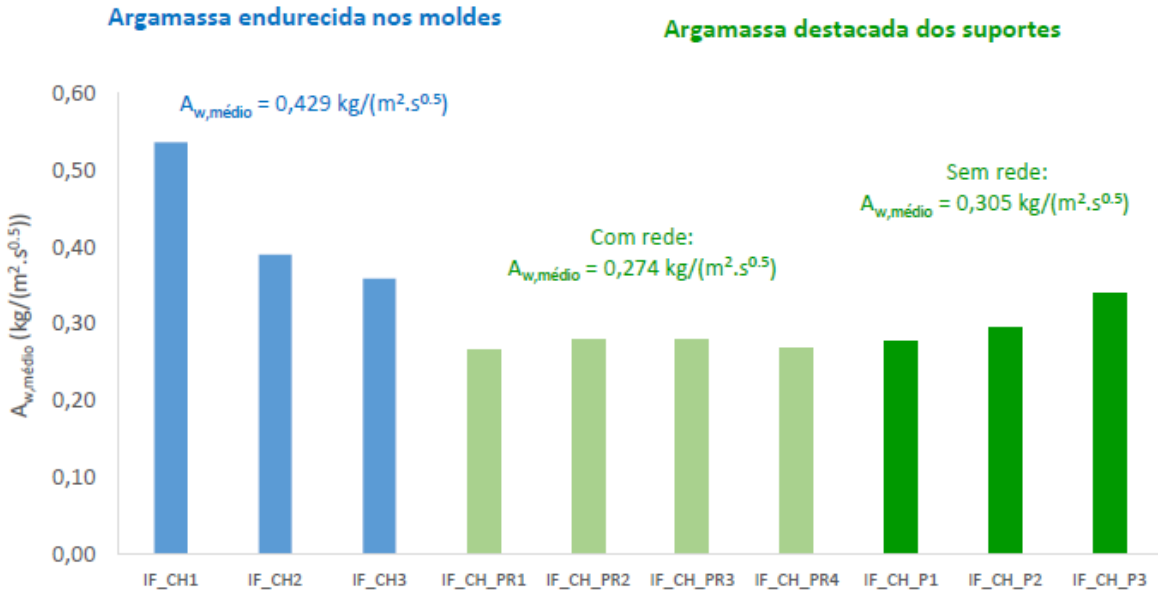


Figura 9 – Comparação do coeficiente de absorção de água dos provetes moldados com os destacados do suporte de pedra calcária

Nas figuras 10 e 11 são apresentados os resultados obtidos para o coeficiente de permeabilidade ao vapor de água, onde, novamente, pode observar-se a influência do suporte nesta característica.

À semelhança das características apresentadas anteriormente, verifica-se que a aplicação em ambos os suportes reduziu a permeabilidade ao vapor de água da argamassa. A redução foi ligeiramente maior para a argamassa destacada do suporte de pedra calcária, confirmando novamente a tendência anterior.

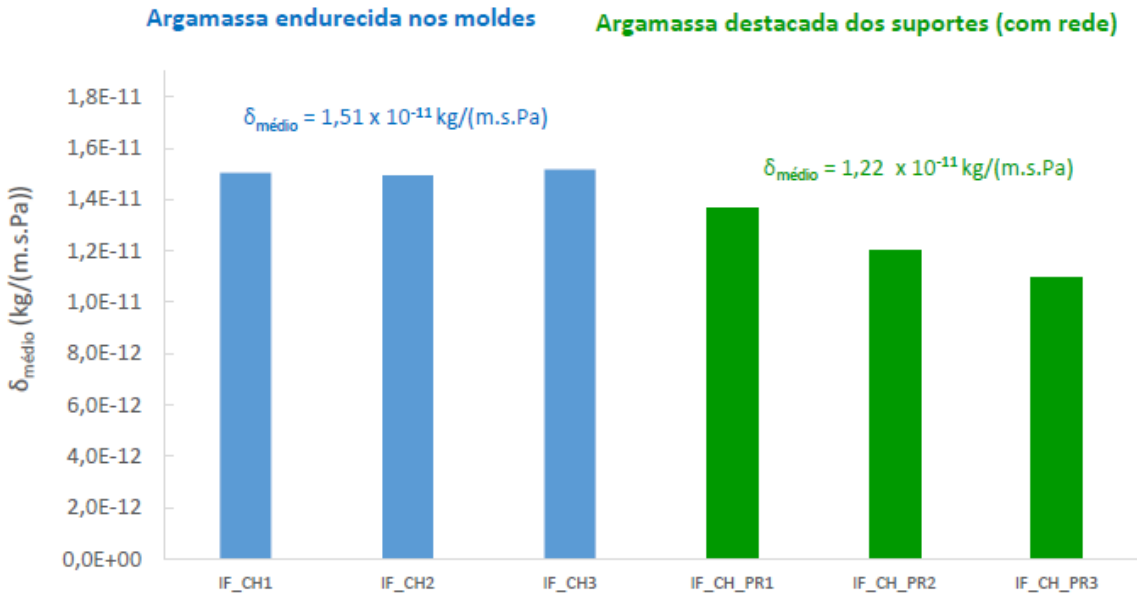


Figura 10 – Comparação do coeficiente de permeabilidade ao vapor de água dos provetes moldados com os destacados do suporte de tijolo maciço

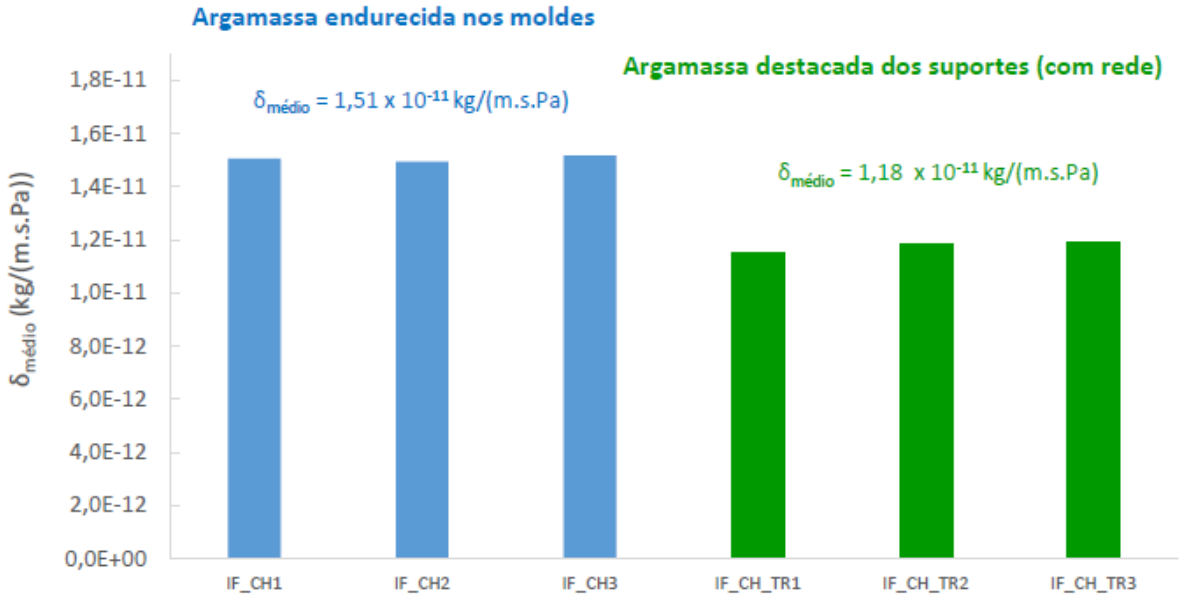


Figura 11 – Comparação do coeficiente de permeabilidade ao vapor de água dos provetes moldados com os destacados do suporte de pedra calcária

5. CONCLUSÕES

A investigação aqui apresentada é uma pequena parte da investigação mais alargada que está a ser desenvolvida no Itecons e no IST, no âmbito do projeto de investigação IF_MORTAR, e que tem como objetivo principal analisar a influência das características dos suportes nas características das argamassas.

A campanha que aqui se apresenta dirige-se a situações de reabilitação de edifícios antigos e por isso a argamassa escolhida foi a argamassa de cal hidráulica e os suportes o tijolo maciço e a pedra calcária, por fazerem parte da grande maioria das construções antigas em Portugal.

A primeira grande conclusão tirada confirmou o que já se tinha verificado noutras campanhas realizadas: as características do suporte influenciam de forma significativa as características das argamassas neles aplicadas.

Quanto aos resultados obtidos nesta campanha, observou-se que a aplicação da argamassa nos suportes provocou uma diminuição na sua porosidade, absorção de água e permeabilidade ao vapor. No suporte supostamente mais absorvente estas reduções dos parâmetros foram mais elevadas.

O que se verifica é que a argamassa, no estado fluido, quando entra em contacto com o suporte, este absorve parte de sua água de amassadura provocando a diminuição da sua porosidade e, por consequência a diminuição da absorção de água e permeabilidade ao vapor.

A campanha está a prosseguir com uma análise semelhante para argamassas de cal aérea sobre suportes idênticos e para condições distintas das apresentadas: envelhecimento acelerado de acordo com as normas aplicáveis.

AGRADECIMENTOS

O trabalho apresentado foi realizado no âmbito do projeto IF MORTAR (POCI-01-0145-FEDER-032223 / PTDC / ECI-EGC / 32223/2017), no âmbito do programa Portugal 2020, financiado pela FEDER através de o programa POCI. O financiamento fornecido é gentilmente reconhecido. Os autores também agradecem ao CERIS, unidade de investigação do IST e à FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia).

REFERÊNCIAS

ALFANO, Giulio, 2006 – **On the influence of the shape of the interface law on the application of cohesive-zone models**. *Composites Science and Technology*. 66(6), 723-730.

CARASEK, H.; GIRARDI, A. C. C.; ARAÚJO, R. C.; ANGELIM, R.; CASCUDO, O.,2018 – **Estudo e avaliação de agregados reciclados de resíduo de construção e demolição para argamassas de assentamento e de revestimento** / Study and evaluation of construction and demolition waste recycled aggregates for masonry and rendering mortars. *Cerâmica*. 64(370), 288-288-300.

CARASEK, Helena, 1997 – **Fatores que exercem influência na resistência de aderência de argamassas**. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas. Salvador: CEPED/EPUFBA/UCSAL/UEFS, 131-146.

CARASEK, Helena; CASCUDO, Oswaldo; SCARTEZINI, Luiz Maurício, 2001 – **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa**. IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Brasília, 23 a 25 maio (2001), 43-67.

EN 459-1:2011 – **Cal de construção: Parte 1: definições, especificações e critérios de conformidade.** Brussels: CEN.

EN 1015-11:1999 – **Methods of test for mortar for masonry – Part 11: determination of flexural and compressive strength of hardened mortar**. Brussels: CEN.

EN ISO 12572:2016 – **Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water vapour transmission properties – Cup method**. Brussels: CEN.

EN ISO 15148:2002 – **Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water absorption coefficient by partial immersion**. Brussels: CEN.

EN NP 1936:2008 – **Métodos de ensaio para pedra natural. Determinação das massas volúmicas real e aparente e das porosidades total e aberta**. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

FLORES-COLEN, Inês; FREITAS, Vasco Peixoto, 2009 – **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva**. Dissertação para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Civil. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa/Instituto Superior Técnico.

FLORES-COLEN, Inês; BRITO, Jorge; FREITAS, V. 2006 – **Expedient *in situ* test techniques for predictive maintenance of rendered façades.** *Journal of Building Appraisal*. 2, 142-156.

KAZMIERCZAK, Claudio de Sousa; BREZEZINSKI, Débora Elisiane; COLLATTO, Décio 2007 – **Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa**. *Estudos Tecnológicos em Engenharia*. 3(1), 47-58.

LOPES DOS SANTOS, A. R.; TAVARES, M.; PROVIDÊNCIA, P., 2015 – **Os revestimentos do centro histórico de Coimbra: A caraterização de argamassas de revestimento de paredes**.

RODRIGUES, Daniel Assares, 2010 – **Influência dos métodos de ensaio nas características de argamassas de cal aérea e hidráulica**. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

SABBIONI, Cristina; BONAZZA, A; ZAPPIA, G.,2002 – **Damage on hydraulic mortars: the Venice Arsenal**. *Journal of cultural Heritage*, 3(1), 83-88.

SANTOS, Dora Alexandra Ferreira dos, 2014 – **A influência das condições de cura nas propriedades das argamassas de cal para revestimentos antigos**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

SCARTEZINI, Luís Maurício; JUCÁ, Tatiana Renata; LINHARES, Henrique *et al*., 2002 – **Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa**. Ambiente Construído, 2(2), 85-92.

SUGO, Heber; PAGE, Adrian W.; LAWRENCE, Stephen, 2007 – **Influence of age on masonry bond strength and mortar microstructure**. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 34(11), 1433-1433-1441.

TORRES, Isabel; VEIGA, Maria do Rosário; FREITAS, Vasco, 2018 – **Influence of substrate characteristics on behavior of applied mortar**. *Journal of Materials in Civil Engineering*. Volume 30, issue 10.

FARINHA, Catarina Brazão; BRITO, Jorge de; VEIGA, Rosário, 2016 – **Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos de resíduos de loiça sanitária: efeito de fíler e potencial efeito pozolânico**. *Engenharia Civil*. UM, Número 53.

AVALIAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO EXISTENTES CONSIDERANDO AS EXIGÊNCIAS DA NORMA DE DESEMPENHO NBR 15.575

EVALUATION OF EXISTING HOUSING BUILDINGS CONSIDERING THE PERFORMANCE STANDARD NRB 15.575





Milton Vilhena Granado Júnior [(1)], Sasquia Hizuru Obata [(2)], Carolina de Rezende Maciel [(3)]

(1) Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil, milton.granado@mackenzie.br
(2) Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil, sasquia.obata@mackenzie.br
(3) Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil, carolina.maciel@mackenzie.br

RESUMO

O aumento da população urbana mundial chama a atenção globalmente para discussão sobre a densidade urbana, bem como da contribuição do estoque de edifícios existentes para a acomodação deste contingente em centros urbanos consolidados. Em São Paulo, o tema ganha maior importância quando são observados dados representativos do déficit habitacional, que alcançou o total de 368.731 moradias, de acordo com o Plano Municipal da Habitação (2016) e dados sobre o número de imóveis ociosos notificados pela Prefeitura de São Paulo em atendimento ao IPTU Progressivo – 1.384 imóveis para o mesmo período. Muitos destes imóveis, porém, foram construídos há várias décadas, com sistemas construtivos comumente adotados para a época. Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de edifícios localizados na cidade de São Paulo (Brasil) frente às exigências e recomendações da norma NBR 15.575 (2013) – Desempenho de edificações habitacionais. O recorte adotado por este trabalho centra-se no desempenho relativo ao conforto ambiental das edificações, portanto, no desempenho térmico, acústico e lumínico. Questiona-se se estes edifícios, construídos em outro contexto tecnológico e mesmo que esta normalização não incida em edifícios pré-existentes e aprovados antes de julho de 2013, estão adequados às exigências da Norma de Desempenho, dada sua vigência desde 2013 e, em caso negativo, quais seriam as alterações necessárias para atendê-la. Espera-se que a partir do presente trabalho sejam identificadas potencialidades e diretrizes para projetos de retrofit adotando os parâmetros de desempenho estabelecidos pela NBR 15.575, visando o aproveitamento do estoque de edifícios existentes.

Palavras-chave: Retrofit / Arquitetura Paulista / Desempenho Acústico / Desempenho Térmico / Desempenho Lumínico

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população urbana mundial chama a atenção globalmente para discussão sobre a densidade urbana, bem como da contribuição do estoque de edifícios existentes para a acomodação deste contingente em centros urbanos consolidados. Em São Paulo, o tema ganha maior importância quando são observados dados representativos do déficit habitacional, que alcançou o total de 368.731 moradias, de acordo com o Plano Municipal da Habitação (2016) e dados sobre o número de imóveis ociosos notificados pela Prefeitura de São Paulo em atendimento ao IPTU Progressivo – 1.384 imóveis para o mesmo período. Muitos destes imóveis, porém, foram construídos há várias décadas, com sistemas construtivos comumente adotados para a época.

De acordo com PIERRARD & AKKERMAN (2013), o conceito de desempenho de edificações teve origem na Europa, em meados dos anos 1960, estabelecendo-se como uma metodologia estruturada para projetar, desenvolver materiais, componentes e sistemas a partir dos anos 1980. Em 1984 esta metodologia foi consolidada com publicação da norma ISO 6241 – *Performance standard in buidings – Principles for their preparation and factos to be considered* que estabeleceu o conjunto de requisitos aos quais uma edificação deve atender visando a segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

Com a melhora dos sistemas construtivos, dos materiais e da tecnologia na construção civil, os elementos estruturais e de vedação têm se tornando cada vez mais esbeltos (MORENO *et al.* 2017). Embora haja um benefício em relação à redução do peso próprio das construções, em áreas correlatas da arquitetura, como o conforto acústico, esta redução na espessura dos componentes pode levar a prejuízos em seu desempenho.

Neste sentido, a NBR 15.575 Edificações habitacionais — Desempenho (ABNT, 2013) foi desenvolvida com o objetivo de aperfeiçoar a qualidade das habitações brasileiras, determinando parâmetros mínimos sobre, por exemplo, a durabilidade da estrutura, se estendendo até exigências de acabamento. No âmbito do conforto ambiental, a norma abrange as três principais áreas de conforto térmico, conforto lumínico e conforto acústico, firmando-se como importante documento para que o usuário da edificação tenha asseguradas condições mínimas de conforto.

A NBR 15.575 (ABNT, 2013) foi um marco na normatização brasileira, pois foi a primeira norma a exigir critérios de desempenho para os diversos sistemas que compõe a edificação. Esta norma foi responsável por uma verdadeira mudança no mercado da construção brasileiro, pois, independente da solução construtiva, o ambiente habitacional agora deve atender à uma série de exigências mínimas e, dependendo do desempenho apresentado, ser classificado em mínimo (de atendimento obrigatório), intermediário ou superior.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de edifícios localizados na cidade de São Paulo (Brasil) frente às exigências e recomendações da norma NBR 15.575 (ABNT, 2013) – Desempenho de edificações habitacionais. O recorte adotado por este trabalho centra-se no desempenho relativo ao conforto ambiental das edificações, portanto, no desempenho térmico, acústico e lumínico.

Questiona-se se estes edifícios, construídos em outro contexto tecnológico e mesmo que esta normalização não incida em edifícios pré-existentes e aprovados antes de julho de 2013, estão adequados às exigências da Norma de Desempenho, dada sua vigência desde 2013 e, em caso negativo, quais seriam as alterações necessárias para atendê-la.

2. OS OBJETOS DE ANÁLISE: DEFINIR RECORTE QUALITATIVO E COMO ESTRATÉGIA DE POTENCIAL

A amostra de edifícios considerados para este estudo foi obtida a partir do levantamento disponível no site

<https://www.arquivo.arq.br>, que se trata de um acervo online de informações de edifícios icônicos da cidade de São Paulo, compilados pelo arquiteto Dimitri Iurassek.

O site catalogou edifícios construídos desde 1896 até 1995, apresentando dados de a) Autores do projeto; Colaboradores; c) Ano de construção; d) Área do terreno; e) Área construída; f) Número de pavimentos; Uso (tipologia); h) Paisagismo; i) Arte; j) Construção; l) Local (endereço); m) Sistema estrutural; n) Projeto estrutural; o) Período de construção; p) Estado de conservação; q) Grau de descaracterização; r) Concurso; s) Publicações nas quais o projeto aparece; t) Informações referentes ao tombamento; u) Status; v) Site oficial.

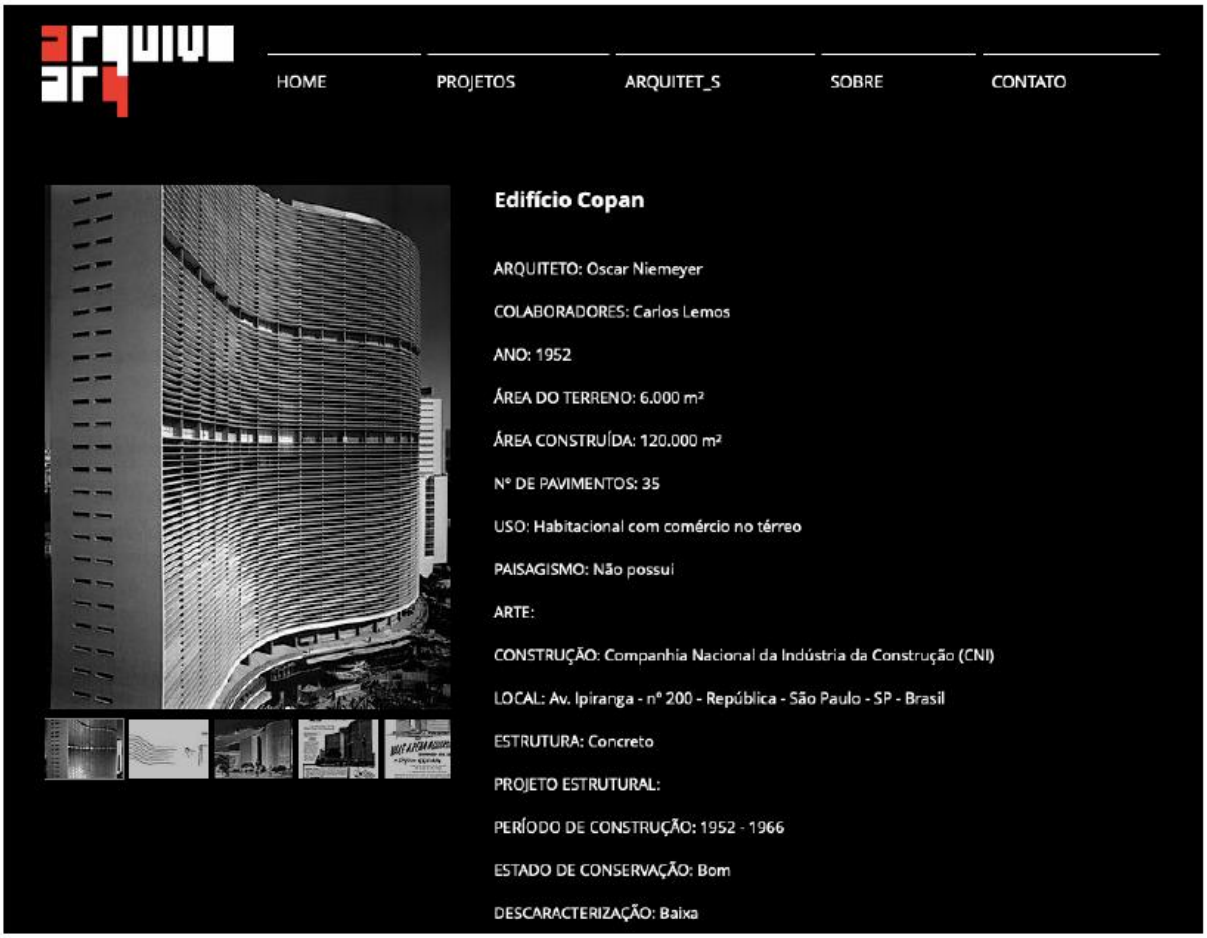


Figura 1 – Informações referentes ao Edifício Copan, dentro do site ArquivoArq
Fonte: Disponível em https://www.arquivo.arq.br/

O site conta com 530 projetos catalogados, todos localizados na cidade de São Paulo-SP, abrangendo usos do tipo residencial, comercial, institucional, educacional, esportivo, cultural, religioso entre outros. A partir das informações contidas no site, portanto, foi elaborada uma planilha Excel com os dados dos projetos em questão. Esta planilha teve como objetivo auxiliar na definição do recorte acerca dos edifícios que seriam escolhidos para a fase de estudo de caso deste trabalho.

Considerando a problemática do deficit habitacional e o potencial de prédios altos (≥ 15 pavimentos) localizados no centro de São Paulo de possivelmente responderem à esta demanda, decidiu-se pela seguinte sequencia de recortes para a definição dos edifícios que seriam considerados na etapa de estudo de caso. Partindo do universo de 530 projetos disponíveis no site, para os propósitos da presente pesquisa foram descartados os projetos de residências unifamiliares, restando 310 projetos. Em seguida, foram selecionados somente os edifícios de uso definido como “habitacional” ou “habitacional com comércio”, restringindo a amostra a 114 exemplares.

Em seguida, considerou-se o número de pavimentos dos edifícios da amostra, para o qual foi adotado o número mínimo de 15 pavimentos para que pertencesse à amostra. E, por último, considerou-se o estado de conservação do edifício, definindo-se que o estudo centrar-se-ia em prédios que estivessem com estado de conservação "Ruim", "Regular" ou "Péssimo". Desta forma, após todas as considerações descritas, chegou-se à uma amostra de 8 edifícios, dos quais foram extraídos 3 para as análises mais aprofundadas apresentadas neste trabalho. Os edifícios escolhidos são:

- Edifício Ouro Preto (1954) do arquiteto Franz Heep;
- Edifício Araraúnas (1953) do arquiteto Franz Heep;
- Edifício Japurá (1945) do arquiteto Eduardo Knesse de Mello.



(a) (b) (c)

Figura 2 – (a) Edifício Ouro Preto; (b) Edifício Araraúnas; (c) Edifício Japurá
Fonte: Disponível em https://www.arquivo.arq.br/

Os três edifícios foram escolhidos por serem os que apresentaram maior quantidade de informações e dados técnicos (plantas, cortes, elevações, entre outros).

3. A NORMA DE DESEMPENHO: OS REQUISITOS E CRITÉRIOS PARA DESEMPENHO REFERENTES AO CONFORTO AMBIENTAL

3.1. Desempenho lumínico – Níveis requeridos de iluminância natural

Por se tratar de edificações já construídas, a análise de desempenho lumínico será de comprovação e tomando como referência o apartamento de condições de localização menos favoráveis e condições de aproveitamento da luz natural, condicionada à avaliação da variável denominada fator de luz diurna – FDL.

De acordo com Bertini *et al.* (2013) o Fator de Luz Diurna (FLD) é definido como a parcela da luz proveniente do exterior que atinge o ponto interno da medida, sendo a razão percentual entre a iluminância interna no ponto de referência (centro do cômodo, a 0,75 m de altura) e a iluminância externa disponível, sem incidência de radiação direta do sol.

Para a comprovação do desempenho é empregada a simulação computacional por meio de softwares e a medição *in loco* por meio de equipamentos calibrados, sendo que a medição tem como justificativa a constatação dos aspectos relevantes para o desempenho lumínico como obstruções e outros elementos construtivos ou não do empreendimento.

A NBR 15.575 (ABNT, 2013) na tabela denominada de níveis de fator de luz diurna, vide Tabela 1, apresenta os níveis Mínimo, M, Intermediário, I e o Superior, S, para a qual recomenda os níveis I e S como valores de maior conforto e o Mínimo a ser atendido obrigatoriamente.

Tabela 1 – Níveis de desempenho de fator de luz diurna

Dependência	FLD (%) para os níveis de desempenho		
	M	**I**	**S**
Sala de estar; Dormitório; Copa / cozinha; Área de serviço.	≥ 0,50%	≥ 0,65%	≥ 0,75%
Banheiro; Corredor ou escada interna à unidade; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens/estacionamentos	Não exigido	≥ 0,25%	≥ 0,35%

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013)

A segunda condicionante e não obrigatória, mas de maior eficiência ambiental e aderente a maior economia energética e sustentabilidade refere-se aos níveis de iluminância unicamente natural, vide Tabela 2.

Tabela 2 – Níveis de desempenho de iluminamento por dependência da habitação

Dependência	**Iluminamento geral para os níveis de desempenho** lux		
	M	***I***	***S***
Sala de estar; Dormitório; Copa / cozinha; Área de serviço.	≥ 60	≥ 90	≥ 120
Banheiro; Corredor ou escada interna à unidade; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens/estacionamentos	Não exigido	≥ 30	≥ 45

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013)

Para comprovação do FDL e do desempenho de iluminamento natural considera-se pela NBR 15575 que a constante percentual ente a iluminância interna e externa à sombra, ou seja, sem incidência de radiação direta do sol, é característica de cada ambiente da habitação. Exclui-se as áreas confinadas ou as que não possuam iluminação natural, bem como, a condicionante de locação menos favorável como sendo em edifícios de múltiplos pavimentos como sendo de apartamento em nível térreo ou abaixo da cota da rua os valores podem ser de no máximo 20% inferior aos valores apresentados.

Deste exposto indica-se que uma vez avaliado o desempenho das dependências quanto às condições lumínicas naturais, pode-se propor intervenções na infraestrutura do ambiente do edifício e indicar atendimentos necessários quanto a iluminação artificial.

3.2. Desempenho térmico – Procedimento normativo

3.2.1. Requisito – Adequação das paredes externas

Para o presente trabalho adotaremos o método normativo/ procedimento prescritivo (NBR 15575-4) para os sistemas de vedações verticais internas e externas, enfatizando os sistemas de vedação externos e sugerindo

adoção para os internos.

Para o caso específico de São Paulo e conforme a NBR 15220-3, consideraremos a zona bioclimática parte 3- "Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social".

Tabela 3 – Critérios para atendimento ao nível mínimo de desempenho térmico na Zona Bioclimática 3

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar (adimensional)	Transmitância térmica [W/(m²K)]	Capacidade térmica [kJ/(m²K)]
ZB3	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem exigência

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2013)

A partir das informações da tabela 03, considera-se que a variável absortância (α), ou seja, a cor das superfícies é o critério utilizado para determinar o nível a ser atendido pelo componente construtivo em termos de transmitância.

Por exemplo, caso opte-se por pintar a superfície com uma cor mais clara ($\alpha \leq 0,6$) é possível especificar um componente com $U \leq 3,70$ W/(m²K). Porém, caso opte-se por pintar a superfície com uma cor maior escura ($\alpha > 0,6$), é necessário restringir o valor de $U \leq 2,50$ W/(m²K). Nos dois casos, a capacidade térmica deve ter valor superior à $CT \geq 130$ kJ/(m²K).

3.2.2. Requisito – Aberturas para ventilação

A norma NBR 15575 não traz requisitos de ventilação em relação ao tamanho das aberturas para a zona bioclimática 3, somente exige que as mesmas tenham controle para o período frio (inverno).

3.3. Desempenho acústico - Sistemas de vedação verticais externas (fachadas)

De acordo com Pierrard & Akkerman (2013), a NBR 10.152 – Níveis de ruído para conforto acústico, que existe desde 1987, estabelece os níveis de ruídos máximos admissíveis nos ambientes segundo os tipos de usos. Porém, mesmo existindo há várias décadas, o mercado da construção civil não buscou atender aos requisitos nela dispostos por meio da especificação de soluções condizentes.

Já NBR 15.575, a partir de 2013 veio definir, considerando-se estes níveis admissíveis previstos na NBR 10.152, os níveis de desempenho que os sistemas construtivos devem ter para atenuar a transmissão dos ruídos gerados externa e internamente nas edificações habitações. Ou seja, neste caso o atendimento ao disposto na norma recai não somente sobre o projetista, mas também sobre o fabricante dos sistemas e componentes construtivos que devem apresentar as informações referentes aos seus produtos.

Regulam-se assim os níveis de desempenho acústico das paredes externas, das esquadrias utilizadas em dormitórios, das paredes internas que separam duas unidades, das paredes internas que separam as unidades das áreas comuns, do conjunto de paredes e portas que separam duas unidades, e dos sistemas de pisos com relação ao ruído aéreo e de impacto (PIERRARD & AKKERMAN, 2013).

Conforme definido nas incumbências dos intervenientes previstos na NBR 15575, cabe aos fabricantes de sistemas construtivos apresentar ao projetista e ao empreendedor o desempenho de seus sistemas quando medidos em laboratório. E cabe ao empreendedor analisar estes dados quanto à capacidade de atenderem a

condição de desempenho em campo exigida do incorporador/construtor de acordo com as condições de ruído ambiental encontradas no local de implantação do projeto.

No presente trabalho, os edifícios em estudo terão seus sistemas de vedação verticais externas (fachadas) analisadas (tabela 4). Desta forma, pelo fato de os edifícios analisados neste estudo estarem localizados em vias de alto fluxo de veículos, considera-se seu enquadramento na classe de ruído "III".

Tabela 04 – Níveis de desempenho – isolamento das vedações externas (fachadas)

Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de vedações externas (fachadas)

Parâmetro		Ruído Externo		Desempenho		
		Classe de ruído	Localização	MÍN	INT	SUP
Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada	$D_{2m,nT,w}$	I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	**≥ 20 dB**	≥ 25 dB	≥ 30 dB
		II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	**≥ 25 dB**	≥ 30 dB	≥ 35 dB
		III	Habitação sujeita ao ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	**≥ 30 dB**	≥ 35 dB	≥ 40 dB

Obs.: Valores em negrito são normativos (obrigatórios) e os demais informativos.

Fonte: Pierrard & Akkerman (2013)

4. ESTUDOS DOS OBJETOS

Foi selecionado o ambiente considerado em situação crítica em cada edifício selecionado para a etapa de análise dos estudos de caso, conforme figura 3.

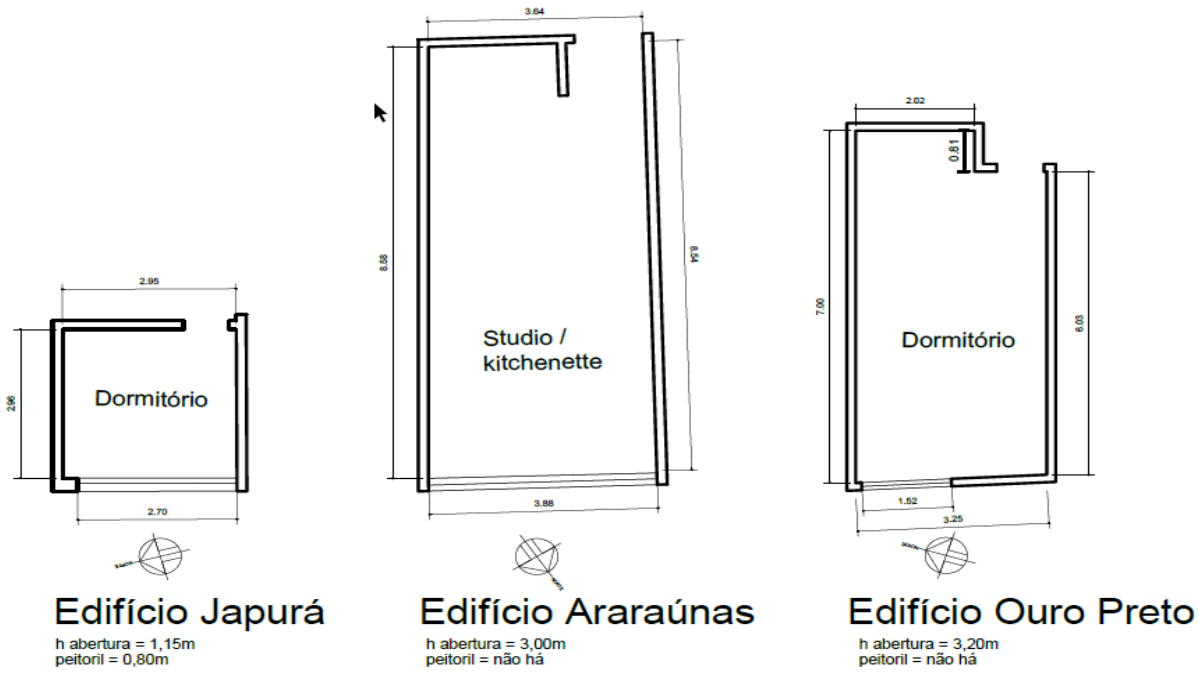


Figura 3 – Ambientes selecionados para análises de desempenho

Fonte: Elaborado pelos autores

4.1. Desempenho lumínico – Níveis requeridos de iluminância natural

Tomando-se como ferramenta o simulador lumínico de Andrew Marsh (2020) disponível em https://drajmarsh.bitbucket.io/daylight-box.html, para o qual tem-se uma iluminância média externa fixada em 40000 lux, comprovou-se primeiramente ser um valor adequado, dada a locação para a cidade de São Paulo, bem como, ponderado para este artigo e tendo como referências os valores apresentados por Alves Neto (2018) como um valor médio entre um céu encoberto, parcialmente encoberto e, claro, nos solstícios e equinócios e, tipos de céu correspondem aos tipos encontrados em cidades brasileiras.

A seguir encontram-se as curvas isolux (figura 4), sendo para cada ambiente os valores no centro de cada ambiente os valores de iluminância e de FDL apresentados na Tabela 6

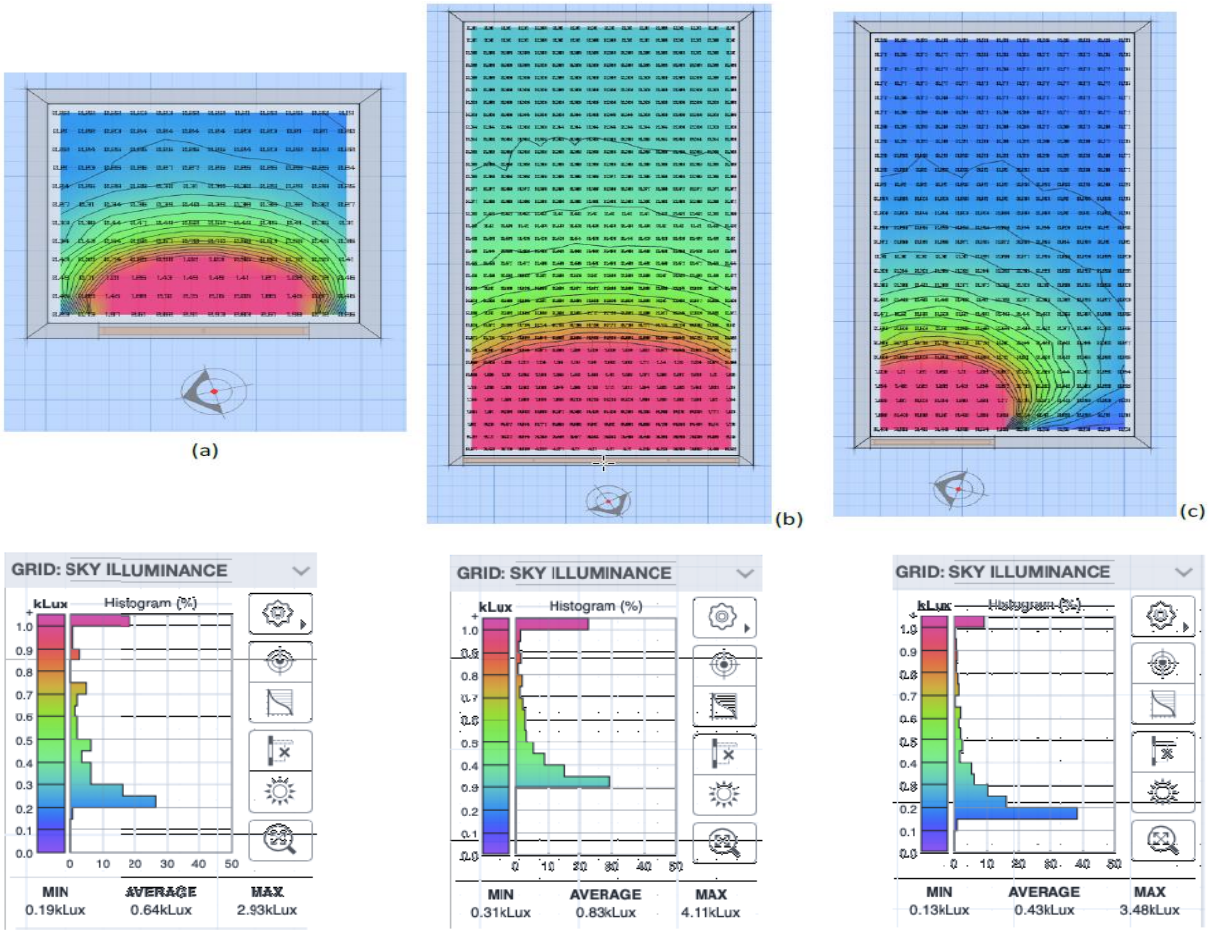


Figura 4 – Resultados da simulação do desempenho lumínico dos ambientes (a) Edifício Japurá; (b) Edifício Araraúnas e (c) Edifício Ouro Preto

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de https://drajmarsh.bitbucket.io/daylight-box.html

Tabela 5 – Valores de iluminância e FDL obtidos da simulação

Edifício	Iluminânica Interna valor no centro do ambiente (lux)	Iluminânia Simulada média (lux)	FDL no centro do ambiente (%)	FDL médio do ambiente (%)
(a) Japurá	400	640	1,00	1,60
(b) Araraúnas	380	830	0,95e	2,08
(c) Ouro Preto	220	430	0,55	1,08

Fonte: Elaborado pelos autores

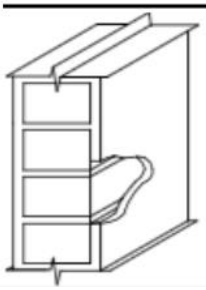
A partir destes resultados nota-se que todos os valores são superiores a 60 lux, bem como estão em nível superior

por serem maiores que 120 lux, bem como, nem valor de FDL é menor que 1%, assim todos os ambientes atendem as condições mínimas de desempenho e até superam ao quesito de conforto lumínico.

Mas é necessário destacar que os valores apresentados não consideram obstruções devidas ao paisagismo e de outras condições de entorno dos edifícios em estudo.

4.2. Desempenho térmico – Procedimento prescritivo

Considerando o método normativo/ procedimento prescritivo (NBR 15575-4) para os sistemas de vedações verticais internas e externas, serão enfatizados os sistemas de vedação externos. Dessa forma, será avaliado o desempenho dos fechamentos externos como sendo constituídos por alvenaria comum de tijolos maciços revestidos em ambas as faces e pintados em cor clara (ct < 0,6, ver figura 5). Para fins deste estudo, considerou-se que as paredes de todos os edifícios têm a mesma composição.

Parede	Descrição	U (W/(m².K)	CT (kJ/(m².K)
	Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	3,13	255

Fonte: NBR 15220-1 (ABNT, 2013)

Figura 5 – Vedações verticais em alvenaria de tijolos maciços, revestidas em ambas as faces

4.2.1. Conclusão

A especificação de vedação vertical está de acordo com os requisitos da NBR 15220-4 apresentados na tabela 3 (ct < 0,6; U < 3,70; e CT > 130). Logo, não será necessário executara a simulação computacional.

4.3. Desempenho acústico – Sistemas de vedação verticais externas (fachadas)

Na figura 6 é apresentado o mapa de ruído para o entorno próximo aos edifícios Japurá e Ouro Preto. De acordo com INAD (2020), para elaboração do mapa foram seguidas as diretrizes dos estudos realizados no Mapa Piloto e do Guia de boas práticas europeu a partir da metodologia CNOSSOS. O mapa em sua versão piloto está disponível em: http://www.mapaderuidosp.org.br/mapa-de-ruido/mapa-centro-sp/

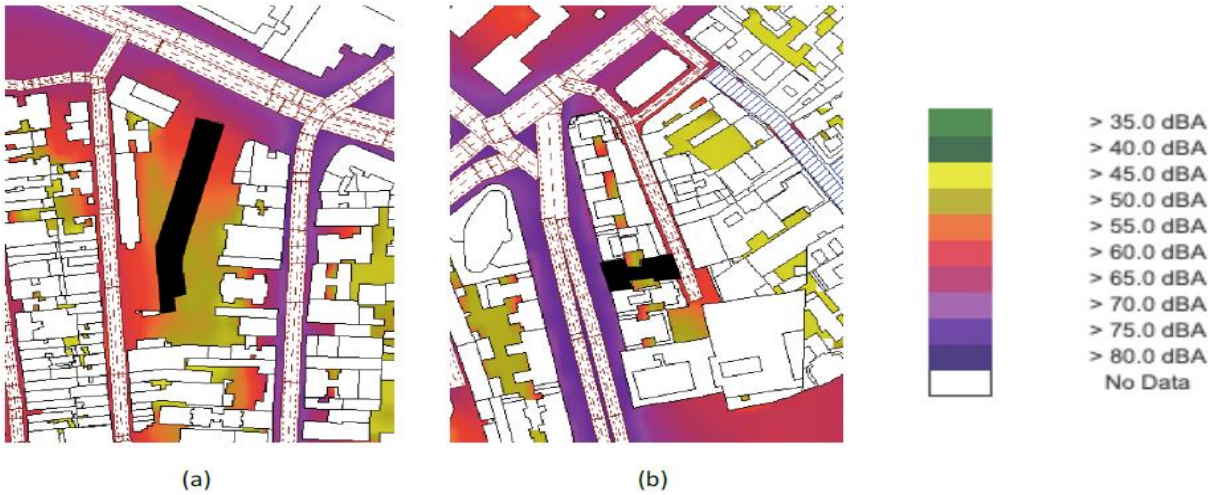


Figura 6 – Mapa de ruído para o entorno do (a) Edifício Japurá; (b) Edifício Ouro Preto
Fonte: Adaptado pelos autores a partir de http://www.mapaderuidosp.org.br/mapa-de-ruido/mapa-centro-sp/

O Mapa Piloto trata-se do esforço inicial para o cumprimento da Lei 16.499 Mapa de Ruído Urbano, de 21/07/2016, que instituiu a obrigatoriedade de implantação do Mapa de Ruído no Município de São Paulo. Na ausência de dados para o caso do edifício Araraúnas, por conta de este encontrar-se fora da área coberta pela versão piloto do mapa, adotou-se os valores médios considerando a mesma categoria de via.

Conforme observado na figura 6a, o edifício Japurá encontra-se próximo a uma via estrutural da cidade de São Paulo que conta com alto fluxo de veículos, resultando em níveis fortes de ruído nas adjacências desta via (variando de 62 a 65 dB(A)). Por conta da forma de implantação deste edifício, perpendicular à via em questão e com recuos, a quantidade de apartamentos e ambientes expostos a estes níveis de ruído é minimizada.

Na figura 6b observa-se que o edifício Ouro Preto, devido a sua implantação sem recuos em relação à via, acaba ficando exposto a níveis de ruído mais fortes (variando de 69 a 72 dB(A)).

Os edifícios estudados possuem fechamento do tipo alvenaria comum de tijolos maciços (figura 5), apresentando cerca de 42 dB (A) de isolamento sonoro (BISTAFA, 2006), atendendo ao nível mínimo de desempenho de acordo com a Tabela 04.

Ressalta-se a importância da avaliação também das esquadrias e vedações verticais transparentes, que podem configurar fragilidades do ponto de vista do desempenho acústico.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de edifícios localizados na cidade de São Paulo (Brasil) frente às exigências e recomendações da norma NBR 15575 (ABNT, 2013) - Desempenho de edificações habitacionais. Abaixo apresenta-se uma tabela síntese da análise:

Tabela 6 **–** Síntese dos resultados frente às exigências mínimas da NBR 15575

	Desempenho térmico	**Desempenho lumínico**	**Desempenho acústico**
Edifício Japurá	Atende	Atende	Atende
Edifício Araraúnas	Atende	Atende	Atende
Edifício Ouro Preto	Atende	Atende	Atende

Fonte: Elaborado pelos autores

Verificou-se que, no âmbito do conforto térmico, acústico e lumínico, os ambientes dos edifícios avaliados estão de acordo com os valores e recomendações dispostos na NBR 15.575 (ABNT, 2013). Isso deve-se aos sistemas construtivos empregados na época de sua construção (alvenaria de tijolos maciços e grandes aberturas para ventilação).

REFERÊNCIAS

ABNT, 2013 – **Edifícios habitacionais – Parte III**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575:2013.

ALVES NETTO, Ary Rodrigues; BARRETO, Douglas; BRITO, Adriana Camargo, AKUTSU, Maria, 2018 – **Contribuições para o dimensionamento de aberturas para iluminação natural em habitações de interesse social**. *Revista IPT | Tecnologia e Inovação*. v.2, n.9, dez. Disponível em <http://revista.ipt.br/index.php/revistaIPT/article/download/65/78> acessado em 19-01-2020.

BISTAFA, Sylvio R., 2006 – **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Editora Blucher.

BERTINI, Alexandre Araújo; MARTINS, José Carlos; THOMAZ, Ercio, 2013 – **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção.

INAD – SP – **Mapa de ruído de São Paulo, 2020**. Disponível em <http://www.mapaderuidosp.org.br/> Acesso em 22 de janeiro de 2020.

MORENO, Octavio AR; DE SOUZA, Léa Cristina Lucas; PENTEADO, Lucas Dellosso, 2017 – **Isolamento do ruído de impacto em diferentes tipologias construtivas de sistemas de piso**. ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. *Anais do XIV ENCAC e do X ELACAC*, v. 1.

PIERRARD, Juan Frias; AKKERMAN, Davi. Manual, 2013– **Manual pro-acústica sobre a norma de desempenho. Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da norma ABNT NBR 15575: 2013. Edificações habitacionais-desempenho**. São Paulo: Associação Brasileira para a Qualidade Acústica. Disponível em https://goo. gl/ZvPRvR, acesso em, v. 19.

PALÁCIO FOZ – CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA CAIXILHARIA E DAS CONDIÇÕES ACÚSTICAS, TÉRMICAS E DE ILUMINAÇÃO

PALÁCIO FOZ – CARACTERIZATION OF WINDOWS CONSERVATION CONDITIONS, AND OF ACOUSTIC, THERMAL AND LIGHTING CONDITIONS

Jorge Patrício [(1)], Luís Matias [(2)], António Santos [(3)], Odete Domingues [(4)], Dulce Franco [(5)]

(1) LNEC, Portugal; jpatricio@lnec.pt
(2) LNEC, Portugal; lmatias@lnec.pt
(3) LNEC, Portugal; asantos@lnec.pt
(4) LNEC, Portugal; odomingues@lnec
(5) LNEC, Portugal; dlfranco@lnec.pt

RESUMO

No sentido de efetuar uma análise do estado de conservação do edifício do Palácio Foz, visando a preparação de uma intervenção a realizar no imóvel, foi efetuado um levantamento das condições atuais da caixilharia existente, e dos reflexos daí derivados nas condições ambientais interiores (acústica, térmica e iluminação), em vários espaços interiores do Palácio Foz, nomeadamente; salas de reunião, salões sociais, e espaços de trabalho.

Este diagnóstico incidiu na fachada principal do edifício do século XVIII localizado em Lisboa. Para o efeito, foi desenvolvida uma campanha de observação da caixilharia existente, efetuadas medições do isolamento sonoro da fachada relativamente ao exterior, assim como dos parâmetros higrotérmicos (temperatura e humidade do ar) e dos níveis de iluminação nos espaços interiores.

Com base na avaliação efetuada foi possível avaliar a permeabilidade e estanquidade da caixilharia existente, assim como as condições de conforto nos espaços interiores analisados.

Este diagnóstico permitiu criar bases para a definição de opções estratégicas que, mantendo a identidade patrimonial do edifício, permitam enquadrar ações de reabilitação que, de uma forma equilibrada, contribuam para a qualidade ambiental dos espaços interiores, integrando e correlacionando as várias componentes ambientais analisadas.

Na presente comunicação dá-se conta do trabalho efetuado, das metodologias seguidas, e dos resultados obtidos. Como linha conclusiva fundamental, destaca-se a mais valia que um processo de avaliação integrada tem no domínio da reabilitação dos edifícios, seja ele de natureza patrimonial ou de âmbito mais comum.

Palavras-chave: Reabilitação / Edifício Antigo / Caixilharia / Conforto Ambiental

1. INTRODUÇÃO

A Secretaria-Geral da Presidência do Conselho de Ministros solicitou a este Laboratório Nacional o levantamento do estado de conservação da caixilharia exterior do edifício do Palácio Foz, localizado na Praça dos Restauradores n.º 25-45, em Lisboa (Figura 1).

Para o efeito, foi perspetivado um conjunto de atividades, enquadradas no seguinte:

1- Levantamento do estado de conservação da caixilharia exterior do edifício, com observação realizada pelos lados interior e exterior. Este levantamento foi registado em fotografias servindo como testemunho do estado atual.
2- Análise das causas das anomalias detetadas, com indicação das possibilidades de reabilitação dos caixilhos e/ou dos requisitos de desempenho, no caso de se optar pela substituição da caixilharia. Foi analisado o desempenho funcional da caixilharia e o desempenho dos perfilados de madeira e ferro em termos da sua durabilidade.
3- Realização de ensaio de estanquidade à água da caixilharia, o qual foi efetuado no edifício (existiram condições para o estabelecimento de uma diferença de pressão entre o interior e o exterior, que permitiu a avaliação do nível de estanquidade à água da caixilharia).
4- Desenvolvimento de estudo acústico, relativamente à envolvente exterior, no sentido de indicar a solução de caixilharia que determine, no interior dos espaços, condições de conforto adequadas às atividades que aí têm ou terão lugar. Este estudo foi baseado na caracterização do índice de isolamento a sons aéreos, entre o exterior e o interior, da situação atualmente existente, a partir da realização de medições *in situ*.
5- Caracterização do ambiente sonoro exterior ao edifício, a partir de medições *in situ* e tendo em conta os valores dos indicadores diurno-entardecer-noturno, L_{den}, e noturno, L_n, constantes do mapa de ruído da Câmara Municipal de Lisboa.
6- Análise das condições de iluminação natural e dos dispositivos de sombreamento existentes no edifício mediante medições *in situ* e caracterizações complementares em compartimentos-tipo considerados como representativos do edifício. Adicionalmente, foi efetuada uma avaliação dos benefícios do aproveitamento da luz natural tendo em consideração a eficácia dos dispositivos de sombreamento no controlo da luz natural, do encandeamento e como proteção solar.
7- Desenvolvimento de estudo de avaliação das condições de conforto térmico no interior do edifício, sendo, para o efeito, efetuada uma análise das condições higrotérmicas, mediante a realização de medições *in situ* da temperatura e da humidade do ar em compartimentos-tipo considerados como representativos do edifício, durante um período de duas semanas.



Figura 1 – Vista geral do edifício do Palácio Foz

Para apoio à realização deste estudo, a Equipa Multidisciplinar de Gestão de Património e Sustentabilidade da Presidência do Conselho de Ministros forneceu ao LNEC as plantas do edifício e o relatório prévio correspondente à reabilitação do Palácio Foz.

Seguidamente, apresentam-se em capítulos independentes as análises efetuadas, cobrindo assim a avaliação da caixilharia, o desempenho acústico, o desempenho térmico e as condições de iluminação.

2. ESTADO DA CAIXILHARIA

Na generalidade, as folhas móveis das janelas de sacada e os painéis de preenchimento das bandeiras inferiores e das almofadas encontram-se muito deteriorados (ver Figura 2), sendo visíveis diversas aberturas para o exterior, pelo que estes elementos não se consideram funcionais. A existência de aberturas na caixilharia propicia o escoamento de ar e a infiltração de água para o interior.

Dado o avançado estado de degradação das janelas de madeira sugeriu-se a sua reparação ou substituição por janela novas. Nas soluções de reparação ou substituição, as janelas devem satisfazer às características de desempenho adequadas, para garantir o normal funcionamento da caixilharia exterior do edifício. Deve manter-se a sua tipologia, de modo a preservar a uniformidade da caixilharia do edifício e facilitar as tarefas de manutenção.



Figura 2 – Degradação das folhas móveis

Foram detetadas situações em que as juntas entre o aro e o vão não se encontravam adequadamente vedadas, conforme ilustra a Figura 3 a). Foram observados aros em ferro bastante degradados, como se pode ver na Figura 3 b). A ausência de uma linha contínua de vedação da junta entre o aro e o vão, permite o escoamento de ar para o interior e a infiltração de água.



a) b)

Figura 3 – Ausência de linha contínua de vedação

Os elementos do contorno do vão que não se apresentam convenientemente vedados, ou os elementos que se encontram danificados, devem ser sujeitos a uma reparação através da aplicação de mastique de silicone de modo a proceder-se à vedação da junta entre o aro das janelas e o vão, e à colmatagem de quaisquer fendas presentes nos aros em madeira e nos aros em ferro.

Foram detetadas situações em que as folhas se apresentavam descaídas, com consequente risco de queda, e situações em que os perfis resistentes das folhas móveis se apresentavam deformados, impedindo o fecho adequado (Figura 4). Foram observadas algumas janelas das águas furtadas cujas ferragens se encontravam com vestígios de tinta, dificultando as manobras de abertura e fecho.

As anomalias referidas comprometem a adequada resistência mecânica dos caixilhos, e impedem uma manobra de abertura e fecho correta, inviabilizando o adequado encontro das folhas móveis e o encosto apropriado do perfil ao vedante. Consequentemente, as descontinuidades na linha de vedação propiciam o escoamento do ar e o arrastamento da água da chuva para o interior do edifício. Foram verificadas ferragens degradadas, que impossibilitam a normal manobra das folhas e foram também observadas algumas janelas basculantes com os compassos deformados.



Figura 4 – Fecho insuficiente das folhas móveis

3. DESEMPENHO ACÚSTICO

No sentido de verificar a situação das caixilharias, em termos de condições acústicas, procedeu-se à caracterização do índice de isolamento a sons aéreos, dos elementos de fachada de diferentes espaços do edifício, a partir da realização de ensaios *in situ,* que incidiram sobre 13 elementos de fachada. Foi ainda caracterizado o ambiente sonoro no interior de 9 salas particularmente expostas ao ruído de tráfego rodoviário das vias envolventes (DOMINGUES 2019).

Com base nos extratos do mapa de ruído da cidade de Lisboa (ver figuras 5 e 6), as diferentes fachadas do edifício encontram-se expostas aos seguintes níveis de ruído:

Fachada Principal:	Fachadas laterais:	Fachada posterior:
70 dB(A) ≤ L_{den} ≤ 75 dB(A)	55 dB(A) ≤ L_{den} ≤ 60 dB(A)	L_{den} ≤ 55 dB(A)
60 dB(A) ≤ L_n ≤ 65 dB(A)	45 dB(A) ≤ L_n ≤ 50 dB(A)	L_n ≤ 45 dB(A)

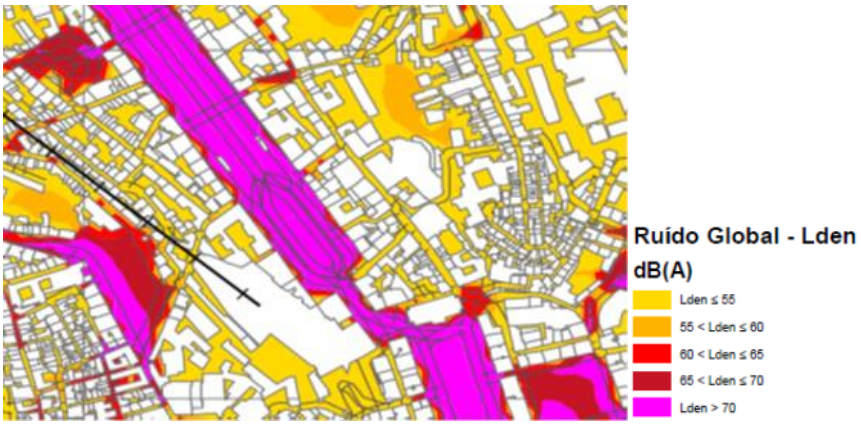


Figura 5 – Mapa de ruído da área envolvente ao edifício do Palácio Foz, para o indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, L_{den}

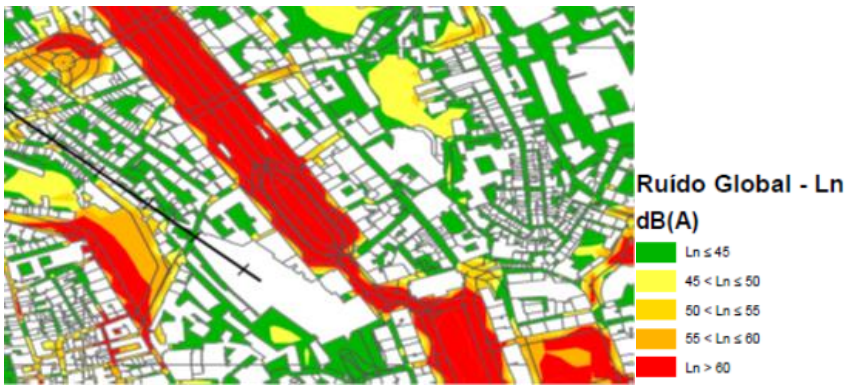


Figura 6 – Mapa de ruído da área envolvente ao edifício do Palácio Foz, para o indicador noturno, L_n

Segundo o disposto no Regulamento Geral do Ruído, verifica-se que a fachada principal se encontra exposta a níveis de ruído que excedem os limites de zona mista, de 65 dB(A) para L_{den}, e de 55 dB(A) para L_n, as fachadas laterais encontram-se expostas a níveis de ruído característicos de zona mista, e a fachada posterior a níveis de ruído característicos de zona sensível, respetivamente: $L_{den} \leq 55$ dB(A); e $L_n \leq 45$ dB(A).

Foram efetuadas medições para caracterizar o índice de isolamento a sons aéreos dos elementos de fachada, $D_{2m,w}$, dos espaços considerados pertinentes, e o ambiente sonoro existente no seu interior, $L_{Aeq,}$ resultante essencialmente do ruído do tráfego rodoviário da área envolvente.

Em termos do índice de isolamento a sons aéreos, os valores obtidos situaram-se entre 22 dB e 26 dB, valores considerados muito reduzidos. Faz-se notar que as exigências mínimas de isolamento a sons aéreos, entre o exterior e o interior, definidas no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), para diferentes tipos de edifícios, são de $D_{2m,nT,w} \geq 28$ dB para zonas sensíveis e $D_{2m,nT,w} \geq 33$ dB para zonas mistas.

Sobre o ambiente sonoro no interior dos espaços, os valores de L_{Aeq} medidos situam-se entre 41 dB(A) e 46 dB(A) (ver Quadro 1), bastante superiores ao limite mínimo considerado adequado para o exercício das atividades que têm lugar nos espaços. De acordo com o número 3 do Artigo 10.ºA "Auditórios e Salas", do RRAE, o nível sonoro continuo equivalente do ruído, L_{Aeq}, deve satisfazer a $L_{Aeq} \leq 30$ dB(A).

Quadro 1 – Níveis de ruído no interior dos espaços com fachada para a Praça dos Restauradores

Espaços	L_{Aeq} [dB(A)]
Sala de Reuniões	46
Sala dos Painéis	41
Sala Luís XVI	44
Sala dos Espelhos	44
Sala da Lareira	43
Zona das Escadas	44(1)
Zona das Escadas	41(2)
ACIME	42
ACIME	43

(1) Ensaio realizado com a porta exterior fechada
(2) Ensaio realizado com as duas portas fechadas

4. DESEMPENHO TÉRMICO

Para avaliar as condições de conforto térmico de verão no edifício Palácio Foz, desenvolveu-se uma campanha experimental *in situ* que consistiu na realização de um conjunto de medições das condições higrotérmicas (temperatura e humidade relativa do ar), durante um período de cerca de um mês (9 de junho a 9 de julho), em diversos espaços interiores e exterior do Palácio Foz. De modo a ter uma adequada representatividade do edifício, a seleção dos espaços analisados foi baseada em vários critérios, nomeadamente: serem espaços localizados em diferentes pisos (último piso e pisos intermédios), com diferentes exposições solares, áreas e tipos de atividades.

4.1. Critérios de avaliação do conforto térmico

Face as recomendações estabelecidas em documentos regulamentares (RECS, 2016), normativos (EN 16798-1, 2019) e outros (MATIAS, 2010), e tendo em conta a diversidade de espaços (climatizados pontualmente ou não climatizados) analisados no edifício, considerou-se na presente análise **os valores** de referência limites de conforto térmico de 26 ^{0}C, para a temperatura do ar, e de 70% para a humidade relativa. Com base na normalização europeia existente, considerou-se ainda um período de tempo limite aceitável de excedência das condições limites de conforto de 3% do tempo de ocupação dos espaços estudados.

Tendo em conta o período de medição mensal utilizado neste estudo considerou-se que, para cada espaço em análise, o período em que a temperatura interior ultrapassasse os 26 ^{0}C não deveria ser superior 7,4 horas.

4.2. Resultados obtidos

Com base nas medições realizadas nos vários espaços interiores do Palácio Foz apresentam-se no Quadro 2 os principais resultados obtidos durante o período em estudo (MATIAS 2019).

Considerando os critérios de avaliação das condições de conforto térmico acima referidos (T_{ar} < 26 ^{0}C e HR < 70%), no período de medição efetuado, verificou-se que as condições médias de temperatura e humidade registadas nos vários espaços do palácio, proporcionaram situações de conforto térmico em todo o período de análise. No entanto, nalguns espaços analisados, a temperatura máxima registada ultrapassou o limiar de conforto considerado (principalmente em gabinetes).

Relativamente aos valores medidos da humidade relativa, apenas pontualmente foram atingidos o valor máximo

indicado (70%).

Com o intuito de quantificar as situações de desconforto, apresenta-se no quadro 4.1, a percentagem de desconforto térmico (horas com T_{ar} > 26 ^{0}C) em cada espaço analisado.

Considerando o critério aceitável de excedência das condições limites de conforto térmico (7,4 horas) e as horas de percentagem de desconforto calculados para cada espaço estudado (Quadro 2), verifica-se que nas salas da zona Nobre, apesar da temperatura máxima registada ser superior a limite estabelecido, não se verifica uma situação de desconforto térmico (máximo, 1 hora de desconforto na sala de jantar).

De acordo com a informação fornecida relativamente à taxa de ocupação da sala de jantar e da sala de espelhos, verificou-se que os curtos períodos de ligeiro desconforto ocorreram em dias com eventos (com lotações que variaram de 80 a 130 pessoas).

Tendo em conta que durante os referidos eventos não estiveram meios de climatização ativos, as temperaturas registadas indiciam um bom desempenho térmico dos referidos espaços do edifício.

Quadro 2 – Resultados das medições da temperatura e humidade do ar nos espaços do Palácio Foz

ESPAÇO	***TEMPERATURA,*** T_a (^{0}C) Min **Med** *Max*	***HUMIDADE,*** *HR (%)* Min **Med** *Max*	***DESCONFORTO TÉRMICO,*** T_{ar} > 26 ^{0}C *(horas)*
Zona NOBRE			
Sala de reuniões - Azul (C8)	19,9 **22,5** *24,7*	35 **56** *71*	**0**
Sala dos painéis (C9)	21,3 **23,5** *25,3*	32 **50** *68*	**0**
Sala dos espelhos (C15)	20,3 **23,6** *26,2*	31 **48** *67*	**0,1**
Sala ACIME (C20)	22,4 **23,5** *24,6*	35 **51** *61*	**0**
Gabinete ACIME (C21)	21,2 **23,1** *24,8*	33 **51** *65*	**0**
Sala de jantar (C5)	20,9 **23,3** *26,3*	31 **46** *61*	**0,9**
Biblioteca (C1)	19,6 **21,8** *23,9*	36 **56** *71*	**0**
Zona SERVIÇOS			
Gabinete D6	21,3 **23,4** *25,1*	35 **54** 67	**0**
Gabinete D17	22,5 **24,2** *26,2*	32 **50** 62	**2,5**
Gabinete D13	22,6 **24,6** *26,9*	30 **50** 64	**14,3**
Museu do desporto (D80A)	20,4 **23,0** *26,3*	36 **58** 75	**4,8**
Gabinete E44	21,5 **24,1** *28,4*	30 **50** 68	**89,5**
Gabinete C43	22,5 **24,0** *25,9*	28 **50** 64	**0**
Gabinete D80B	20,9 **23,4** *25,8*	33 **53** 70	**0**
Gabinete D31	22,4 **24,9** *26,9*	27 **49** 68	**31**

Na zona de serviços, em três gabinetes, foram observadas situações de desconforto térmico já significativas (gabinetes D13, E44 e D31). Salienta-se que os referidos gabinetes apresentam a mesma exposição solar Sudeste, com elevados ganhos térmicos solares e que o gabinete com pior desempenho (gabinete E44) se localiza no último piso, diretamente abaixo da cobertura, sem isolamento térmico.

Todavia, e apesar dos referidos gabinetes estarem dotadas de sistemas de AC, os seus utentes por opção não ativaram estes equipamentos, ou apenas os ligaram por intervalos de tempo reduzidos.

Estima-se que para períodos mais quentes, nomeadamente em agosto, em condições normais, as temperaturas

interiores dos espaços identificados no Quadro 2 possam ser mais elevadas, principalmente nos espaços de serviços.

No entanto, tendo em conta a existência de sistemas de AC nas referidas salas, numa situação de aumento de temperatura esses equipamentos poderão ser acionados por intervalos de tempo superiores, caso os utentes assim o entendam.

5. CONDIÇÕES DE ILUMIINAÇÃO

No sentido de avaliar as condições de iluminação e de conforto visual nos edifícios que constituem o Palácio Foz, utilizou-se uma metodologia expedita, assente na caracterização experimental *in situ* de espaços interiores considerados representativos das diversas zonas do mencionado Palácio Foz (SANTOS, 2019). Os principais critérios que presidiram à escolha dos espaços a avaliar foram: i) ocupação frequente ou muito frequente e localização em diferentes pisos (essencialmente o Piso 2 e 3); ii) diferentes orientações; iii) diferentes tipos de fenestração (área, forma, tipo e localização); iv) compartimentos com diferentes áreas e geometrias; v) diferentes tipos de utilização; vi) diferentes tipos de atividades ou tarefas visuais (incluindo as mais exigentes, com sejam a leitura, escrita e utilização de ecrãs de visualização (EV); e, vii) diferentes tipos e graus de obstruções exteriores.

Foram efetuadas medições das iluminâncias [E (lux)] ao longo de malhas de pontos de planos, habitualmente horizontais, a uma altura de cerca de 0,75 m acima do pavimento. As medições efetuadas foram complementadas por observações e caracterizações adicionais (SANTOS, 2019).

5.1. Critérios de avaliação das condições de Iluminação

De um modo geral assume-se que uma determinada atividade visual pode ser executada em condições de conforto, segurança e de modo eficiente se as iluminâncias em planos de referência forem iguais ou superiores a determinados valores mínimos ou médios que a norma aplicável recomenda (EN 12464-1, 2011). As iluminâncias constituem assim o principal critério quantitativo em iluminação, relacionando-se diretamente com a "quantidade de luz" e são recomendadas em função do tipo de atividade visual, do tipo de espaço/compartimento interior e das caraterísticas do sistema visual dos ocupantes. A verificação dos requisitos das iluminâncias mínimas ou médias constituem uma condição necessária, mas não suficiente para garantir uma iluminação adequada e confortável (SANTOS, 2014).

Para uma avaliação *in situ* expedita das condições de iluminação natural e artificial e do desempenho luminoso dos dispositivos de sombreamento, os critérios de avaliação *in situ* do ambiente luminoso interior consistiram no seguinte conjunto de medições e avaliações complementares:

- Medição das iluminâncias ao longo de planos de trabalho sob condições de céu encoberto e de céu limpo. Os valores de referência mínimos ou médios das iluminâncias em planos de trabalho, podem ser classificados em três grandes grupos, consoante as exigências das atividades visuais (AV): i) Exigentes ou Muito Exigentes (leitura, escrita, uso de ecrãs, desenho, etc.): $E \geq 500$ lux; ii) de Exigências Médias (observação, deslocações verticais, conversação): $E \geq 300$ lux; e iii) Pouco Exigentes (deslocação horizontal, e outras atividades sem particulares exigências de segurança, visibilidade ou rapidez na sua execução): $E \geq 100$ lux.
- Determinação das iluminâncias médias e da uniformidade das iluminâncias em cada compartimento para cada conjunto de medições. (SANTOS, 2003).
- No que diz respeito à avaliação do efeito dos dispositivos de sombreamento no ambiente interior luminoso é habitual recorrer à transmitância Luminosa ou Visível. Para dispositivos de sombreamento

com controlo manual é habitual fazer a caracterização para posições típicas dos sombreamentos (fechado, meio-fechado e aberto para portadas ou estores de enrolar, por exemplo). No caso de estores de lâminas horizontais orientáveis, a transmitância poderá ser determinada com as lâminas nas posições de inclinação de 0^{o} (lamelas horizontais), na posição de 45^{o} e na posição de estore completamente encerrado (lâminas próximas da posição vertical). A atenuação da luz natural devida à ação dos dispositivos de sombreamento será tanto maior quanto menor for o valor da transmitância (SANTOS, 2003).

5.2. Resultados obtidos

Os principais resultados decorrentes da avaliação das condições de iluminação natural, do desempenho dos dispositivos de sombreamento e da iluminação artificial, são os seguintes:

- Os valores das iluminâncias médias medidas (Em) são, de um modo geral, inferiores aos valores recomendados. Todavia, há que referir que se está a analisar um edifício histórico projetado no Século XVIII, e que as exigências funcionais e de conforto nos domínios da iluminação foram alvo, naturalmente, uma evolução muito significativa. Uma vez que a iluminação natural disponível é proporcional à área envidraçada e à transmitância luminosa total, os vãos envidraçados existentes nos compartimentos com maior profundidade apenas conseguem proporcionar condições de iluminação natural adequadas durante períodos limitados (do dia e do ano).
- Nos espaços da Zona Nobre, em média, as condições de iluminação aceitáveis, desde que a iluminação natural seja adequadamente complementada por iluminação artificial dotada de sistemas de controlo eficazes e versáteis. Nos espaços da Zona Nobre com vãos envidraçados na fachada Nordeste, o controlo da iluminação elétrica é efetuado em dois quadros elétricos de comutação afastados dos compartimentos, facto este que não beneficia o controlo da iluminação elétrica quando a luz natural não é suficiente. Todavia, como a ocupação destes espaços não é contínua, nem intensa durante os períodos diurnos, pode afirmar-se que a solução é razoável. No entanto, numa futura remodelação, será de esperar a melhoria do sistema de controlo da iluminação artificial de modo a complementar adequadamente a luz natural.
- A orientação diversificada dos vários espaços conduz a que muitos deles possuam condições de iluminação natural adequadas apenas durante determinados períodos do dia. Todavia, em períodos de céu limpo de verão e de meia-estação, poderá ser necessário proceder ao encerramento das portadas para evitar sobreaquecimentos, com óbvios prejuízos para as condições de iluminação natural. Nestas situações, a satisfação das exigências do conforto visual deverá ser efetuada com recurso à iluminação artificial, com consequências negativas ao nível dos consumos energéticos.
- Nas zonas administrativas, as condições de iluminação natural são potencialmente adequadas, exceto nas zonas fortemente obstruídas por edifícios confrontantes. A excessiva profundidade dos compartimentos também prejudica o recurso à luz natural como principal iluminante. Nos espaços com profundidade mais reduzida as condições de iluminação podem ser consideradas adequadas.
- Nas zonas administrativas, os controlos diferenciados da iluminação elétrica permitem um potencial adequado de aproveitamento da luz natural. Porém, os reduzidos níveis de iluminação artificial proporcionados por lâmpadas e luminárias desadequadas, não permitem a obtenção das mais adequadas condições de conforto visual para os ocupantes, em particular quando a luz natural não é suficiente para a realização das atividades visuais que têm lugar nos diversos espaços interiores.
- Os estores de lâminas metálicas perfuradas, são dispositivos de sombreamento bastante eficazes e flexíveis no controlo da iluminação natural e do encandeamento, proporcionando ainda um nível de proteção solar complementar aceitável. A sua flexibilidade no uso permite controlar o ambiente luminoso interior de modo eficaz, mantendo um nível de contacto visual com o exterior razoável mesmo quando

completamente ativados.

- Os estores interiores de tela de enrolar possuem uma transmitância visível baixa, sendo pouco eficazes no controlo do ambiente luminoso, visto reduzirem substancialmente os níveis de iluminação natural interiores quando completamente ativados, mas, quando ativados, não permitem o contato visual com o exterior. São, no entanto, relativamente eficazes como proteções solares interiores complementares (no caso da não existência de proteções solares exteriores).
- De um modo geral, os sistemas de iluminação artificial no Palácio Foz encontram-se subdimensionados, não sendo possível, em grande parte dos espaços, a obtenção dos níveis de iluminação recomendados, em particular nos espaços dotados de candelabros e de luminárias com globos opalinos.

6. CONCLUSÕES

Caixilharia: Verificou-se e confirmou-se a excessiva degradação das janelas de madeira, a qual poderá estar relacionada com a falta de manutenção adequada e com o facto de a maioria das janelas já ter excedido o período de vida útil aplicável a todos os componentes dos edifícios (25 anos). As soluções e correções previstas a implementar, devem considerar as especificidades do edifício e as particularidades das suas utilizações atuais e futuras, assim como o seu aspeto estético e valor patrimonial. Devem ser asseguradas soluções de reparação ou substituição que permitam satisfazer as características de desempenho adequadas, e que permitam garantir o normal funcionamento da caixilharia exterior do edifício. Neste sentido, pode ser prevista a conservação de determinadas janelas exteriores existentes ou mesmos das ferragens que lhes estão associadas, de modo a manter o aspeto das fachadas e a conservar as soluções genuínas. No caso de colocação de novas janelas, estas devem ter marcação CE, de acordo com a EN 14351-1:2006+A2:2016, e a declaração de desempenho emitida pelo fabricante deve indicar características adequadas,de acordo com o ITE 51 do LNEC.

Acústica: Considera-se ser necessário proceder à implementação de medidas de correção acústica por forma a conferir aos espaços o conforto acústico adequado. Considerando as particularidades arquitetónicas e patrimoniais do edifício e o objetivo de manter as soluções construtivas existentes, indicam-se as seguintes hipóteses de intervenção: i) assegurar as condições adequadas de permeabilidade ao ar; ii) substituição dos vidros existentes por outros de maior espessura; iii) instalação de portas adicionais, em vidro, com caixilho de área tão reduzida quanto possível por forma a manter a estética das portas existentes.

Térmica: Os resultados obtidos das medições das condições higrotérmicas efetuadas em contínuo permitiram, de acordo com os critérios de avaliação acima definidos, retirar as seguintes principais conclusões relativamente ao conforto térmico no Palácio Foz, no período em análise: i) as condições de conforto térmico foram garantidas durante todo o período em análise, nas salas da zona nobre, independentemente da ocorrência de eventos. Com condições mais adversas (temperaturas mais elevadas) estima-se que, face à elevada inércia térmica e aos grandes volumes dos espaços, facilmente serão atingidas condições de conforto térmico nesses espaços, sem recurso a sistema de climatização; ii) nalguns gabinetes da zona de serviços, especialmente com exposição solar desfavorável (SE), observaram-se situações de desconforto térmico prolongadas; e iii) salienta-se, no entanto que, em geral, por opção dos utentes dos espaços mais quentes, os sistemas de AC foram apenas utilizados pontualmente, o que permite prever que, caso as temperaturas interiores fossem mais elevadas, a utilização do AC poderia ser mais intensa permitindo, desse modo, reduzir as condições de desconforto térmico.

Iluminação: Os resultados obtidos nas medições das condições de iluminação (natural e artificial) e na avaliação do desempenho luminoso dos dispositivos de sombreamento permitiram retirar as seguintes conclusões: i) os níveis de iluminação natural médios medidos são, de modo geral, inferiores aos valores recomendados, em particular em compartimentos onde se realizam atividades visuais de exigências elevadas: ii) dos dispositivos de sombreamento existentes apenas os estores interiores de lâminas metálicas perfuradas contribuem para a

criação de um ambiente luminoso interior adequado e controlável pelos ocupantes em função das suas necessidades, devido à sua versatilidade e flexibilidade. Todavia, a sua idade tem conduzido a problemas de mau funcionamento e consequente substituição por estores de tela de enrolar, com inferior desempenho ao nível do controlo e modelação da luz natural nos espaços interiores.; e iii) foi ainda observado que na grande maioria dos espaços interiores os diferentes sistemas de iluminação artificial (fontes de iluminação e luminárias associadas) estão subdimensionados não permitindo a obtenção de níveis de iluminação consentâneos com as recomendações e as necessidades dos ocupantes.

Geral: Em face do exposto, é patente que qualquer avaliação e prospectiva corretiva deverá ter em conta a interrelação entre os aspetos avaliados, na medida em que as interdependências associadas a este componente do edificado – fachada – cruzam-se entre si, como se denota a partir dos trabalhos efetuados, de forma natural e objetiva.

REFERÊNCIAS

EN 1027: 2016-en – **Windows and doors – Watertightness – Test method**. Brussels: CEN.

EN 12464-1:2011 – **Light and lighting – Lighting of work places – Part 1: indoor work places**. Brussels: European Committee for Standardisation.

EN 16798-1:2019 – **Energy performance of buildings; ventilation for buildings; Part 1: indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics – Module M1-6**. Brussels: CEN.

FRANCO, D.; MARTINS, J.; PATRÍCIO, J., 2019 – **Palácio Foz – Avaliação do estado de conservação da caixilharia exterior e estudo das condições, de iluminação e de conforto térmico do edifício. Caixilharia exterior**. Relatório confidencial 330/2019. Lisboa: LNEC.

MATIAS, L., 2010 – **Desenvolvimento de um modelo adaptativo para definição das condições de conforto térmico em Portugal**. Coleção Teses e Programas de Investigação, TPI 65. Lisboa: LNEC. ISBN 978-972-49-2207-2.

MATIAS, L. 2019 – **Palácio Foz – avaliação do estado de conservação da Caixilharia exterior e estudo das condições Acústicas, de Iluminação e de conforto térmico do edifício. Conforto térmico**. Relatório confidencial 322/2019. Lisboa: LNEC.

DOMINGUES, O; PATRÍCIO, J., 2019 – **Palácio Foz – avaliação do estado de conservação da caixilharia exterior e estudo das condições acústicas, de iluminação e de conforto térmico do edifício**. **Condições acústicas**. Relatório confidencial 366/2019. Lisboa: LNEC.

PATRÍCIO, 2018 – **Acústica na reabilitação de edifícios**. Porto: Publindústria (Engebook). 4.ª edição. ISBN 978-989-723-275-6.

PATRÍCIO, 2018 – **Acústica nos edifícios**. Porto: Publindústria (Engebook). 7.ª edição. 978-989-723-262-6.

PINTO, A.; FERNANDES, O., 2010 – Janelas e portas pedonais exteriores. Guia para a marcação CE (EN 14351-1:2006+A1:2010). Informação Técnica de Edificios, ITE 56. Lisboa: LNEC.

SANTOS, A., 2003 – **Desenvolvimento de uma Metodologia de Caracterização das Condições de Iluminação Natural nos Edifícios Baseada na Avaliação "In Situ".** Coleção Teses de Mestrado, TM 14. Lisboa: LNEC.

SANTOS, A., 2010 – **A iluminação natural e artificial como componentes da reabilitação energética nos edifícios.** In Miranda Dias, J.; Grandão Lopes, J. (Coord.) – *Conservação e Reabilitação de Edifícios Recentes.* Cadernos Edifícios, CAD 5. Lisboa: LNEC. pp. 7-35.

SANTOS, A., 2011 – **Desenvolvimento de um método para a caracterização dinâmica da iluminação natural nos edifícios aplicável a climas mediterrânicos**. Tese de Doutoramento (desenvolvida no LNEC). Lisboa: IST.

SANTOS, A., 2014 – **A iluminação natural nos edifícios. Uma perspetiva no âmbito do conforto ambiental e da eficiência energética**. Informação Técnica de Edifícios, ITE 57. Lisboa: LNEC.

SANTOS, 2019 – Palácio Foz – **Avaliação do estado de conservação da caixilharia exterior e estudo das condições acústicas, de iluminação e de conforto térmico do edifício. Iluminação natural e dispositivos de sombreamento**. Relatório confidencial 371/2019. Lisboa: LNEC.

VIEGAS, J. C., 2006 – **Componentes de edifícios. Selecção de caixilharia e seu dimensionamento mecânico**. Informação Técnica de Edifícios, ITE 51. Lisboa: LNEC.

ANÁLISE E CONSOLIDAÇÃO ESTRUTURAL DE EDIFÍCIO ANTIGO EM ALFAMA, LISBOA

ANALYSIS AND STRUCTURAL CONSOLIDATION OF A OLD BUILDING IN ALFAMA, LISBON





Marco Caires [(1)], Paula Lamego [(2)]

(1) Área Departamental de Engenharia Civil, ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal, marcocaires@gmail.com

(2) Área Departamental de Engenharia Civil, ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal, paula.lamego@dec.isel.pt

RESUMO

Atualmente, verifica-se uma grande afluência na reabilitação do edificado no nosso país, nomeadamente nas áreas mais antigas das cidades, designadas pelas zonas históricas. O edifício em estudo, construído na Rua do Paraíso, em Alfama, possui cinco pisos elevados e encontra-se em estado muito degradado em todos os pisos, exceto no piso térreo que foi há poucos anos intervencionado. Trata-se de um edifício localizado numa zona privilegiada de Lisboa, abrangido pela zona de proteção do Castelo de São Jorge e restos das Cercas de Lisboa, classificado como Monumento Nacional por Decreto de 1910, assim como pela zona de proteção do Museu Militar, classificado como imóvel de Interesse Público por Decreto de 1963.

Pretende-se neste artigo apresentar o levantamento e caracterização construtiva do edifício, bem como a análise do seu comportamento estrutural na situação atual. É também apresentada a solução encontrada para a consolidação estrutural, tendo em vista a reutilização do edifício para fins de arrendamento de curta duração (alojamento local).

Dada a ausência de informação histórica do edifício, iniciou-se este trabalho com o levantamento e caraterização estrutural do edifício, bem como a análise das anomalias estruturais existentes. Verificou-se que, para além do elevado nível de degradação, as diversas intervenções sofridas ao longo do tempo provocaram também anomalias estruturais ao edifício. Foi elaborada a modelação numérica do edifício, que revelou que o mesmo apresentava condições mínimas de segurança estrutural. No entanto, face ao elevado estado de degradação estrutural registado e necessidade de correção das anomalias estruturais existentes, foi avaliada uma solução de consolidação estrutural que permitisse simultaneamente assegurar a correção das anomalias e o incremento da capacidade resistente do edifício.

Palavras-chave: Edifício Antigo / Alteração de Uso / Modelação / Consolidação / Levantamento e Diagnóstico

1. INTRODUÇÃO

Com vista à intervenção num edifício de habitação, construído no início do séc. XX e que se encontra em elevado estado de degradação, adquirido para fins de arrendamento de curta duração e localizado na freguesia de Alfama em Lisboa, os objetivos preconizados para o trabalho consistiram na verificação da segurança do edifício na sua fase atual, assim como da solução de consolidação estrutural proposta, avaliando o comportamento do edificado antigo em análise numérica, considerando as ações verticais e horizontais, designadamente a ação sísmica. O estudo apresentado, com origem e desenvolvimento em Caires (2017), é aqui sintetizado, correlacionando toda a informação de forma a se obter uma visão mais ampla do problema e, ao mesmo tempo, focando os seus aspetos essenciais, nomeadamente o levantamento e caracterização do edifício existente, a identificação das alterações ocorridas ao longo dos tempos, assim como a caracterização das anomalias estruturais existentes. Esta informação serviu de base para a análise estrutural não linear, ou análise *pushover*, realizada com recurso ao programa de cálculo automático de estruturas 3Muri [S. T. A. DATA,2013]. Desta forma, foram avaliados os deslocamentos dos diferentes elementos estruturais, designadamente as alvenarias, e foram identificadas as vulnerabilidades do edifício, o que permitiu, após várias tentativas de simulação dos diversos reforços, optar pela solução de intervenção mais adequada.

2. LEVANTAMENTOS E CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

2.1. Descrição geral

O edifício objeto de análise está inserido na cidade de Lisboa, sito na Rua do Paraíso N.º 31, na confrontação das freguesias de Alfama e São Vicente de Fora, cuja localização é apresentada na Figura 1, abrangido pela zona de proteção do Castelo de São Jorge e restos das Cercas de Lisboa, classificado como Monumento Nacional (MN), por Decreto de 16/Jun/1910, assim como, pela zona de proteção do Museu Militar, classificado como imóvel de Interesse Público, por Decreto n.º 45327, DG I Série n.º 251, de 25/10/1963. O edifício é constituído por 5 pisos elevados: uma cave semienterrada, um piso térreo, 1.º, 2.º e 3.º pisos, cuja vista frontal é apresentado na Figura 2. Sem informação precisa acerca do ano de construção, o primeiro registo no livro de obra remonta a Julho/1935, quando o edifício foi alvo de uma "Limpeza de prédio e outras obras".

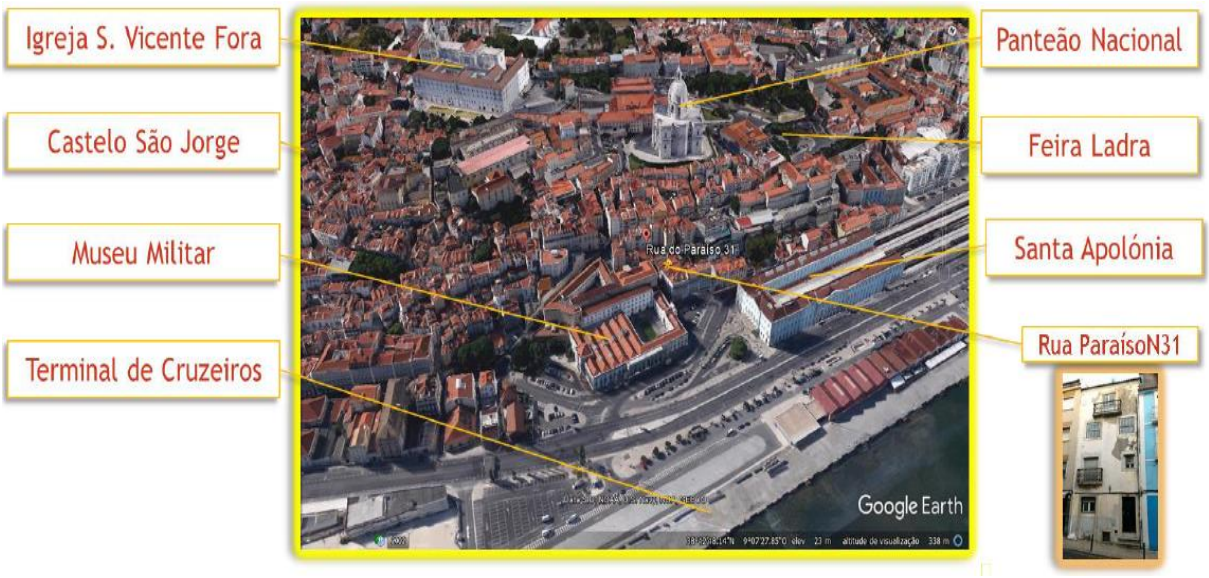


Figura 1 – Localização do edifício, adaptado de Google Earth



a) Vista Frontal: Rua Paraíso N.º 31 **b) Vista Posterior: Calçada do Forte**

Figura 2 – Vista do edifício: fachada principal a) e posterior b)

2.2. Caraterização do edifício

O edifício constituído em propriedade horizontal, é composto por 4 frações autónomas, distribuídas por cada um dos pisos. A implantação é retangular com 8,9 x 5,1 m e cave com metade da área de implantação (parte integrante da fração do rés-do-chão). As frações dos pisos 2 e 3, apresentam a configuração original, do tipo T2, enquanto que as restantes, piso 0 e piso 1, reorganizados no decorrer dos tempos, apresentam tipologia T1. O vão de escadas localiza-se no núcleo central e entre empenas, fazendo com que as frações fiquem organizados com cozinha e sala a Sul e quartos dispostos sobre a fachada principal a Norte, apresentadas na Figura 3. Apenas a fração do piso 0 se encontra habitada, enquanto que as restantes se mantiveram desabitadas nesta última década, muito pelo seu estado de degradação e necessidade de intervenção a nível geral.

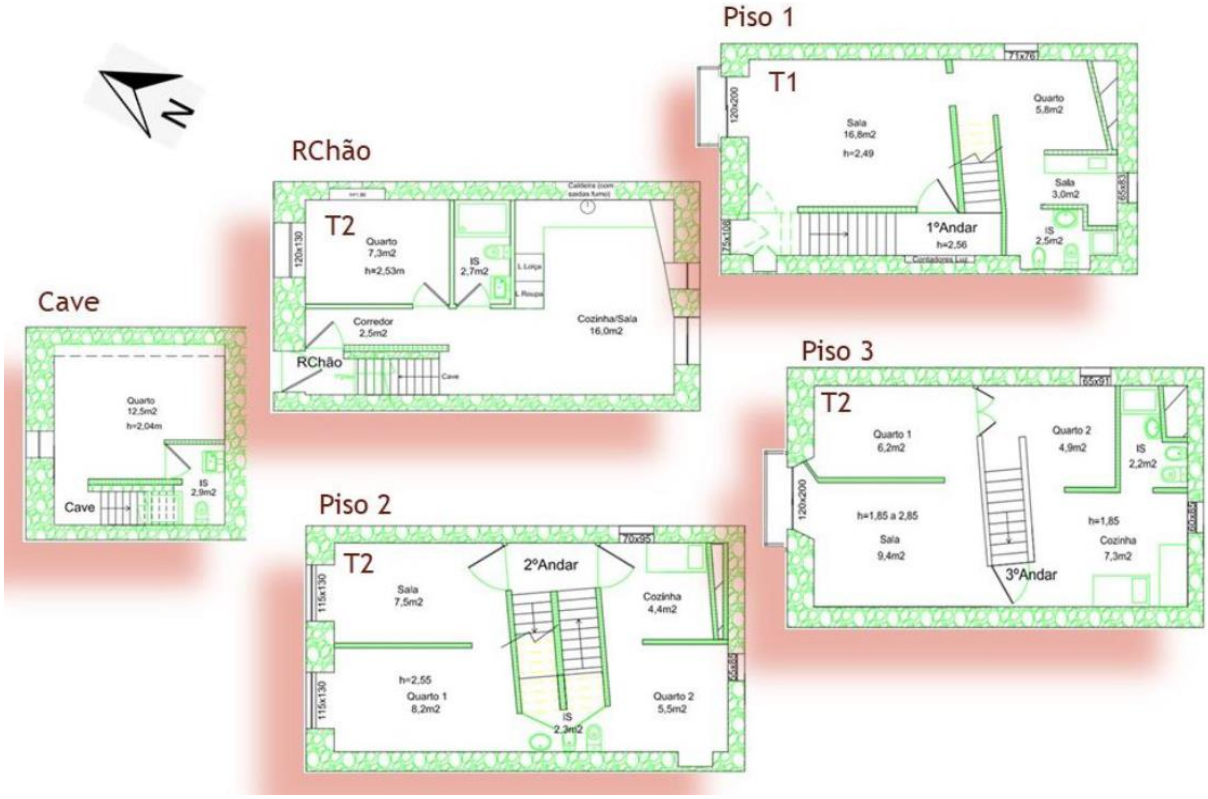


Figura 3 – Plantas e disposição das frações nos diversos pisos

Ao nível do arruamento principal, na Rua do Paraíso, o edifício está confinado e disposto em banda por edifícios com o mesmo número de pisos e cave. A nascente, no N.º 21, confina com um edifício com estrutura de betão armado, com lajes em betão armado alinhadas com os pavimentos do edifício em análise. A poente, no N.º 33-37, confina com um edifício com paredes em alvenaria de pedra calcária e pavimentos de madeira, não alinhados com o edifício em análise, conforme se pode observar na Figura 4. Na parte posterior, a sul, o edifício confina com um outro, com acesso pela Calçada do Forte N.º 18, encontrando-se este a uma cota de soleira 15 metros abaixo da cota de soleira do edifício em análise e cota da cobertura do edifício a cerca de 4 metros da soleira do edifício em análise), visível na Figura 2 b).



Figura 4 – Confrontação e alinhamento dos edifícios adjacentes

2.3. Caraterização estrutural do edifício

As paredes resistentes do edifício são as paredes exteriores, constituídas por alvenaria ordinária de pedra calcária e argamassa de cal. As paredes da caixa de escadas do R/C e 1.º piso são constituídas por alvenaria de tijolo cerâmico e argamassa. As paredes divisórias interiores, bem como a caixa de escada, dos pisos 2 e 3, são em tabique, com espessura de 14 cm. Por outro lado, na fração do piso 0, em resultado de obras recentes (há cerca de 10 anos), foram retiradas as paredes interiores e substituídas por paredes em placas de gesso cartonado simples (pladur). No 1.º piso, devido a intervenções ocorridas ao longo dos tempos, sem informação das datas, a parede de tabique na parte posterior do edifício foi substituída por parede em alvenaria de tijolo cerâmico simples, enquanto que a parede de tabique à entrada do fogo foi eliminada. Na Figura 5 é apresentado um esquema-resumo da constituição do edifício.

À semelhança das edificações desta época, a espessura das paredes mestras (exteriores) decresce em altura, com maior incidência para a fachada posterior onde apresenta uma espessura de 55 cm ao nível do piso 0 e de 34 cm no último piso. As escadas, em madeira de pinho, localizam-se no núcleo central do edifício e são distribuídas em lanços paralelos entre as duas empenas. Os pavimentos são também em madeira de pinho, em tábua corrida com 3 cm de espessura, que assenta sobre uma estrutura de vigas de madeira de pinho com secção 15x20 cm, com afastamentos de 35 a 50 cm entre vigas e apoiadas nas paredes das empenas. No 1.º piso, no decorrer dos tempos, foi aplicada uma lâmina de betão com 7 cm de espessura sobre o pavimento de madeira, tornando-o num pavimento misto madeira-betão. A cobertura é inclinada de duas águas, com revestimento em telha Marselha, apoiada sobre uma estrutura tradicional em madeira de pinho constituído por asnas pequenas, com duas pernas, linha e pendural.

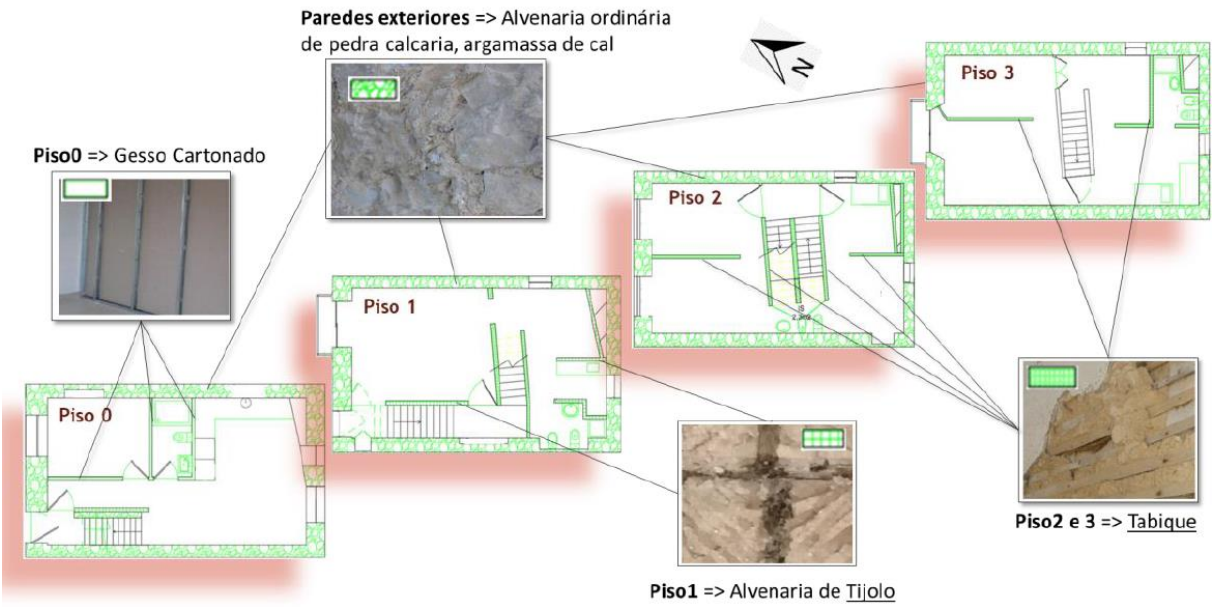


Figura 5 – Esquema-resumo da constituição do edifício

A ausência de informação do projeto original, bem como o facto da fração do R/C se encontrar habitada, dificultou a análise das fundações. No entanto, avaliando as construções da época, é de prever que possua fundações superficiais (diretas), constituídas por vigas contínuas no prolongamento das paredes resistentes. Pela generalidade dos edifícios desta época, a fundação contínua de uma parede de alvenaria apresenta uma sobrelargura em relação à parede devido ao facto de fazer a transição entre esta e o solo de fundação. A visita técnica à fração do Piso 0, nomeadamente ao nível da cave, que ocupa metade da área de implantação do edifício, verificou-se o alargamento das paredes da mesma. Para o estudo do solo de fundação, e face à ocupação da fração do rés-do-chão e dificuldade de realização de sondagens, a caracterização do terreno foi feita com base nas sondagens realizadas para o projeto do metropolitano de Santa Apolónia (localizado a 150 metros do edifício em estudo), cujo estudo geológico para construção foi realizado no ano de 1999. Nesse trabalho, foram realizadas sondagens de campo e vários ensaios laboratoriais, que fundamentam os resultados. Entre as 14 sondagens, as sondagens A11 e A12 encontram-se no alinhamento do edifício em análise, de acordo com a representação da Figura 6.



Figura 6 – Localização das sondagens do projeto metropolitano Santa Apolónia

Pela análise do corte geotécnico do terreno, verifica-se que no local onde se encontra o edifício, as camadas, no alinhamento do edifício e com continuação, são do tipo C4A, C5A, C5B. Qualquer destes 3 tipos de solo

apresentam valores de SPT superiores a 60 (> 60). Projetando estas camadas geológicas e considerando ainda o efeito da inclinação e evolução das camadas presentes no corte F – F' e a diferença de cotas entre as sondagens realizadas e a cota do edifício, é possível depreender que o solo de fundação do imóvel em estudo é idêntico aos das camadas presentes neste corte, o que permite concluir que o solo onde se encontra implantado o edifício pode ser considerado como do tipo B, de acordo com o Eurocódigo 8.

2.4. Anomalias e Patologias

Nos levantamentos e caracterização estrutural do edifício, várias foram as situações em que se registaram anomalias com efeito a nível estrutural. Pela sua importância na análise estrutural que se irá apresentar, foi feito o levantamento e caracterização das anomalias registadas *in situ*. Este levantamento permitiu justificar os eventuais danos registados e, ao mesmo tempo, auxiliar na escolha da melhor solução de consolidação estrutural, permitindo corrigir ou reforçar as zonas em causa.

Algumas intervenções avulsas ocorridas no decorrer dos tempos, provocaram alterações estruturais no edifício, entre as quais se destaca a eliminação das paredes interiores de tabique no R/C que resultou na eliminação de alguns apoios originalmente existentes e que serviam de apoio às paredes interiores dos pisos superiores (Figura 7). Da mesma forma, a eliminação das paredes interiores no 1.º piso que serviam de apoio às paredes interiores dos pisos superiores, bem como a abertura de vãos nas paredes mestras do edifício, levaram a uma redistribuição dos esforços na estrutura e ao incremento das tensões nos materiais, provocando maior desgaste dos mesmos e incremento das deformações. Para agravar a situação, a aplicação da laje de betão no pavimento do 1.º piso introduziu um incremento do peso próprio.

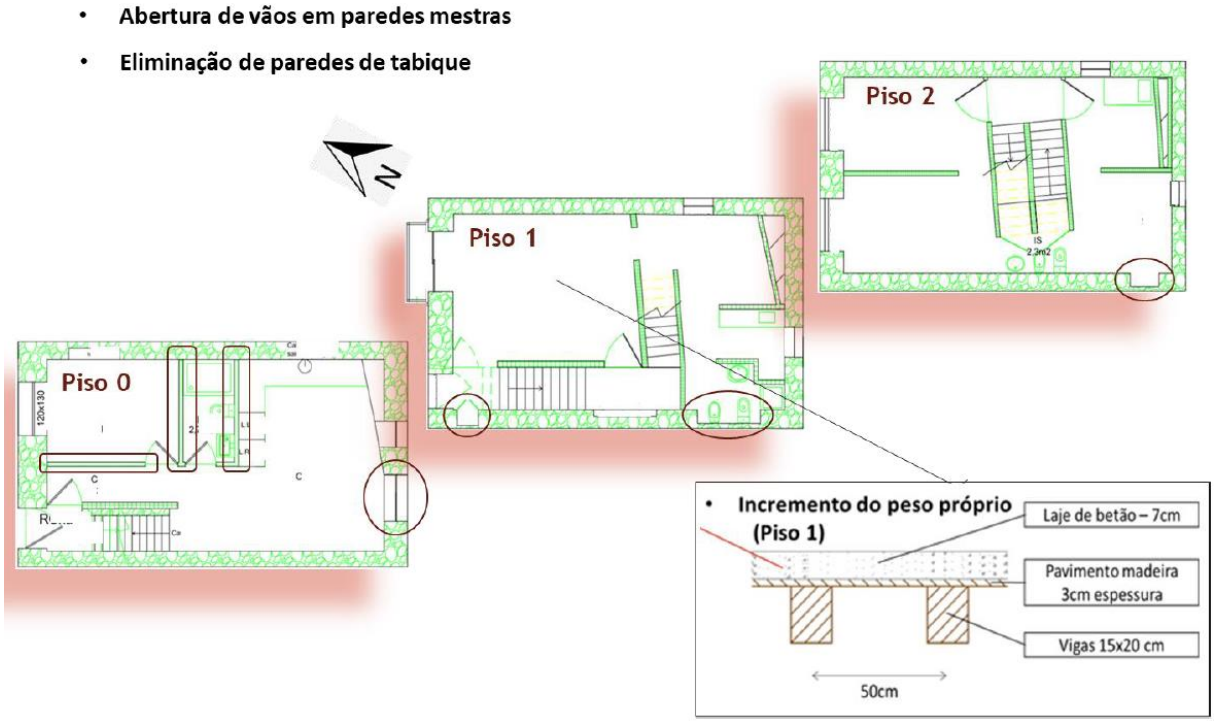


Figura 7 – Eliminação de apoios e incremento do peso próprio (*in situ*)

Entre as anomalias, foram ainda registadas deformações e desvios nos apoios do pavimento nos diferentes pisos, com valores mais significativos no piso 2, onde são visíveis de forma acentuada. Estas deformações excessivas, cujos valores limite regulamentares são respetivamente de 1,7 cm entre paredes de empena e de 3,2 cm entre paredes de fachada, apresentam valores de 9,5 cm e de 11,3 cm, respetivamente. As causas destas deformações poderão advir da eliminação dos apoios e das cargas adicionais introduzidas com a colocação da lâmina de betão

no 1.º piso. No entanto, poderá também ter contribuído o facto de, na fase de construção, ter sido utilizada madeira de baixa qualidade, verde ou com tratamento reduzido, induzindo movimentos diferenciais ao longo do tempo.

Nos levantamentos realizados ao edifício, registaram-se também várias fendas, localizadas nas paredes resistentes da fachada e empenas, assim como, no pavimento de betão do 1.º piso e zona da chaminé, identificadas na Figura 8. Estas fendas, devido à sua grande abertura, foram monitorizadas para avaliação de eventual evolução no decorrer do tempo, tendo para este efeito sido mantidos testemunhos, durante mais de 1 ano (período de tempo entre a fase de levantamento e o início da intervenção), o que permitiu concluir que as mesmas se encontravam estáveis e sem evolução. A fenda observada no pavimento do 1.º piso terá como principal causa a eliminação das paredes interiores do piso térreo.

Por fim, foram registados pontos de infiltração de humidade que surgem, com especial incidência, na parede da empena, na zona de ligação com a fachada principal, e têm origem na infiltração de águas pluviais ao nível da cobertura, junto dos tubos de queda, provocando a degradação das argamassas e rebocos das paredes mestras do edifício, assim como da madeira dos pavimentos e tetos (Figura 9). Tais fenómenos poderão ser a principal causa da fenda no canto este da parede de empena no 3.º piso. Já as fendas interiores, no canto sul do edifício, tanto no 2.º como no 3.º piso, devem-se à abertura dos vãos interiores por eliminação de trechos de parede de empena, facilmente observados nas figuras, assim como à presença geral de humidades provenientes da cobertura.

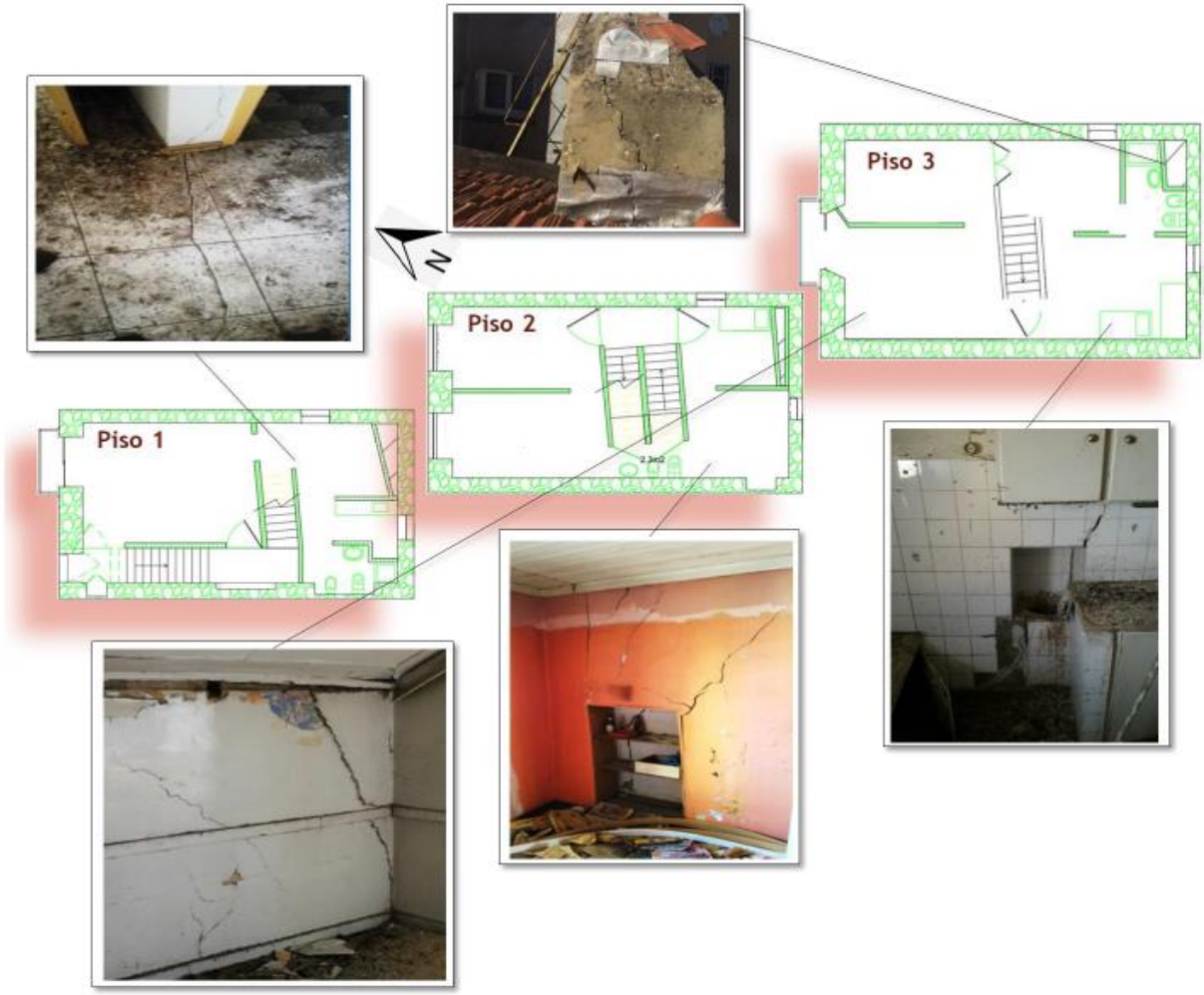


Figura 8 – Fendas registadas no edifício (*in situ*)

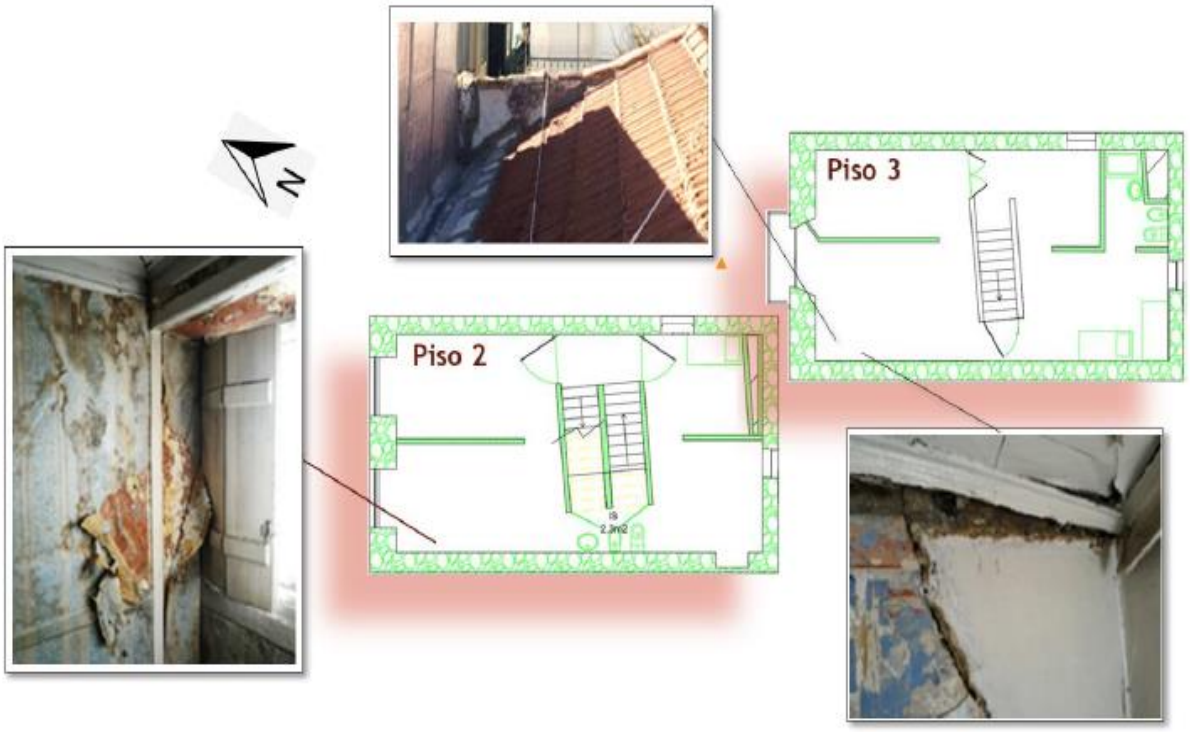


Figura 9 – Infiltrações e deterioração de rebocos (*in situ*)

3. ANÁLISE ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO EXISTENTE

Para a análise numérica foi utilizado o software 3Muri que permitiu a modelação tridimensional do edifício. Este software, direcionado para análise de edifícios com estrutura em alvenaria ou mistos, realiza análise estática não linear ou análise *pushover*, permitindo determinar os deslocamentos de cada painel de parede (macro-elemento) e por conseguinte, estimar os danos de cada elemento.

Na modelação do edifício existente, foram consideradas todas as paredes exteriores e respetivas aberturas (portas e janelas), bem como as varandas. As paredes interiores em tabique não foram consideradas no modelo por se encontrarem se em mau estado de conservação possuindo, por conseguinte, fraca capacidade resistente. Os pavimentos de madeira e o pavimento misto madeira-betão foram também considerados no modelo, bem como a restrição lateral de deslocamentos devido ao confinamento lateral do edifício. As forças atuantes consideradas foram o peso próprio das paredes, dos pavimentos e da cobertura, bem como a sobrecarga de utilização recomendada no EC8 para edifícios de habitação, afetadas dos respetivos coeficientes e tendo em conta que a ação variável de base é a ação sísmica. No que se refere à caraterização mecânica dos materiais, devido à inexequibilidade económica de ensaios detalhados que permitissem obter uma gama de resultados relativamente fiável, foram utilizados os valores médios apresentados na Tabela 1, de acordo com a gama de valores recomendados na norma italiana OPCM 3274/2003, na sua revisão de 2005 [OPCM 3431, 2005] e no EC6 [CEN, 2005]. Com base na localização do edifício em Lisboa, o zonamento sísmico corresponde à Zona 1.3 na ação sísmica do tipo 1 e à Zona 2.3 na ação sísmica do tipo 2, tendo sido considerados os espetros de resposta da ação sísmica de referência previstos no EC8 (NP EN 1998) com um período de retorno de referência de 475 anos. Relativamente ao tipo terreno, de acordo com a análise realizada no ponto 1.3, o mesmo deve ser considerado como um terreno do tipo B. Concluída a modelação da estrutura (Figura 10), a malha tridimensional usada na análise é gerada automaticamente pelo programa, para a qual o 3Muri procura garantir as ligações dos nós estruturais pelos elementos, de modo a simular a melhor aproximação à transferência de esforços. Uma descrição mais pormenorizada desta análise pode ser consultada em Caires (2017).

Tabela 1 – Propriedades mecânicas das alvenarias

Tipo de Alvenaria	Módulo de elasticidade longitudinal (E) [kN/m²]	Módulo de elasticidade transversal (G) [kN/m²]	Peso Volúmico [kN/m²]	Resistência à compressão [kN/m²]	Resistência ao corte [kN/m²]
Alvenaria Pedra Calcária	1 035 000	172 000	19	900	30
Alvenaria Tijolo	1 800 000	300 000	12	1 800	60

Após o cálculo, o programa fornece como resultados da análise, para além da curva de capacidade do edifício, a evolução dos deslocamentos de cada nó e do dano em cada um dos macro-elementos. Pela análise *pushover* realizada para a direção X, nos dois sentidos (+/-), (apenas nesta direção, uma vez que o edifício está confinado na direção Y), são obtidas as respetivas curvas de capacidade, posteriormente convertidas em espectros de capacidade (Figura 11). Observam-se valores na ordem de 2,09 cm para o deslocamento espetral último do edifício, enquanto que o seu ponto de desempenho apresenta o valor de 1,82 cm, o que permite concluir que o edifício existente apresenta danos correspondentes a um estado de dano extenso, próximo do dano completo ou colapso, tanto para o sismo do tipo 1 (“sismo afastado”) como para o sismo do tipo 2 (“sismo próximo”).

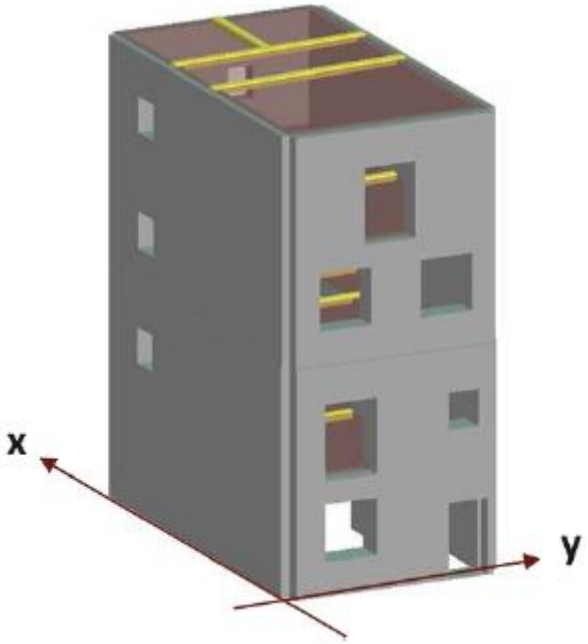


Figura 10 – Modelo 3D em 3Muri do edifício existente

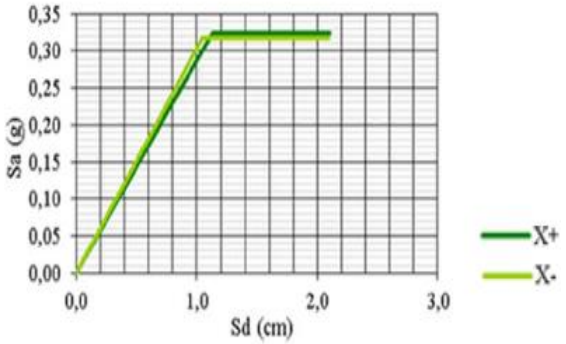


Figura 11 – Curvas de capacidade do edifício, expressas em coordenadas modais

4. SOLUÇÃO DE CONSOLIDAÇÃO ESTRUTURAL

A solução de consolidação apresentada teve em conta a análise estrutural realizada, a caracterização dos danos e sua localização no conjunto do edifício, mas também o conjunto de anomalias estruturais registadas no processo de levantamento no edifício, nomeadamente as fendas, deformações, cargas excessivas, eliminação de apoio e deterioração das argamassas. Assim, indicam-se em seguida as operações previstas para reforço ou reparação, consoante se tratem de soluções para melhoria do desempenho global do edifício ou para reforço localizado ou pontual. De referir que, para além da solução aqui apresentada, foram testadas outras possibilidades de reforço, mas as mesmas não apresentavam viabilidade por não incrementarem a capacidade resistente global do edifício.

4.1. Intervenções de consolidação e reforço estrutural – para desempenho global

Entre as medidas de consolidação e reforço global do edifício destaca-se a utilização de vigas metálicas para ligação das paredes de empena, permitindo melhorar o contraventamento nesta direção, regularizar as deformações existentes nos pavimentos, assim como, reforçar o pavimento à flexão, servir de apoio à nova caixa de escada e, em caso de sismo, permitir um comportamento solidário das paredes e evitar o eventual dano induzido pelas paredes de empena dos edifícios confinantes. Para o efeito serão aplicadas 2 vigas metálicas HEB140, por piso (secção obtida do cálculo das necessidades estruturais dos pisos), instaladas ao nível dos pavimentos e na zona da caixa de escada, conforme apresentado na Figura 12.

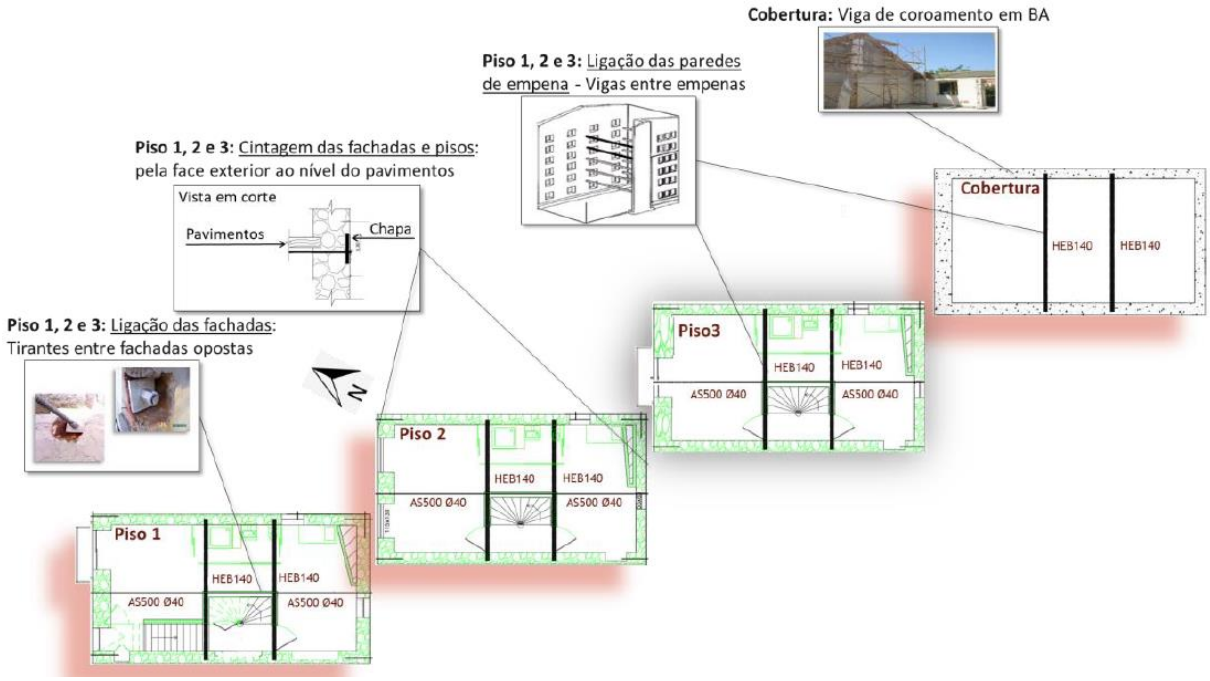


Figura 12 – Medidas de consolidação para reforço global do edifício

Para um melhor desempenho global da estrutura do edifício, será feita a cintagem das fachadas por aplicação de uma chapa em aço, com espessura de 1 cm e altura de 30 cm, na face exterior das mesmas, ao nível dos pavimentos e em todo o seu comprimento. Para uma melhor resposta monolítica do edifício, serão também aplicados tirantes ativos entre paredes de fachada opostas, ao nível dos pavimentos e posteriormente tensionados e ancorados nas cintas, na face exterior das paredes. Estas soluções, utilizadas em conjunto, promovem o confinamento das paredes de fachada e um aumento do contraventamento, o que permite equilibrar e distribuir as forças horizontais em caso de sismo, conferindo uma melhor resposta da estrutura face à ação sísmica.

Ao nível da cobertura será ainda aplicada uma viga de coroamento em betão armado, no topo das paredes exteriores, evitando o colapso da estrutura de cobertura e, ao mesmo tempo, melhorando a ligação entre paredes.

4.2. Intervenções de consolidação e reforço estrutural – para desempenho localizado

Para o reforço das paredes, em especial as zonas identificadas na análise estrutural em estado de colapso ou de dano extenso, será utilizado reboco armado nas faces das paredes, permitindo o aumento da resistência superficial ao corte e à tração, melhorar a transmissão de tensões entre elementos, assim como, o controlo da fendilhação e desagregação dos elementos da parede por rotura da argamassa. Os vãos de janela e portas, sujeitos a esforços de corte e tração elevados, serão reforçados através de lintéis sobre os vãos, apresentados e

descritos na Figura 13. Este tipo de solução irá permitir o aumento da resistência superficial na zona dos vãos. Finalmente, com vista a regularizar as cargas estruturais do edifício, nomeadamente no que se refere ao peso próprio do pavimento do 1.º piso, será eliminada a lâmina de betão que foi aplicada sobre o pavimento de madeira inicialmente existente, pois o excesso de peso exercido sobre a estrutura tem provocado o aparecimento de algumas das deformações e fendas descritas anteriormente.

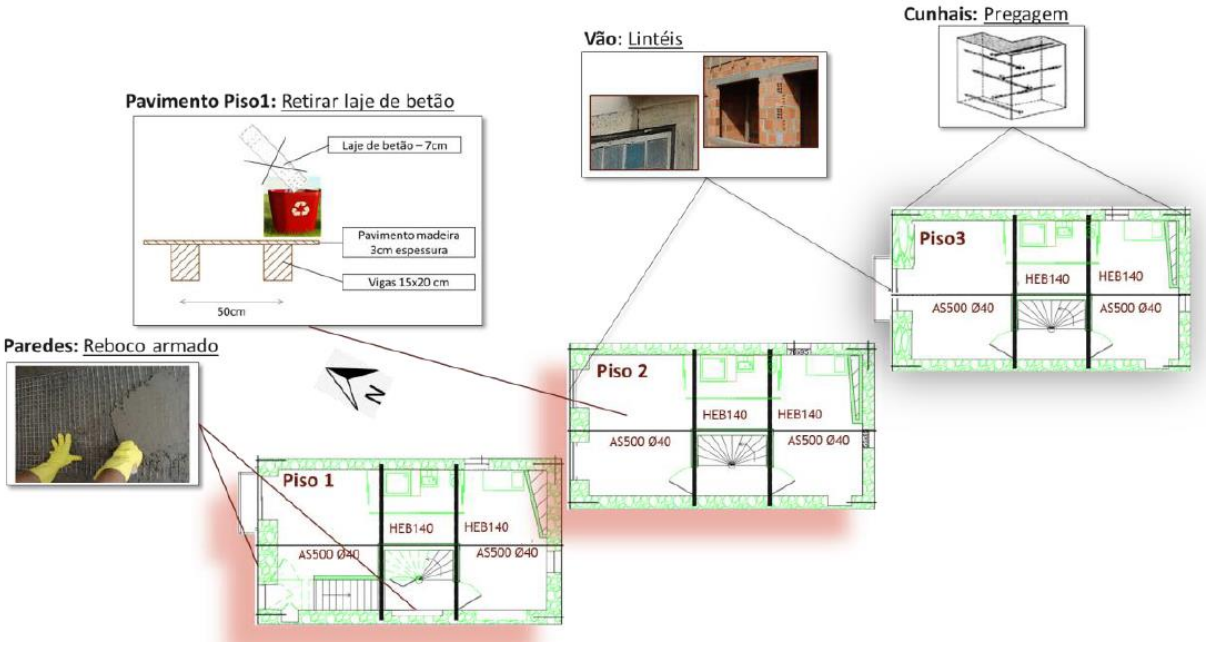
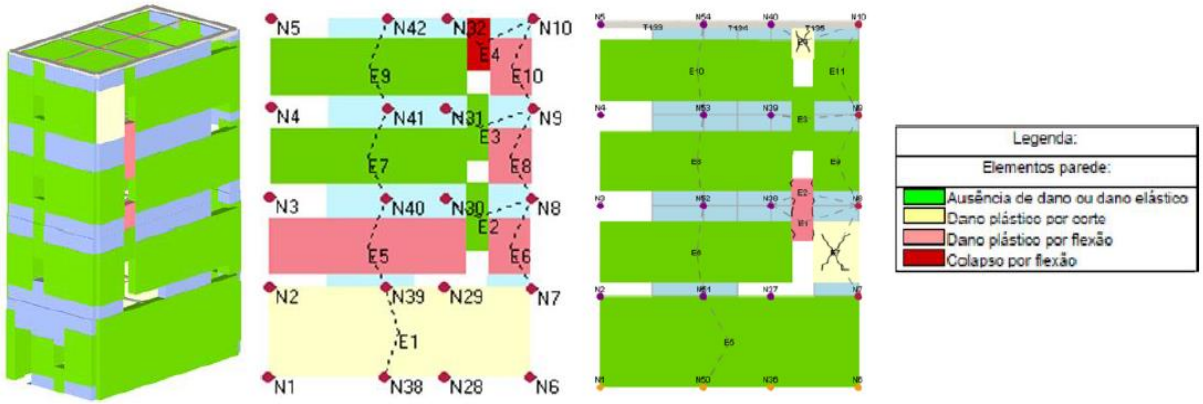


Figura 13 – Medidas de consolidação para reforço localizado do edifício

5. ANÁLISE ESTRUTURAL DA SOLUÇÃO DE CONSOLIDAÇÃO ESTRUTURAL

A análise *pushover* efectuada ao modelo numérico do edifício reforçado permitiu concluir que as soluções acima descritas irão introduzir melhorias significativas na capacidade resistente de todo o edifício, melhorando o seu comportamento global, quer para o sismo do tipo 1 quer para o sismo do tipo 2, embora o sismo tipo 1 permaneça como o mais desfavorável. A título de exemplo, é apresentada a análise de danos da parede P1 por ser a parede que apresenta maiores níveis de dano, com uma análise comparativa antes e após a intervenção. Na Figura 14 pode ser observada a melhoria introduzida pela implementação da solução de reforço, com painéis anteriormente em estado de colapso passam a apresentar estado fendilhado e painéis em estado fendilhado apresentam ausência de dano.



Danos expectáveis, sismo tipo 1 direção X- | Parede P1 do edifício existente, sismo tipo 1, direção X- | Parede P1 do edifício reforçado, sismo tipo 1, direção X-

Figura 14 – Danos expectáveis, sismo tipo 1, direção X-

6. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo analisar o comportamento de um edifício de alvenaria de pedra e pavimentos de madeira sujeito às ações sísmicas regulamentares. Tendo como base os danos identificados na análise estrutural realizada com o auxílio do software 3Muri, assim como nas anomalias registadas na fase do levantamento e caraterização do edifício, foram definidas medidas de consolidação e reforço estrutural, com vista a resolver as patologias identificadas e aumentar a capacidade resistente global do edifício.

Atualmente, verifica-se uma grande afluência na reabilitação do edificado no nosso país, nomeadamente nas áreas mais antigas das cidades, designadas por zonas históricas. Os edifícios cuja estrutura portante é maioritariamente constituída por alvenaria são uma parte importante destes edifícios e, pelas suas particularidades, devem ser abordados de forma diferente dos edifícios de betão ou aço. A intervenção neste edificado foca-se habitualmente apenas nos elementos não estruturais. No entanto, muitas vezes, são acrescentadas ou retiradas paredes que, nesta tipologia construtiva, constituem elementos estruturais, pelo que se deve evitar realizar estas intervenções sem efetuar um estudo prévio da alteração estrutural, incluindo análise do comportamento face à ação sísmica.

Neste trabalho, estudou-se o comportamento de um edifício antigo e concluiu-se sobre a possibilidade de aplicação de diferentes soluções de reforço nos edifícios de pedra, privilegiando-se aqueles que melhoram o comportamento global do edifício por redução do deslocamento entre pisos e/ou por aperfeiçoamento do comportamento das ligações entre os diversos elementos constituintes, tais como ligação de paredes opostas, cintagem de pisos, introdução de viga de coroamento. A pregagem dos cunhais, bem como a introdução de lintéis na zona superior dos vãos constituíram as soluções de intervenção para aumento do desempenho localizado. Por fim, a aplicação de reboco armado nas paredes exteriores permitiu aumentar a resistência superficial das paredes ao corte e à tração, melhorando a transmissão de tensões entre elementos. O estudo do desempenho sísmico do edifício foi crucial para a tomada de decisão e validação das intervenções com melhores resultados para esta estrutura específica.

REFERÊNCIAS

CAIRES, M., 2017 – **Análise e consolidação estrutural de edifício na Rua do Paraíso, Lisboa**. Seminário do 4.º Curso Pós-Graduação de Construção e Reabilitação de Construções. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

EN 1996:2005 – **Dimensionamento de estruturas de alvenaria.** Brussels: CEN.

Escritura de Aquisição do imóvel da Rua do Paraíso N.º 31 em Lisboa, Lavrada a 8/Mar/2017.

TEIXEIRA DUARTE, SA, 2000 **– Estudo geotécnico metropolitano de Santa Apolónia, relatório preliminar e complementar (2x relatórios) – Estação de Santa Apolónia.** Reconhecimento Geotécnico e Ensaios Laboratório. Lisboa: Teixeira Duarte Engenharia e Construções, SA.

LAMEGO, P., 2014 – **Reforço sísmico de edifícios de habitação. Viabilidade de mitigação do risco.** Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Braga: Universidade do Minho, Escola de Engenharia.

NP EN 1998:2010 – **Norma portuguesa, Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios**. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

OPCM 3431, 2005 – **Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici**. Ordinanza P. C. M. no. 3431 del 03/05/2005. Modificação da Ordinanza no. 3274 del 20/03/2003. Roma, Itália: Presidenza del Consiglio dei Ministri

S. T. A. DATA, 2013 – **Programa de cálculo automático de estruturas 3Muri Professional**. Turim, Itália, www.stadata.com

CRITÉRIOS DE INTERVENÇÃO COM SUPORTE DE RELATÓRIO PRÉVIO. O CASO DE ESTUDO DO CASTELO DE PORTEL

INTERVENTION CRITERIA SUPPORTED BY PREVIOUS REPORT. CASTELO DE PORTEL CASE STUDY





Aníbal Costa [(1)], Alice Tavares Costa [(2)], Adalberto Dias [(3)]

(1) Dep. Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Portugal, agc@ua.pt
(2) Dep. Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Portugal, tavares.c.alice@ua.pt
(3) Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, Portugal, adalbertodias@mail.telepac.pt

RESUMO

Este artigo pretende apresentar um projeto de intervenção que se suportou em fase preliminar num Relatório Prévio elaborado com base num estudo de inspeção e diagnóstico. Este trabalho foi desenvolvido no âmbito de um projeto de conservação que o Município de Portel e a Fundação da Casa de Bragança, pretendem levar a efeito, sendo o objeto de estudo o Castelo de Portel que se localiza em Portel, Portugal.

O Castelo de Portel encontra-se classificado como Imóvel de Interesse Público desde 1910. Por este motivo a definição de critérios de intervenção que priorizassem a preservação da pré-existência e a sua valorização foi um objetivo apriorístico.

O estudo permitiu conhecer os materiais e os sistemas construtivos existentes do Castelo de Portel, as alterações ao longo do tempo, a identificação de fragilidades estruturais com risco de colapso iminente, o que apoiou uma escolha de sistemas e materiais compatíveis com os existentes e permitiu avaliar os benefícios e os riscos, bem como as consequências das intervenções no património arqueológico que este encerra. A partir das conclusões do Relatório de Inspeção e Diagnóstico foi apresentado um Estudo Prévio que foi aprovado por todas as entidades licenciadoras, onde se definiram as intervenções a realizar, bem como foi proposta uma utilização compatível para o imóvel. A partir da aprovação do Estudo Prévio foi desenvolvido o Projeto de Execução que se apresenta neste trabalho.

Palavras-chave: Inspeção e Diagnóstico / Património / Reabilitação / Intervenção / Castelo de Portel

RESUMO ALARGADO

INTRODUÇÃO

O presente documento pretende apresentar um projeto de intervenção que o Município de Portel e a Fundação da Casa de Bragança, pretendem levar a efeito, sendo o objeto de estudo o Castelo de Portel, Figuras 1 e 2. Para o efeito foi fundamental o desenvolvimento pelos autores do Relatório Prévio (Dec. Lei 140/2009, que estabelece o regime jurídico dos estudos, projetos, relatórios, obras ou intervenções sobre bens culturais classificados, ou em vias de classificação, de interesse nacional, de interesse público ou de interesse municipal) que se baseou num estudo de inspeção e diagnóstico que procurou caraterizar o estado de conservação do imóvel, os materiais constituintes e os sistemas estruturais e as principais anomalias. Para além disso o estudo teve como objetivo a definição de critérios que fundamentassem as obras ou as intervenções de conservação a propor procurando adaptar essas intervenções às características do imóvel, tendo em conta o facto de o Castelo de Portel se encontrar classificado como Imóvel de Interesse Público desde 1910. O conhecimento dos materiais e dos sistemas construtivos existentes no Castelo de Portel permitiu escolher sistemas e materiais que fossem compatíveis com os existentes e permitirá avaliar os benefícios e os riscos, bem como as consequências das intervenções no património arqueológico. A partir das conclusões do Relatório de Inspeção e Diagnóstico foram definidas as intervenções a realizar e proposta uma utilização para o imóvel. Complementarmente foi apresentada a bibliografia e fontes documentais relevantes no âmbito das obras já ocorridas e para fundamentação das intervenções propostas e o levantamento fotográfico geral, de conjunto e de detalhe da Torre de Menagem, panos de muralha e torres (cubelos).



Figura 1 – Planta de localização do Castelo de Portel (créditos: Google maps)



Figura 2 – Vista aérea do Castelo de Portel (SIPA)

CARACTERIZAÇÃO ARQUITECTÓNICA E DO SISTEMA CONSTRUTIVO

A caracterização arquitetónica e do sistema construtivo é apresentada no Relatório Prévio (Costa *et al*, 2019) com suporte a estudos anteriores dos autores e aos ensaios *in situ* realizados para o efeito, complementado por registo fotográfico, tendo como suporte físico o levantamento da arquitetura fornecido pela requerente. A inspeção e a análise dos registos fotográficos permitiram estabelecer algumas conclusões sobre o sistema construtivo, no entanto, ressalvando-se a impossibilidade de se terem procedido a sondagens ou inspeções mais intrusivas para apreciação mais exaustiva.

O Castelo de Portel é constituído por uma alvenaria de xisto e algum granito em paredes que confinam, de ambos os lados, paredes de alvenaria de taipa. Estas paredes terão nas fases de reconstrução dos anos 80 do século XX entre 0,50 e 0,60 m de espessura. As argamassas de assentamento usadas durante a construção, reconstrução

ou reparações foram de cal aérea e areia ou argamassas cimentícias sobretudo no período dos anos 80. Dado que as muralhas apresentam capeamentos com pouca inclinação e terão nas várias áreas reconstruídas pouca espessura, representam por si uma vulnerabilidade na durabilidade e segurança da solução construtiva. A Torre de Menagem igualmente em alvenaria de xisto, tem os espaços interiores, incluindo abobadas, rebocadas e pintadas. As zonas de cunhal e alguns vãos são em silharia de mármore. Os pavimentos interiores são em tijoleira.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO CASTELO DE PORTEL: ANOMALIAS E CAUSAS

Aborda-se de seguida as anomalias que se apresentam nos diversos setores que constituem o Castelo de Portel – Torre de Menagem, panos de muralha e torres. No desenho 02/42 (Figura 3) apresenta-se a planta geral de anomalias onde se pretende evidenciar todas as anomalias referenciadas pela equipa técnica. Para melhor se compreender a evolução das anomalias e momentos de anteriores reparações, foi incluída no Relatório uma descrição cronológica apoiada por registos fotográficos do SIPA. Da análise dos registos escritos e fotográficos foi feita uma súmula de reconstruções dos componentes da muralha, já que cada período representa em si soluções de reconstrução específicas e que são relevantes para o entendimento das causas de dano e das estratégias de intervenção a implementar.

A título de conclusões preliminares sobre danos apresentam-se as seguintes:

a. Os panos exteriores de muralha foram ao longo do tempo mais sujeitos a colapso e desagregação do que os interiores, sobretudo no correspondente à metade superior da muralha. Nos dias de hoje continuam a apresentar mais danos que os panos interiores em termos de deformação e fendilhação.
b. Os panos interiores de muralha apresentam atualmente sobretudo lacunas de material (pedra e argamassa) na base ao longo de toda a sua extensão, existindo acima desta área uma outra de mancha de humidade e algum nível de desagregação.
c. Os danos nas Torres são sobretudo deformações e fendilhação. No passado os casos de elevado dano em Torres (fendilhação vertical generalizada ao longo da sua altura) resultou na sua reconstrução praticamente total, caso da Torre A e Torre D.
d. Durante o período de vida do Castelo de Portel, pelo menos desde 1955 em que existe o registo fotográfico mais completo, passou-se por vários períodos de reconstrução, sendo a maior parte dos panos exteriores de muralha reconstruídos durante os anos 80 do século XX.
e. Os danos atuais concentram-se sobretudo em áreas intervencionadas durante os anos 80 do século XX, apresentando anomalias semelhantes entre si, nomeadamente nos Panos de muralha 3, 4, 5, 6 e 7, bem como Torres E e F (parte superior). Os danos recorrentes nestas áreas são: fendilhação e desligamento entre área de pavimento do adarve e muro/ameias; fendilhação no pavimento e no primeiro tramo de ameias na ligação entre adarves e Torres (ver caso de E e F); deformação sobretudo superior, para o que pode ter contribuído a não resolução de deformações de Torres ou panos de muralha no período de intervenções durante os anos 80 (a saber: Panos 3 e 6 e Torres E e F). As reconstruções de panos de alvenaria de pedra em Torres e em Panos de muralha é de reduzida espessura rondando os 50-60cm.
f. A argamassa usada de junta em muros/ameias em muitas destas áreas de intervenção é uma argamassa pobre que se encontra atualmente em desagregação.
g. O uso de argamassas cimentícias durante os anos 80 do século XX introduziram novos danos às paredes das muralhas, pela incompatibilidade com a taipa do interior.

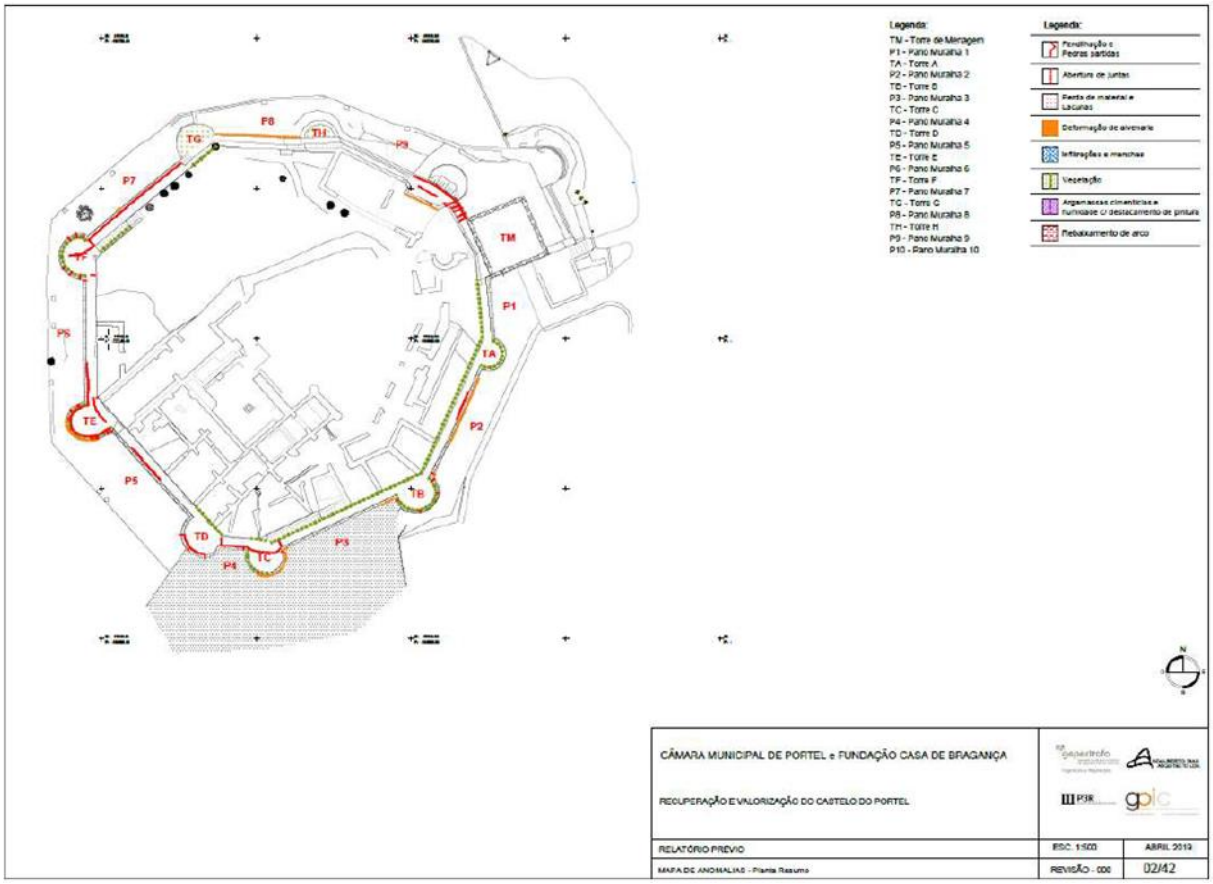


Figura 3 – Planta Geral de Anomalias

CAUSAS PROVÁVEIS DE ANOMALIAS

Consideramos que as anomalias que se verificam no Castelo de Portel, nomeadamente, na Torre de Menagem, Panos e Torres foram originadas essencialmente por três causas: ação da água; intervenções erróneas e movimentos de fundações.

PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Devido ao elevado valor patrimonial do conjunto edificado em presença é necessário proceder a uma intervenção de forma a preservar, salvaguardar e valorizar esse conjunto edificado, respeitando os princípios norteados pelas Cartas e Convenções Internacionais, adotando sempre que possível técnicas e metodologias que permitam a intervenção mínima, a menor intrusividade, a reversibilidade das técnicas adotadas e a compatibilidade química e mecânica dos novos materiais empregues.

As intervenções a executar, envolvem elevada especificidade e uma complexidade maior do que a execução de trabalhos de construção civil corrente, exigindo uma maior minúcia e rigor de execução, pelo que os trabalhos desta natureza deverão ser executados por equipas multidisciplinares e pessoal que possua formação específica nesta área e vasta experiência na realização deste tipo de trabalhos, condição imperativa e necessária para o sucesso desta intervenção. Obrigatoriamente todos os trabalhos a executar nas paredes das muralhas e nos cubelos deverão ser executados por pedreiros qualificados e habituados a trabalhar com alvenaria de xisto e argamassas não cimentícias. Para além disso todos os trabalhos que envolvam escavações, quer no interior quer no exterior do Castelo, terão de ter acompanhamento de uma equipa de arqueologia.

CONCLUSÕES

Os benefícios que se podem tirar de intervenções no património, desde que estas contribuam para a sua conservação e valorização, são enormes, não só para o património português, como para a região, função do impulso económico, social e turístico que proporciona, como para o país e porque não, para o Património da Humanidade. Pensamos que a intervenção que é proposta irá contribuir para essa valorização. Quando se intervém no Património correm-se sempre riscos, dado que muitas vezes essas intervenções podem ser intrusivas, pouco cuidadas, ou não enquadradas no fundamental que é a valorização do elemento que se está a intervir. Mas por outro lado corre-se o risco de que a não intervenção possa conduzir ao colapso desse monumento ou a parte dele e aí a perda ser muito maior. Neste caso procurou-se através do conhecimento dos materiais e dos sistemas construtivos presentes e através do conhecimento da história do monumento ao longo do tempo, principalmente da sequência das intervenções que foram realizadas, conhecer de forma aprofundada o objeto a intervir procurando assim perceber o que correu mal e como se poderão evitar os problemas no futuro.

AGRADECIMENTOS

Alice Tavares agradece o apoio da Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia (FCT) no âmbito do seu programa de pós-doutoramento com a referência SFRH/BPD/113053/2015 bem como ao RISCO – Universidade de Aveiro.

Nota

Artigo completo foi indicado para ser publicado no dossier ENCORE 2020 da *Revista Conservar Património* de set-dez de 2021.

REFERÊNCIAS

COSTA, A.; DIAS, A.; TAVARES COSTA, A.; MARTINS, A., 2019 – **Relatório prévio. Castelo de Portel.** Abril 2019.

DECRETO-LEI n.º 140/2009 – Estabelece o **regime jurídico dos estudos, projectos, relatórios, obras ou intervenções sobre bens culturais classificados, ou em vias de classificação, de interesse nacional, de interesse público ou de interesse municipal**. Diário da República n.º 113/2009, Série I de 2009-06-15.

S. I. P. A. – www.monumentos.gov.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=6510

GESTÃO E MANUTENÇÃO DO PATRIMÓNIO CULTURAL DA HUMANIDADE EM PORTUGAL – CASO DE ESTUDO DA EMPREITADA DE REABILITAÇÃO DOS CARRILHÕES E TORRES SINEIRAS DO PALÁCIO NACIONAL DE MAFRA

MANAGEMENT AND MAINTENANCE OF CULTURAL HERITAGE OF HUMANITY IN PORTUGAL – CASE STUDY OF THE REHABILITATION WORK OF THE CARILLONS AND BELL TOWERS OF THE MAFRA NATIONAL PALACE

Manuel Brazão Farinha [1, 2], Rui Araújo [2], Rui Oliveira [2], Albertina Rodrigues [3], Luís Marreiros [4], Filipe Ferreira [5], Belmiro Xavier [5], Inês Menezes [5]

(1) ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal, mfarinha@dec.isel.pt
(2) BFE – Brazão Farinha Engenharia, Lda., Portugal, brazao.farinha@gmail.com
(3) DGPC – Direção Geral do Património Cultural, Portugal, arodrigues@dgpc.pt
(4) DGPC – Direção Geral do Património Cultural, Portugal, lmarreiros@dgpc.pt
(5) AOF – Augusto de Oliveira Ferreira & C.ª, Lda., Portugal, geral@aof.pt

RESUMO

O Palácio Nacional de Mafra é um conjunto arquitetónico barroco único, incluindo um paço real, uma basílica e um convento. Possui importantes coleções de escultura italiana, de pintura italiana e portuguesa, uma notável biblioteca, bem como dois carrilhões, seis órgãos históricos e um hospital do século XVIII. Foi mandado construir por D. João V para cumprir um voto de sucessão, tendo a construção sido iniciada em 1717. O Palácio está integrado na Rede de Residências Reais Europeias e o conjunto do Palácio, Basílica, Convento, Jardim do Cerco e Tapada foi inscrito na lista do património mundial da UNESCO em 2019. Dada a necessidade bem patente de realizar as intervenções urgentes de recuperação dos dois carrilhões e respetivas estruturas de sustentação e ainda de corrigir intervenções antigas hoje consideradas incorretas, promoveu a Direção Geral do Património Cultural (DGPC) as ações necessárias à reabilitação das duas torres. O restauro da operacionalidade dos carrilhões devolveu ao Palácio Nacional de Mafra o seu papel ímpar a nível mundial no campo dos instrumentos musicais integrados em património arquitetónico, fortalecendo a sua importância cultural e turística. Este caso de estudo apresenta as principais ações desenvolvidas, a importância da coordenação interdisciplinar entre os vários intervenientes a todos os níveis, as particularidades de uma obra cujo contrato prevê que a elaboração do projeto de execução é da responsabilidade do adjudicatário, e os principais estudos para otimizar as soluções de intervenção no edificado. A intervenção cumpriu os objetivos inicialmente traçados, embora as condições de conservação encontradas tenham sido mais gravosas que as previstas no programa preliminar, fruto do tempo decorrido desde a sua elaboração, ficando ainda a sensação que se poderia, e deveria ter ido mais além sem os constrangimentos orçamentais a que a obra estava sujeita.

Palavras-chave: Reabilitação / Restauro / Palácio de Mafra / Património Mundial / Carrilhão

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é dar a conhecer o objeto patrimonial inserido no Palácio Nacional de Mafra e a sua recuperação – o lançamento do procedimento, o projeto, a obra e a sua gestão – sendo pelos motivos elencados uma apresentação conjunta do Dono de Obra, da Entidade Executante e da Fiscalização.

1.1. Objeto da intervenção

No auge do enriquecimento real resultante das explorações dos minérios e de outras riquezas brasileiras, D. João V decide equipar as torres da igreja do seu palácio-convento com dois fabulosos conjuntos sineiros que viriam a ser para sempre inéditos pela sua duplicidade. Cada torre teria o seu relógio, somando dois conjuntos de três sinos de horas, a colocar no nível mais alto dos campanários, sinos de bamboar (para marcar as rotinas diárias dos frades, assinalar as celebrações religiosas, chamar os fiéis, anunciar funerais, tocar a rebate em caso de algum tipo de emergência). Para tal houve que instalar onze grandes sinos no nível intermédio das torres. Por fim, era mandatório que a basílica tivesse dois carrilhões, pois a simetria da arquitetura assim o exigia. Os sinos de horas e os litúrgicos poderiam ser fundidos pelos melhores mestres sineiros portugueses, com as mais ricas decorações em baixo-relevo, mas os carrilhões teriam de ser os mais perfeitos instrumentos musicais e por isso teriam de ser encomendados aos melhores executantes europeus, os flamengos Willem Witlockx de Antuérpia e Nicolau Levache de Liège. Cada carrilhão deveria poder ser tocado em modo automático, através de sofisticadas e gigantescas caixas de música, ligadas aos mecanismos dos relógios, profusamente decoradas com figuras escultóricas fundidas em bronze e outras ligas metálicas. Em cada um desses autómatos, dois enormes tambores perfurados permitiriam programar três melodias que várias vezes ao dia lembrariam aos frades e aos habitantes de Mafra a proximidade entre o Divino e o espírito humano. Mas, os carrilhões deveriam poder ser também tocados manualmente por músicos – os carrilhanistas – e para isso teriam de se chamar a Mafra os mais conceituados dessa Europa (Figura 1).



Figura 1 – O carrilhão Witlockx antes da interdição de toque em 2001

E assim foi, ao longo dos séculos XVIII e XIX, XX e neste início do XXI, um permanente desafio para as diferentes entidades públicas em manter aqueles frágeis gigantes de bronze, madeira e ferro a tocar e a ser tocados. De facto, os dois conjuntos sineiros revelaram-se difíceis de manter em bom estado de funcionamento e mesmo em boas condições de segurança, pois a água salgada, do mar ali mesmo à frente, trazida pelos fortes ventos do sudoeste, a água doce das chuvas batidas pelas nortadas, os raios do Sol, os movimentos telúricos e até mesmo os pombos com a sua incessante produção de dejetos ácidos, uniram-se para desafiar a existência destes sinos materializados pela forte vontade do rei João V.

Resistindo a todas as crises, os 119 sinos de Mafra chegaram praticamente intactos ao ano de 2001 mas, infelizmente, quase todos eles mudos. Os relógios avariados não permitiam fazer soar os quartos e as horas certas, dos litúrgicos nenhum estava em condições de tocar, o carrilhão da torre Norte, o Levache, depois de muitas vicissitudes tinha sido desativado na década de 20, do século XX.

Quanto ao carrilhão da torre Sul, o Witlockx, a joia da coroa, fabricado pelo melhor fundidor de sinos musicais do século XVIII e, talvez o único em todo o mundo mantido na sua originalidade de temperamento mesatónico, conforme a sonoridade da época da sua construção, tocou regularmente entre 1986 e 2001 tendo, no entanto, o sistema de toque mecânico sido alvo de restauro nos primeiros nove meses de 1993.

1.2. Desafios para os envolvidos na execução

Os desafios para todos os envolvidos numa obra ímpar como a reabilitação dos carrilhões e das torres sineiras do Palácio Nacional de Mafra foram imensos, decorrentes principalmente do tipo de empreitada que em Portugal ocorre uma vez por geração. De facto, a última grande intervenção no instrumento musical carrilhão fora efetuada em 1986, e assim a equipa de fiscalização para além da gestão processual e contratual normal teve que aprender a "tocar" outro instrumento – o carrilhão – obrigando para além de uma especial sensibilidade para a temática da conservação e reabilitação do património (madeiras, pedra e metais) a munir-se de alguns conhecimentos musicais.

Num processo particularmente complexo como este em que não só o executante também é projetista, como o espectro dos trabalhos se desvia do comum, houve que colocar em diálogo e principalmente em sintonia, e só para citar algumas especialidade tão diferentes, a carpintaria e conservação de madeiras, serralharia e conservação de metais ferrosos e não ferrosos, mecânica e relojoaria, pichelaria, campanologia, música, musicologia, física acústica, arqueologia, eletricidade, pavimentação e movimentação de terras. Por sua vez, o Empreiteiro, também projetista, teve que garantir desde a fase de projeto à fase de execução, equipas de todas essas especialidades, havendo que as articular e coordenar. Tudo isto, com o objetivo de conservar os conjuntos sineiros de ambas as torres e de reabilitar integralmente o carrilhão da torre sul. Implicitamente, houve que recuperar as torres em alvenaria de lioz e as estruturas de suporte em madeira de sucupira e ipê, de modo a viabilizar a reabilitação dos instrumentos musicais, dos relógios das torres, e dos respetivos sinos das horas, e do automatismo musical da torre sul, bem como um sino litúrgico de bamboar, repondo assim, ainda que parcialmente, a totalidade das funcionalidades definidas à época da construção da basílica. Outros trabalhos como a reabilitação dos cataventos e para-raios, fornecimento de energia elétrica às torres para iluminação, tomadas e automatização das cordas do relógio da torre sul e criação de acessos à obra, justificaram as restantes especialidades. Apesar de envolver equipas dos vários intervenientes em obra experientes em projetos e reabilitações similares, a dimensão da intervenção e o carácter único dos carrilhões e dos automatismos, associado ao seu valor histórico, obrigaram a equipa de fiscalização a munir-se das competências necessárias para questionar cada etapa e coordenar os trabalhos desenvolvidos.

2. JUSTIFICAÇÃO PARA A EXECUÇÃO DA OBRA

Em 2001 foi detetada uma deformação significativa num dos elementos em madeira que constitui a estrutura de suporte do carrilhão da torre sul da basílica do Palácio Nacional de Mafra. A situação deu origem ao silenciamento do instrumento que se veio a prolongar até ao início de 2020. Abel Chaves, que desde setembro de 1987 era o carrilhanista oficial do carrilhão de Mafra, viu repentinamente interrompidas as suas interpretações com o carrilhão que esteve na origem da sua formação como músico e instrumentista. Ele, Francisco José Alves Gato e José Rocha foram na fase final do século XX os principais intérpretes portugueses do carrilhão, sucessores de Joaquim Gabriel dos Santos Andrade, aquele que em 1828 foi o primeiro carrilhanista português.

De imediato foram tomadas medidas provisórias de contenção para travar as deformações das estruturas de madeira de suporte dos sinos – quer as estruturas porticadas dos carrilhões, quer os cabeçalhos dos sinos de bamboar apresentavam desmembramento entre os seus componentes devido sobretudo aos ataques por fungos que iam enfraquecendo paulatinamente a estrutura lenhosa dos barrotes. Nalguns casos, a podridão cúbica estava a levar as madeiras a um estado de total ineficácia estrutural. Enquanto se idealizava o tipo de intervenção mais adequada à resolução do problema e se procurava evidenciar a urgência em lançar um procedimento de conservação e restauro dos sinos e das estruturas de suporte, as quedas de peças dos sinos – pedaços de madeiras e acessórios em ferro – sucediam-se, bem como as deformações dos pórticos dos carrilhões que progressivamente iam tornando a situação cada vez mais preocupante. A acompanhar esta evolução, todos os anos se reforçavam os escoramentos e atirantamentos e se colocavam redes para captar os elementos que continuavam a desprender-se.

Todo este processo de sucessivas contenções estruturais culminou com a autorização para o início dos trabalhos de conservação e restauro, em abril de 2018, na sequência da interdição da via pública nas imediações da basílica pelo serviço municipal de proteção civil de Mafra, dado o potencial risco de colapso das próprias estruturas de contenção dos sinos e, com elas, todo um património de valor inestimável.

3. O PROJETO

A figura jurídica adotada pela DGPC para o concurso da empreitada foi a equivalente ao do extinto conceito de conceção-construção, apoiada no exposto no n.º 3, do artigo 43.º, do Código dos Contratos Públicos, no que respeita à responsabilidade do adjudicatário na definição do caderno de encargos, atendendo à "*complexidade técnica do processo construtivo da obra (…) em razão da tecnicidade própria dos concorrentes, a especial ligação destes à conceção daquela*". Os termos daquele articulado da Lei adequavam-se perfeitamente à situação dos carrilhões de Mafra pois que as especificidades dos trabalhos de restauro eram de tal ordem que seria impossível distinguir o projeto de execução, da obra. Assim, lançou-se um concurso limitado por prévia qualificação com publicidade internacional, com o objetivo de selecionar as empresas com as habilitações e a experiência necessárias à realização deste empreendimento. Da tecnicidade própria de cada concorrente resultaram as soluções de restauro e de logística de engenharia, de entre as quais, aquelas que vieram a ser colocadas em prática (Figura 2). Dessa forma, se deu forma a um projeto que foi aprovado pelo dono de obra e que deu suporte aos trabalhos da empreitada.

Pelo facto de grande parte dos sinos e das suas estruturas de suporte em madeira se encontrarem densamente escorados com estruturas metálicas tubulares, a solução pensada inicialmente para a remoção dos sinos teve de ser revista e melhorada na fase de obra, reforçando as condições de segurança. (Figura 3).



Figura 2 – Operação de movimentação de sinos



Figura 3 – Sinos a aguardar apeamento

A elaboração do projeto pelo empreiteiro não desresponsabilizou o dono-de-obra da estratégia de intervenção que, pelo contrário, seguiu rigorosamente a filosofia de conservação e restauro definida pela DGPC. Ambas foram perfeitamente identificadas nas peças que integraram o programa preliminar – a memória descritiva e a descrição dos trabalhos. As peças técnicas do concurso foram, assim, o garante da igualdade de concorrência das empresas candidatas relativamente ao objeto do concurso, ao definir exaustivamente quais as tarefas a prever no projeto e, sobretudo, estabelecendo claramente qual a filosofia de intervenção global e quais os objetivos que se pretendiam da conservação e restauro dos sinos, dos instrumentos musicais, dos relógios e das estruturas em madeira e em pedra. Anteriormente e por diversas vezes tinha-se intervindo nas torres sineiras, mas apenas de forma sectorial. Com esta abordagem global pretendia-se que a intervenção tivesse um efeito prolongado, ou seja, o propósito de por um período alargado de tempo não voltar a fazer uma intervenção de conservação e restauro no espaço das torres sineiras. Esse objetivo só seria viável se após a empreitada se aplicasse um plano de manutenção (ou conservação preventiva). Este é um princípio que deverá ser aplicado em qualquer circunstância na preservação do património construído, mas que no caso destes instrumentos musicais é particularmente pertinente, o que é atestado pelas sucessivas crises de funcionamento dos carrilhões e dos relógios que sistematicamente conduziram à interrupção do seu funcionamento e, frequentemente, a situações de colapso ou da sua eminência.

Assim, da Memória Descritiva do Programa Preliminar constavam entre outros os seguintes objetivos da intervenção:

- A conservação dos dois carrilhões – todos os seus sinos e respectivos elementos de suporte;
- O restauro dos sistemas manual e automático de toque do carrilhão da torre Sul. Inclui o restauro de martelos e badalos, e a reparação/substituição dos cabos de ligação aos teclados, o restauro de cabeçalhos; o fornecimento de novo teclado de toque e de teclado de estudo; o restauro dos tambores e de todos os acessórios, com vista ao perfeito funcionamento do toque automático ligado ao relógio da torre sul; o restauro de ambos os relógios das torres, incluindo as ligações aos sinos de horas e de quartos de hora;
- O restauro das estruturas tridimensionais em madeira, de suporte dos sinos;
- A conservação das torres sineiras, incluindo a conservação da pedra e a conservação/reparação de superfícies rebocadas – intradorsos de abóbadas;
- A conservação/reparação de carpintarias em portas e janelas;
- A conservação e restauro dos cata-ventos.

4. DESAFIOS NA EXECUÇÃO E CONTROLE

Não é de mais referir o carácter ímpar da intervenção em estruturas únicas no mundo, havendo poucas pessoas com experiência em trabalhos do género e em particular em intervenções no local. O Palácio Nacional de Mafra e os seus carrilhões são estruturas amplamente estudadas, mas pouco intervencionadas a nível de conservação e recuperação tanto do instrumento como a estrutura de pedra (Figura 4). A intervenção teve como base um projeto da responsabilidade da empresa Augusto de Oliveira Ferreira & C.ª, Lda. (AOF), também entidade executante, com coordenação do Eng.º Amorim Faria, apoiado no programa preliminar desenvolvido pelo Dono de Obra. Isto significa que para além do Dono de Obra/Fiscalização dever garantir o cumprimento do projeto, devia igualmente garantir o cumprimento do programa preliminar e a validade e exequibilidade das soluções de projeto face às condições encontradas em obra.



Figura 4 – Vista posterior das torres durante uma fase da intervenção

Foi portanto um dos desafios para todos, garantir numa obra multidisciplinar como esta, o cumprimento quer do projeto quer do programa preliminar, e ainda a manutenção do respeito pelos aspetos históricos e patrimoniais do monumento. A disponibilização pelo Dono de Obra de uma equipa multidisciplinar de apoio nas áreas de conservação da pedra, de metais e de madeiras, de museologia, arqueologia, carrilhões, acústica, e ainda da equipa do Palácio Nacional de Mafra e dos representantes do Dono de Obra, permitiu garantir uma fonte inestimável de conhecimento para esclarecimento de dúvidas. Em acumulação com a representação do Dono de Obra, a equipa da DGPC exerceu as funções de fiscalização e de coordenação de segurança em fase de obra desde a sua consignação, entrando em funções a partir do final de 2018 a empresa Brazão Farinha Engenharia, Lda. Participaram também nas reuniões de obra, sempre que solicitados, os diferentes especialistas e consultores especializados que acompanharam os trabalhos.

Em 9 de Maio de 2018 é consignada a obra à empresa AOF – Augusto de Oliveira Ferreira & C.ª, Lda. que tinha ganho o concurso internacional limitado por prévia qualificação lançado pela DGPC no final de 2015, iniciando-se os trabalhos a 18 de Junho de 2018 com a abertura do estaleiro.

Devido à falta de especialistas disponíveis a nível nacional para a janela temporal de realização dos trabalhos, o empreiteiro viu-se na obrigação de solicitar autorização à DGPC para contratar outros especialistas estrangeiros, diferentes dos que tinham colaborado no projeto, implicando metodologias de intervenção diferentes das que tinham sido aprovadas em fase de concurso.

Houve que garantir que as adaptações necessárias não desrespeitavam o programa preliminar, que tinha como principais objetivos garantir:

- A autenticidade: Integração do máximo de elementos originais e manutenção dos valores históricos e técnicos originais dos conjuntos musicais.
- O funcionamento: Os carrilhões são sobretudo sistemas musicais (aos quais se juntam os sinos litúrgicos e os sinos de horas) que deverão funcionar perfeitamente sem quaisquer limitações.
- A durabilidade: À intervenção deverá estar associado um espírito de durabilidade máxima. Quer isto dizer que todas as decisões de projeto devem ter subjacentes opções que privilegiem a sua resistência às exigentes condições climatéricas a que os conjuntos musicais estão expostos.

4.1. A intervenção

4.1.1. Madeiras

A recuperação da estrutura de madeira de suporte dos sinos, que se encontrava com contaminações fúngicas e deteriorada ao ponto de afetar em alguns pontos a estabilidade estrutural, apresentou alguns desafios (Figura 5).

A intervenção anterior substituiu alguma da madeira nobre de sucupira original (tomando-se como referência a *Bowdichia nítida*) por outras como pinho e carvalho, que se deterioram rapidamente e contribuíram também para acelerar a deterioração da madeira original (Figura 6). Há que ter em conta que as estruturas estão expostas aos elementos, numa zona bastante húmida, ventosa e que sofre também com a proximidade ao mar. Assim, todas as reparações e substituições foram feitas com madeiras do mesmo tipo das originais, tendo o empreiteiro conseguido fornecer muitos elementos produzidos a partir de madeira armazenada há mais de 30 anos, esperando-se por isso que apresentem após a instalação um comportamento mais aproximado da estrutura original.

Um estudo solicitado ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) caracterizou as madeiras fornecidas pela entidade executante com pertencentes ao género *Diplotropis*, enquadrável na designação comercial de sucupira. Este foi também o primeiro estudo de que se tem conhecimento que permitiu caracterizar as madeiras originais, permitindo registar para referência futura após conclusão da presente intervenção, os tipos de madeiras que compõem a estrutura e cabeçalhos dos sinos. As operações de desmontagem e remontagem das estruturas de suporte, incluindo os cabeçalhos ou cabeçais dos sinos, tiveram que ser coordenadas com a remoção e recolocação dos sinos, obrigando a operações conjuntas e demoradas, com criação e manutenção de apoios provisórios e reduzidos espaços de trabalho. Naturalmente que estas delicadas operações de logística foram previamente calculadas pela equipa projetista de engenharia associada ao Empreiteiro.



Figura 5 – Aspeto da deterioração da madeira da estrutura de suporte



Figura 6 – Aspeto da deterioração da madeira dos cabeçalhos dos sinos

4.1.2. Pedra

As duas torres apresentavam patologias decorrentes de infiltrações de água com depósitos calcários na pedra e nos sinos, e ocorrência de fungos e líquenes (Figura 7).



Figura 7 – Patologia decorrente de infiltração



Figura 8 – Nivelamento da cúpula da torre norte

Devido à fissuração da base do catavento e ao desnivelamento da cúpula (Figura 8), estes danos eram mais notórios na torre norte. Todas as fissuras e juntas foram tratadas, e sempre que possível os elementos metálicos de solidarização da pedra que se encontravam degradados foram substituídos. Os elementos pétreos foram ainda lavados, tratados com biocidas e limpos ao limite de não danificar a pedra (Figura 9).



Figura 9 – Pormenor de peça escultórica antes e depois da intervenção

4.1.3. Metais (do carrilhão)

Pela importância no funcionamento do carrilhão é enfatizado o tratamento dos metais que o compõem, principalmente os sinos, martelos, badalos e badaleiras (Figura 10).



Figura 10 – Oficina de tratamento de sinos, no estaleiro

Os sinos apresentavam vários danos superficiais como depósitos calcários decorrentes de infiltrações na pedra e manchas de tinta de intervenções anteriores nas madeiras. Alguns sinos apresentavam badaleiras e asas de suporte partidas, fissuras e falta de material nos bordos, cuja reparação obrigaria à refundição dos sinos, o que não estava previsto por razões financeiras. As atitudes a tomar perante estas patologias dos sinos suscitaram debates empenhados entre os intervenientes no processo pelas implicações de segurança envolvidas e pelos impactos na preservação da originalidade dos sinos. O fator primordial foi garantir a segurança, sendo que algumas das asas e badaleiras tinham já sofrido intervenções anteriores com furação e colocação de varões, parafusos e placas de aço, como elementos substitutos de suspensão dos sinos. Deste modo foi estabelecido o seguinte princípio: manter os elementos de suspensão substitutos, sempre que daí não adviessem consequências funcionais negativas, adiando para intervenções futuras o restauro desses sinos e soldar aqueles que não tinham sido adulterados anteriormente e que não se encontravam em boas condições de estabilidade.

4.1.4. Instrumento

Há que não esquecer que os carrilhões são instrumentos musicais. Como tal houve necessidade de garantir a sua afinação após intervenção. Contrariamente ao carrilhão da torre norte, os sinos do carrilhão da torre sul tinham excelentes características originais, sendo nas anteriores intervenções sido acrescentados alguns sinos e substituídos outros, o que resultou ao longo do seu último período de funcionamento num instrumento afinado. Não se pretendia também alterar significativamente o carácter do instrumento pelo que não havendo outras medidas comparativas se tomou como referência as medições de 1986 feitas pela mesma empresa Royal Eijsbouts Klokkengieterij de Asten, Países Baixos. As medições realizadas durante a obra aos sinos existentes, forneceram valores muito próximos e dentro da margem aceitável de erro de 2 cents. Assim, haveria apenas que garantir a afinação dos dois sinos novos. Há muitos fatores que afetam a afinação de um sino, como o tipo de liga de bronze, o tipo de suspensão e ponto de percussão do badalo. Os sinos novos irão substituir dois sinos muito danificados que irão ser mantidos para fins históricos, um em museu e outro transferido para a torre norte. A Royal Eijsbouts caracterizou a liga existente e produziu sinos com a mesma liga e as mesmas dimensões dos sinos existentes, indo ao pormenor de reproduzir as decorações e inscrições dos sinos, com exceção do nome do fabricante e data de fabrico, sendo o sino afinado em fábrica com o mesmo tipo de afinação dos restantes.

O teclado existente, fruto do abandono a que esteve sujeito e da exposição aos elementos por deterioração da cabine do carrilhanista, estava num estado que não permitia a sua recuperação, pelo que foi substituído. O teclado, através de um sistema de transmissão de arames de aço, faz com que cada tecla ou pedal acione um badalo, e permite replicar no impacto do badalo com sino a intensidade com que o carrilhanista atua sobre a cada tecla. A substituição do teclado por um com dimensões e características atualizadas e normalizadas, e que permite o acesso mais fácil a peças de substituição, obrigou também a refazer o sistema de transmissão entre as teclas e os badalos, pois a extensão das ligações foi alterada.

4.1.5. Relógios e automatismos

Apesar de partilharem a mesma estrutura, cada torre tem um relógio e um automatismo com um sistema de cordas diferente, acionadas por contrapesos. Estas estruturas foram limpas e os metais – bronze e ferro – tratados, bem como a madeira da base de apoio. Os relógios foram desmontados e remontados após tratamento, e as massas dos contrapesos ajustadas. Os elementos externos como ponteiros e mostradores nas fachadas frontal e posterior das torres foram também tratados. Nos automatismos foram desmontados os componentes de menor dimensão e tratados no local os restantes. Os tambores dos automatismos possuem um sistema de pinos que acionam os martelos nos sinos por intermédio de um sistema de transmissão com cabos de aço. Este sistema de pinos está inserido numa matriz cilíndrica que pode ser configurada consoante a música que se pretende (Figura 11). Cada automatismo possui dois tambores, um dedicado às melodias associadas ao toque

das horas (quartos e horas), e outro à execução de peças musicais.



Figura 11 – Tambor da torre norte



Figura 12 – "Tear" de transmissão do automatismo da torre sul

Todos estes pinos foram retirados e tratados, mas primeiro foi efetuado um levantamento da posição e dimensão de cada pino, permitindo repor as melodias existentes (três melodias no tambor da torre norte e duas no sul). Infelizmente não foram encontrados registos de músicas para estes automatismos nem da música atualmente aí inscrita. Todavia o estudo para a compreensão do mecanismo e o levantamento dos pinos levado a cabo pelo Dr. Abel Chaves, carrilhanista, com o apoio da fiscalização, permitirá aí inscrever futuramente outras músicas. Há que ter em conta que em sistemas mais recentes, com tambores de dimensão semelhante e de acesso mais fácil, a troca da música nos tambores pode demorar até dois meses, pelo que não poderemos contar que esta seja uma operação frequente. Todo o sistema de transmissão dos automatismos da torre sul foi substituído (Figura 12), incluindo-se o tratamento e substituição de martelos, enquanto na torre norte foram acauteladas apenas as condições necessárias à sua musealização e reposição das condições de segurança, não se prevendo o seu funcionamento.

4.2. Coordenação de Segurança em Obra

A coordenação de segurança em obra teve também os seus desafios próprios com uma alargada gama de temas a resolver, a começar pelo facto de esta empreitada ser executada em altura. O ponto mais baixo da obra está situado a 32 m acima do solo e o seu ponto mais alto acima de 60 m. Pessoal e carga tinham de vencer diariamente um desnível de, pelo menos 30 m, em plataforma monta-cargas ou por andaime. Por outro lado, a geometria da estrutura primária em pedra lioz (campanários), a estrutura secundária em madeira de sucupira de suporte do conjunto sineiro, e a geometria e os pesos dos sinos que variam entre 4 e 12.000 kg, representaram por si um desafio acrescido tanto ao nível de movimentação de cargas e pessoas, como no estabelecimento das plataformas de trabalho adequadas. Principalmente no interior das torres, foi um desafio a movimentação e estabelecimento coordenado de sinos, estrutura de apoio e plataformas de trabalho, que compunham um *puzzle* tridimensional complexo, e que teve de ser suficientemente flexível para acompanhar os planos de desmontagem e montagem sem colocar em causa a segurança de pessoas e bens, atividade bem planeada e executada pelo empreiteiro com benefício para a segurança em detrimento da rentabilidade. Paralelamente, a conservação das peças obrigou ao uso intensivo de produtos químicos de limpeza e eliminação de infestações, a maioria com valores elevados de compostos orgânicos voláteis, o que obrigou a cuidados especiais não só com a proteção dos trabalhadores envolvidos, mas também de todos os que partilhavam o mesmo espaço de trabalho. O vento que se faz sentir nas torres obrigou por vezes a interromper ou condicionar os trabalhos, contribuindo também para reduzir a temperatura em alguns graus abaixo da que se fazia sentir no solo.

5. CONCLUSÕES

A intervenção cumpriu os objetivos inicialmente traçados, embora as condições de conservação encontradas

tenham sido mais gravosas que as previstas no programa preliminar, fruto do tempo decorrido entre a elaboração do mesmo e a reunião das condições necessárias para a execução da obra. A legislação associada aos contratos públicos em Portugal, não contempla devidamente as especificidades das obras de reabilitação de património, pois na generalidade dos casos o grau e tipo de reabilitação tem de ser definido à medida que se intervém nas peças ou estruturas. É frequente também que o financiamento previsto fique aquém do necessário para garantir uma intervenção que forneça garantias de conservação do património por períodos mais alargados. A intervenção nos carrilhões e torres sineiras do Palácio Nacional de Mafra sofreu de todos estes condicionalismos, ficando a sensação que se poderia, e deveria ter ido mais além, principalmente no que concerne à reabilitação do carrilhão da torre norte.

Finda a empreitada com os objetivos cumpridos fica o repto da não repetição dos erros do passado, entenda-se falta de manutenção, que provocaram ao longo da história deste conjunto várias paragens e que obrigaram a intervenções muito dispendiosas, e que o plano de manutenção gizado para os próximos 50 anos consiga ser cumprido e que assim nunca mais se deixe de ouvir os sinos e carrilhões de Mafra.

Resta afirmar que, ou não se tratasse esta de uma intervenção de restauro de um instrumento musical, tal como qualquer sinfonia em que o compositor harmoniza os sons idiossincráticos de cada instrumento, assim como o maestro garante que os diferentes instrumentos são tocados pelos vários músicos de forma harmoniosa, assim se terminou este empreendimento com o sentido de se ter desempenhado um papel eficiente na realização de uma obra-prima do património, agora mundial, e que se espera perdure no tempo.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA REAL DAS SCIENCIAS DE LISBOA, 1797 – **Memórias da Academia Real das Sciencias de Lisboa. Tomo I. Desde 1780 até 1788**. Lisboa: Typografia da Academia.

CARVALHO, Miguel Eduardo Portela de Matos, 2012 – **Os carrilhões de Mafra: estudo e caracterização acústica dos sinos**. Dissertação de Mestrado em Ciências Musicais, área de especialização em Musicologia Histórica. Lisboa: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – Universidade Nova de Lisboa.

FONSECA, Pedro Quirino; MARQUES DA GAMA, Luis Filipe, 1989 – **Os carrilhões de Mafra**. Lisboa. Direcção – Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais – Instituto Português do Património Cultural.

FREIRE, João Paulo; DE PASSOS, Carlos, 1933 – **Mafra– Noticia historicó-archeológica e artistica da Vila e do Paço Conventual**. Porto: Litografia Nacional – Edições.

GOMES, Joaquim da Conceição, 1887 – **O Monumento de Mafra – Descripção minuciosa d'este edificio**. Lisboa: Typographia Luso-Brazileira

IVO, Júlio, FERREIRA, Santos, 1906 – **O Monumento de Mafra – Guia illustrado**. Lisboa. Typografia "A Editora".

LEHR, André, 1984 – **De twee klokkenspelen op het nationaal Paleis te Mafra: een van de huidige toestand**. Asten: Athanasius Kircher-Stichting.

OS REVESTIMENTOS AJARDINADOS NA REABILITAÇÃO DO EDIFICIADO URBANO: AVALIAÇÃO ECONÓMICA

VEGETATION IN THE REHABILITATION OF THE URBAN BUILT ENVIRONMENT: ECONOMIC EVALUATION

Inês Teotónio [(1)], Cristina Matos Silva [(2)], Carlos Oliveira Cruz [(3)], Maria Manso [(4)]

(1) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Portugal, ines.teotonio@tecnico.ulisboa.pt

(2) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, Portugal, cristina.matos.silva@tecnico.ulisboa.pt

(3) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, Portugal, oliveira.cruz@tecnico.ulisboa.pt

(4) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Portugal, maria.manso@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

A reabilitação do património tem como principal função promover a adaptação do tecido urbano a novas realidades e exigências. É determinante, mais que nunca, repensar as cidades face aos desafios ambientais correntes e, dessa forma, planear estratégias de integração de sustentabilidade no parque edificado existente. Entre as múltiplas técnicas construtivas sustentáveis, a instalação de revestimentos ajardinados em coberturas e fachadas concilia a reposição e conservação de serviços do ecossistema com a oportunidade de tornar os edifícios mais eficientes e aumentar o conforto dos seus utilizadores.

Apesar da viabilidade técnica destes sistemas no contexto da regeneração de áreas densamente urbanizadas, a aplicação de coberturas e de fachadas ajardinadas é ainda limitada devendo-se principalmente ao desconhecimento das suas vantagens e do seu valor económico. Este artigo visa facilitar o processo de decisão apresentando uma metodologia para realização de análise custo-benefício de coberturas e de fachadas ajardinadas. A presente metodologia pretende ponderar a longo prazo os custos e benefícios destes sistemas, abrangendo exaustivamente duas dimensões distintas: a reabilitação ao nível do edifício e a reabilitação do espaço urbano.

As possibilidades de regeneração urbana e os desafios ambientais estão intrinsecamente relacionados. Este tipo de estudos torna-se assim importante para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de planeamento urbano e de promoção da resiliência das cidades, abordando com maior detalhe um dos três pilares da sustentabilidade: a dimensão económica.

Palavras-chave: Construção Sustentável / Coberturas Ajardinadas / Fachadas Ajardinadas / Viabilidade Económica

1. INTRODUÇÃO

A reabilitação de edifícios e espaços urbanos tem sido ativamente promovida através da aplicação de vários materiais e técnicas inovadoras. Entre elas, a reabilitação com revestimentos ajardinados surge como uma oportunidade de atenuar, ou mesmo reverter, os impactos negativos da urbanização excessiva. Num panorama de aplicação globalizada, estas soluções permitem fazer face aos desafios ambientais correntes, particularmente no sentido de promover a resiliência e adaptação a novas exigências climáticas. Por outro lado, num registo mais focado no património existente, a incorporação de vegetação na envolvente dos edifícios faculta melhorias significativas nas propriedades dos elementos construtivos, nomeadamente em termos de desempenho acústico e de conforto térmico (Berardi, GhaffarianHoseini, GhaffarianHoseini, 2014; Ragheb, El-Shimy, Ragheb, 2016).

As vantagens da reabilitação com revestimentos ajardinados são claras, nomeadamente em termos de qualidade do ar por absorção de poluentes (Yang, Yu, Gong, 2008), gestão do escoamento urbano através da retenção de águas pluviais e, consequentemente, redução da sobrecarga dos sistemas de drenagem (Hashemi, Mahmud, Ashraf, 2015), redução da temperatura urbana (Sun, Lee, Lin *et al*., 2012), entre outros. Não obstante, impõe-se questionar a viabilidade técnica e económica destas técnicas de reabilitação.

A viabilidade dos revestimentos ajardinados numa perspetiva técnica depende de inúmeros fatores, pelo que nem todos os edifícios existentes são adequados para a aplicação destas soluções. Atualmente, existem guias nacionais e internacionais que visam garantir o cumprimento da segurança estrutural, entre outros requisitos, na instalação e manutenção de coberturas e fachadas ajardinadas (*e.g.*, FLL, 2008).

Apesar dos vários estudos já realizados neste âmbito (*e.g.*, Claus, Rousseau, 2012; Mahdiyar, Tabatabaee, Sadeghifam *et al*., 2016; Nurmi, Votsis, Perrels *et al.*, 2016; Perini, Rosasco, 2013; Silva, Serro, Ferreira *et al*., 2018), o conhecimento do verdadeiro valor económico destas soluções construtivas é ainda limitado, pelo que as suas potencialidades ainda não estão a ser exploradas na sua totalidade. Os elevados custos de instalação e manutenção das coberturas e fachadas ajardinadas apresentam-se como os principais obstáculos à sua disseminação, o que impossibilita inúmeros benefícios sociais e ambientais em detrimento de interesses financeiros. É assim fundamental averiguar se os benefícios a longo prazo destes sistemas contrabalançam os seus custos e permitem criar valor económico para a sociedade.

O presente estudo sugere uma metodologia que permite avaliar a viabilidade económica da reabilitação com revestimentos ajardinados, com o intuito de fundamentar políticas de planeamento e gestão do território urbano e facilitar os processos de decisão, dedicando especial atenção a atributos do património que poderão comprometer tecnicamente este tipo de intervenções. A proposta do modelo de avaliação económica é então aplicada a oito casos de estudo de coberturas ajardinadas, para validação. Os casos de estudos avaliados são posteriormente extrapolados para uma escala urbana que retrata uma aplicação extensiva de vegetação na envolvente dos edifícios existentes na cidade de Lisboa. No final deste processo de cálculo, é desenvolvida uma análise de sensibilidade às variáveis de análise que permite identificar as que mais influência exercem no retorno económico final.

O presente artigo divide-se em quatro secções. A metodologia proposta é exposta após esta breve introdução, seguindo-se da apresentação e discussão dos resultados obtidos para os casos de estudo, terminando com conclusões e sugestões para investigações futuras.

2. METODOLOGIA

A metodologia proposta estabelece-se com base nos princípios da análise custo-benefício, permitindo ponderar

e equiparar a longo prazo os custos e benefícios destes sistemas. Considerando que a reabilitação com revestimentos ajardinados possibilita não só um melhor desempenho do próprio edificado bem como intensifica a sustentabilidade do ambiente urbano envolvente, o processo de cálculo do valor económico contempla duas vertentes distintas de investimentos de reabilitação: (i) ao nível do edifício e (ii) ao nível do espaço urbano. A primeira dimensão de análise contabiliza a perspetiva das entidades investidoras e, portanto, inclui os custos e economias diretamente imputáveis aos promotores da instalação de revestimentos ajardinados, como por exemplo os proprietários dos imóveis. A segunda dimensão de análise afere a contribuição dos revestimentos ajardinados para o desenvolvimento da economia local/regional e outros aspetos de caráter social e ambiental, para além dos aspetos referidos previamente. Os impactos que podem resultar de uma intervenção de reabilitação com coberturas ou fachadas ajardinadas são detalhados na Figura 1, abrangendo todas as fases do ciclo de vida correspondente (instalação, operação e desativação/substituição). Estes impactos são distinguidos como custos (*i.e.*, despesas e/ou economias) e benefícios (*i.e.*, impactos positivos e/ou negativos que serão posteriormente convertidos em unidades monetárias).

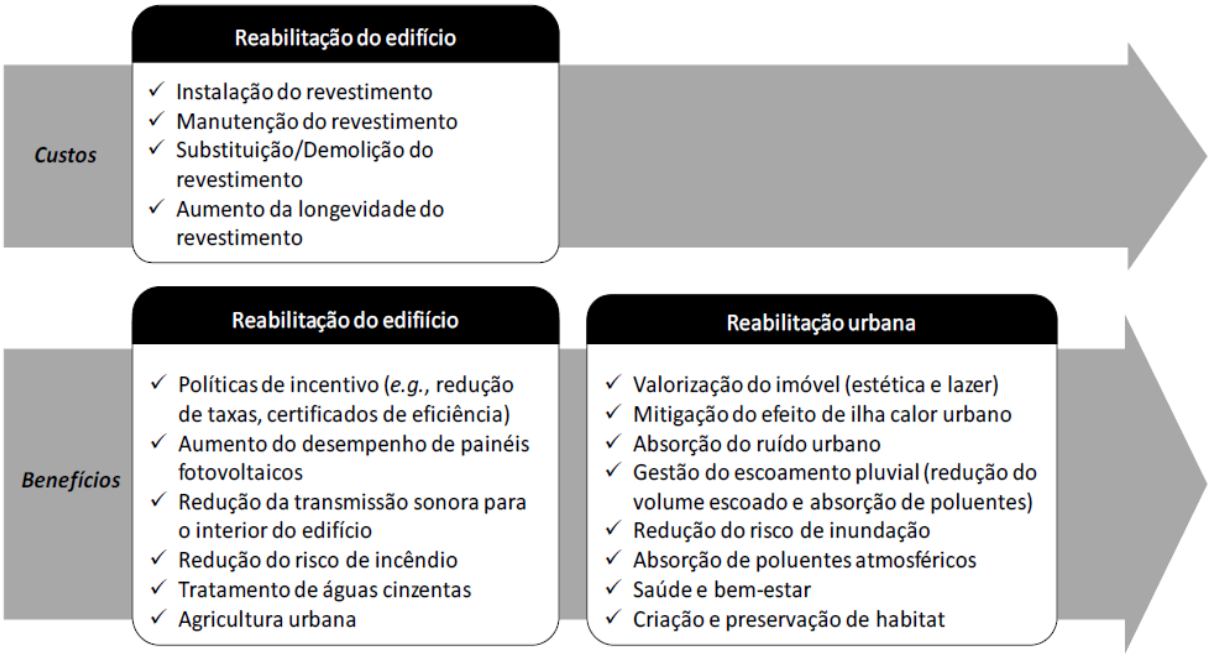


Figura 1 – Potenciais custos e benefícios resultantes da reabilitação com revestimentos ajardinados

O valor económico da intervenção de reabilitação com revestimentos ajardinados é determinado com base no indicador económico do Valor Atual Líquido (VAL) (equação 1), o qual determina a diferença entre os fluxos monetários positivos (benefícios B_t) e os fluxos monetários negativos (custos C_t) referentes aos sucessivos anos de análise ao longo do período de análise predefinido N. É sugerido que a análise compreenda um período correspondente a 40 anos para coberturas ajardinadas (Sproul, Wan, Mandel *et al.*, 2014) e 50 anos para fachadas ajardinadas (Perini, Rosasco 2013). Este período de análise reflete o aumento da vida útil dos elementos construtivos ajardinados, permitindo o confronto com a situação prévia à reabilitação do edifício, na qual está prevista uma substituição do sistema de cobertura ou fachada tradicional numa fase mais inicial do ciclo de vida (Rowe, 2011). Posteriormente, o valor dos fluxos monetários correspondentes a cada ano são atualizados para o momento inicial da análise através da aplicação da taxa de atualização d.

$$VAL = \sum_{t=0}^{N} \frac{B_t - C_t}{(1+d)^t} \quad (1)$$

No contexto de reabilitação, são várias os fatores que poderão influenciar o desempenho dos revestimentos ajardinados, e consequentemente, o seu potencial retorno económico. Numa situação limite, os atributos do património existente podem até comprometer a intervenção e inviabilizar a aplicação destes sistemas, nomeadamente a carga resistente do edifício e a inclinação existente da sua cobertura. Esses fatores diferenciadores foram considerados nos pressupostos base da análise. Entre eles evidenciam-se:

- **O tipo de revestimento ajardinado.** As coberturas ajardinadas são classificadas como sistemas extensivos, semi-intensivos e intensivos (FLL, 2008). Os primeiros estão associados a custos de instalação e manutenção inferiores enquanto os últimos disponibilizam melhorias mais significativas de desempenho do edificado (*e.g.*, isolamento térmico e acústico, valorização do valor do imóvel, etc.) e serviços ecossistémicos (*e.g.*, aumento da capacidade de retenção da água de escoamento, absorção de poluentes atmosféricos, etc.) (Berardi, GhaffarianHoseini, GhaffarianHoseini, 2014). As fachadas ajardinadas são distinguidas como paredes verdes e paredes vivas (Manso, Castro-Gomes, 2015). À semelhança dos sistemas de coberturas ajardinadas intensivas, as paredes verdes são as que comportam custos mais elevados, mas simultaneamente disponibilizam mais benefícios (Perini, Rosasco, 2013). Assim, o tipo de solução adotada na intervenção de reabilitação é o principal aspecto com influência no seu desempenho económico. Por exemplo, a presença de vegetação numa cobertura reduz a temperatura ambiente à superfície devido a fenómenos de evapotranspiração. Quando conjugada com painéis fotovoltaicos, as coberturas ajardinadas potenciam uma maior produção de energia através da aproximação da temperatura ótima destes sistemas. No entanto, este benefício só se verifica para sistemas de coberturas ajardinadas extensivas. No caso das coberturas intensivas, o mesmo não se traduz uma vez que a densa vegetação sombreia os painéis fotovoltaicos e inviabiliza esta relação de simbiose.
- **A idade da construção.** Este fator é introduzido na análise de modo a contabilizar indiretamente atributos do património como a sua capacidade estrutural e outras caraterísticas. Por norma, tendo em conta o desenvolvimento das técnicas construtivas ao longo dos anos no âmbito da construção civil, depreende-se que a idade do edifício tenha uma relação direta com o seu desempenho, nomeadamente em termos de conforto térmico e acústico. Este fator interfere, consequentemente, com a capacidade incremental dos revestimentos ajardinados de melhorar esse mesmo desempenho. Para além disso, um parque edificado antigo pode não ser estruturalmente adequado para suportar a instalação de revestimentos ajardinados, devido ao peso adicional imposto pelo sistema especialmente quando saturado. Situações desta natureza poderão inviabilizar a instalação destas soluções, estando associadas a elevados custos de operações de reforço.
- **A inclinação da cobertura existente.** No caso dos revestimentos de coberturas ajardinadas, a instalação de soluções extensivas é aceitável em planos inclinados até 35^0, inclinação a partir da qual a sua instalação é desaconselhada. Para coberturas ajardinadas intensivas deverá ser assumida a inclinação mínima do elemento de suporte imposta para questões de facilidade do escoamento. Inclinações superiores poderão comprometer a estabilidade do sistema devido à elevada espessura da camada de substrato (FLL, 2008). Este aspeto tem implicações em termos de custos de instalação e manutenção, especialmente em circunstâncias em que sejam necessárias alterações estruturais. Para além disso, a inclinação da cobertura limita alguns benefícios como, por exemplo, a capacidade de retenção de águas pluviais (Getter, Rowe, Andresen, 2007).

Atendendo à incerteza nas estimativas dos custos e benefícios dos revestimentos ajardinados, a proposta metodológica prevê uma análise de sensibilidade para identificar as variáveis críticas na avaliação económica do projeto de reabilitação. Esta análise consiste em fazer variar individualmente ± 15% cada uma das variáveis e avaliar a influência que as mesmas exercem nos resultados da avaliação económica. Complementarmente, pode ser testada a variação simultânea, especialmente das variáveis críticas, através de possíveis cenários que reflitam a alteração de fatores externos, nomeadamente tendências de mercado e de mudanças climáticas, que possam afetar futuramente o projeto de reabilitação.

3. RESULTADOS

De acordo com a metodologia proposta na secção anterior, foram simulados casos de estudos de diferentes cenários de reabilitação com coberturas ajardinadas, tal como apresentado no Quadro 1, de forma desenvolver uma análise comparativa e identificar quais os cenários mais favoráveis. Os cenários avaliados testam duas soluções de coberturas ajardinadas (extensiva e intensiva) para quatro edifícios tipo com atributos diferentes.

Quadro 1 – Casos de estudo: cenários de reabilitação com coberturas ajardinadas

Cenários	**Caraterísticas do edificado (cobertura)**		**Revestimento ajardinado**	
	Inclinação	*Isolamento*	*Extensivo*	*Intensivo*
1.ext	Sim	Não	X	
1.int				X
2.ext		Sim	X	
2.int				X
3.ext	Não	Não	X	
3.int				X
4.ext		Sim	X	
4.int				X

O principal objetivo da presente metodologia é determinar a viabilidade económica da reabilitação de edifícios com revestimentos ajardinados, pelo que os cenários simulados devem representar o mesmo sistema construtivo base antes e após a intervenção para que os custos e benefícios estimados correspondam apenas ao efeito da vegetação adicionada. Por exemplo, caso a cobertura do edifício existente apresente uma camada de isolamento, a solução reabilitada deverá prever uma camada de isolamento semelhante para que o aumento do conforto térmico e acústico estimado provenha unicamente do revestimento ajardinado adicionado.

Os respetivos fluxos monetários referentes aos custos e benefícios de cada cenário simulado foram estimados com base em estudos e dados da literatura. Uma vez que a aplicação prática da metodologia incidiu sobre a área urbana de Lisboa, a quantificação e conversão monetária dos custos e benefícios atendeu, sempre que possível, a realidades urbanísticas e caraterísticas regionais idênticas. Por exemplo, quando as condições climáticas são relevantes para o desempenho das soluções ajardinadas (tome-se como exemplo os benefícios de isolamento térmico e mitigação do efeito de ilha de calor), os dados recolhidos e utilizados na quantificação desses valores foram restringidos para o clima Mediterrâneo.

A aplicação do modelo de avaliação económica varia consoante os pressupostos assumidos. Aos presentes casos de estudo foi aplicada uma taxa de atualização de 4% nos elementos de análise referentes à escala do edifício, de forma a refletir o perfil de aversão ao risco de investidores privados. No caso de reabilitação do espaço urbano foi contabilizada uma taxa de atualização social de 3%, afetando os restantes custos e benefícios de caráter económico, social e ambiental. Para considerar variações de preços do mercado ao longo do tempo os fluxos monetários foram afetados, caso aplicável, por taxas de inflação de 5 e 2%, respeitantes a energia e operações de manutenção, respetivamente (INE, 2016).

Com base nos pressupostos económicos descritos anteriormente, a aplicação da metodologia aos oito cenários propostos de coberturas ajardinadas resultou nos seguintes valores de VAL detalhados no Quadro 2. Os valores especificados correspondem ao retorno económico no final de uma análise de 40 anos, tanto num cenário de reabilitação em pequena escala (edifício) e larga escala (área urbana).

Quadro 2 – Valor Atual Líquido dos cenários de coberturas ajardinadas

Cenários	Reabilitação do edifício	Reabilitação urbana
1.ext	-99,81 €/m²	121,98 €/m²
1.int		
2.ext	-71,49 €/m²	70,67 €/m²
2.int		
3.ext	-71,91 €/m²	149,88 €/m²
3.int	-212,14 €/m²	499,33 €/m²
4.ext	-60,21 €/m²	81,95 €/m²
4.int	-218,29 €/m²	333,88 €/m²

Os revestimentos ajardinados intensivos apresentam maiores custos ao longo do ciclo de vida mas proporcionam igualmente maiores benefícios, pelo que o retorno económico após 40 anos é mais elevado. Nesse sentido, estas soluções apresentam-se como mais vantajosas numa perspetiva social e ambiental, mas menos atrativas enquanto investimentos privados, isto é, à escala do edifício. Os cenários com coberturas ajardinadas intensivas em planos inclinados (cenário 1.int e 2.int) são a exceção, uma vez que o peso do sistema inviabiliza a sua instalação.

A reabilitação em edifícios com coberturas planas e sem camada de isolamento (cenário 3.int) é mais vantajosa, uma vez que esses atributos permitem otimizar benefícios como a redução do consumo energético do edifício, mas especialmente a redução da transmissão de ruído para o interior do edifício e a valorização do imóvel, entre outros. Numa perspetiva global, e pelos motivos contrários, a solução menos proveitosa corresponde a edifícios com inclinações de cobertura significativas e com uma camada de isolamento, reabilitados com coberturas ajardinadas extensivas.

Ao comparar os valores do Quadro 2, os resultados sugerem que a reabilitação poderá ser mais eficiente quando aplicada a um parque edificado mais antigo, tipicamente associado a edifícios com pior conforto térmico e acústico. No entanto, importa considerar que esses edifícios são tipicamente associados a capacidades de suporte estrutural reduzidas, o que poderá impedir a instalação de soluções intensivas. O tipo de revestimento ajardinado é o aspeto com mais impacto no retorno económico, seguindo-se da existência ou não de um elemento de isolamento. Por último, a inclinação da cobertura tem menor influência no VAL, não impondo variações significativas nos custos de instalação e manutenção. Isto significa também que a sua interferência no benefício de gestão de escoamento de águas pluviais não é considerável comparativamente a coberturas planas. Note-se que este fator só pode ser avaliado para coberturas extensivas (VAL do cenário 1.ext *vs* 3.ext e VAL do cenário 2.ext *vs* 4.ext).

Através de um levantamento do parque edificado existente na cidade de Lisboa, estima-se que aproximadamente 10.164 edifícios, correspondentes a uma área total de implementação 1.518.425 m^2 e equivalente a 2% da superfície urbana, encontram-se preparados (tanto do ponto de vista estrutural como em termos de inclinação de cobertura) para receber revestimentos de coberturas ajardinadas extensivas e intensivas. Através da tipificação dos 10.164 edifícios lisboetas tendo como referência as caraterísticas dos oito cenários simulados neste estudo, os resultados apresentados no Quadro 2 foram extrapolados para a escala urbana da cidade de Lisboa com base no valor de área média de cobertura dos edifícios. Foi concluído que uma intervenção globalizada ao nível da cidade poderá produzir um retorno económico até 311 milhões de euros. As áreas urbanas com parque edificado mais envelhecido são as que menos contribuem para o valor económico à

escala da cidade, entre elas as freguesias da Misericórdia, Santa Maria Maior, São Vicente, Beato, Ajuda e Alcântara. Em oposição, as freguesias mais recentes como Olivais, Parque das Nações, Lumiar e Alvalade, têm uma contribuição significativa associada a um número superior de edifícios predispostos para a instalação de revestimentos ajardinados. Numa perspetiva de economia e bem-estar público, prova-se assim a vantagem económica da instalação destas soluções em zonas densamente urbanas.

A partir da análise de sensibilidade este estudo determinou que com maior impacto na avaliação económica de coberturas ajardinadas e, portanto, do qual o retorno final depende mais, é a valorização do imóvel devido a melhorias de estética, criação de um espaço de lazer e aumento do isolamento acústico. Este fator tem um impacto significativo na economia local, pelo que, caso fosse excluído da análise, o retorno da instalação intensiva de coberturas ajardinadas à escala urbana passaria a ser nulo. Adicionalmente, a influência dos custos de instalação e manutenção destes sistemas, bem como a taxa de atualização a eles associada, não devem ser desprezados. A variação das restantes variáveis provoca alterações pouco significativas nos resultados finais da avaliação, pelo que não são tidas como críticas.

4. CONCLUSÕES

Nos tempos que correm impõem-se a reconsideração das cidades, especialmente através da inclusão de mais áreas verdes para restituir os serviços ecossistémicos perdidos com o desenvolvimento urbano. O uso de vegetação nas coberturas e fachadas dos edifícios enquanto alternativa estratégica de regeneração das áreas urbanas permite estimular a renovação da integridade ambiental e restabelecer a qualidade de vida da população. Em paralelo, reforça a conceção de construções sustentáveis, intercedendo no desempenho térmico e acústico dos edifícios. Os sistemas de coberturas e paredes podem, assim, permitir um balanço positivo na sua globalidade e, consequentemente, contribuir para planos de ação local de sustentabilidade.

A reabilitação do parque edificado existente com coberturas ajardinadas é apresentada neste estudo como uma intervenção economicamente viável numa perspetiva social e ambiental, especialmente em zonas densamente urbanizadas como a cidade de Lisboa. Pelo contrário, estas intervenções de reabilitação comportam custos elevados para os investidores, motivo pelo qual são financeiramente pouco atrativas. Visto que os seus benefícios não são percetíveis a curto-prazo e que os custos condicionam a implementação, a aplicação generalizada irá depender sobretudo de meios de financiamento e políticas de incentivo com o principal intuito de reduzir o capital investido por entidades privadas.

Entre os vários cenários testados, a aplicação de vegetação mais densa em coberturas planas sem isolamento permite obter um retorno económico superior. No entanto, é importante avaliar em paralelo a viabilidade técnica da sua instalação para evitar que a insuficiente capacidade resistente do edifício comprometa a segurança dos utilizadores.

Com base nos resultados obtidos, prevê-se que para a aplicação da metodologia num cenário de reabilitação com revestimentos verticais ajardinados (isto é, em fachadas), as paredes verdes apresentariam os melhores resultados numa perspetiva de intervenção à escala urbana, mas com resultados piores enquanto intervenções isoladas em edifícios em oposição, tal como concluído para os sistemas de coberturas ajardinadas intensivas. Em estudos futuros, será de igual interesse explorar as sinergias da reabilitação com múltiplas soluções de revestimentos ajardinados, como por exemplo, a aplicação simultânea de uma cobertura e fachada ajardinada na envolvente do mesmo edifício, ou mesmo combinada com outras áreas verdes incorporadas no tecido urbano (*e.g.*, jardins e parques).

REFERÊNCIAS

BERARDI, Umberto; GHAFFARIANHOSEINI, AmirHosein; GHAFFARIANHOSEINI, Ali, 2014 – **State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs**. *Applied Energy*. 115, 411-428.

CLAUS, Karla; ROUSSEAU, Sandra, 2012 – **Public versus private incentives to invest in green roofs: a cost benefit analysis for Flanders**. *Urban Forestry & Urban Greening*. 11(4), 417-425.

FLL, 2008 – **Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofing – Green roofing guideline**. The Landscape Development and Landscaping Research Society (versão inglesa), 119.

GETTER, Kristin L.; ROWE, D. Bradley; ANDRESEN, Jeffrey A., 2007 – **Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention**. *Ecological Engineering.* 31(4), 225-231.

HASHEMI, S. S. Ghazizadeh; MAHMUD, H. Bin; ASHRAF, M. Aqeel, 2015 – **Performance of green roofs with respect to water quality and reduction of energy consumption in tropics: a review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 52, 669-679.

INE, 2016 – **Instituto Nacional de Estatística – Statistics Portugal**. https://www.ine.pt. Acedido a 2 de Agosto.

MAHDIYAR, Amir; TABATABAEE, Sanaz; SADEGHIFAM, A. Nobahar *et al*., 2016 – **Probabilistic private cost-benefit analysis for green roof installation: a Monte Carlo simulation approach**. *Urban Forestry & Urban Greening.* 20, 317-327.

MANSO, Maria; CASTRO-GOMES, João, 2015 – **Green wall systems: A review of their characteristics**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 41, 863-871.

NURMI, Väinö; VOTSIS, Athanasios; PERRELS, Adriaan; LEHVÄVIRTA, Susanna, 2016 – **Green roof cost-benefit analysis: special emphasis on scenic benefits**. *Journal of Benefit-Cost Analysis*. 7(03), 488-522.

PERINI, Katia; ROSASCO, Paolo, 2013 – **Cost-benefit analysis for green façades and living wall systems**. *Building and Environment*. 70, 110-121.

RAGHEB, Amany; EL-SHIMY, Hisham; RAGHEB, Ghada, 2016 – **Green architecture: a concept of sustainability**. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 216, 778-787.

ROWE, D. Bradley, 2011 – **Green roofs as a means of pollution abatement**. *Environmental Pollution*. 159 (8-9), 2100-2110.

SILVA, C. Matos; SERRO, Joana; FERREIRA, P. Dinis; TEOTÓNIO, Inês, 2018 – **The socio-economic feasibility of greening rail stations: a case study in Lisbon**. *The Engineering Economist*. 64(2), 167-190.

SPROUL, Julian; WAN, M. Pun; MANDEL, Benjamin H.; ROSENFELD, Arthur H., 2014 – **Economic comparison of white, green, and black flat roofs in the United States**. *Energy and Buildings*. 71, 20-27.

SUN, C. Yi; LEE, K. Peng; LIN, T. Ping; LEE, S. Han, 2012 – **Vegetation as a material of roof and city to cool down the temperature.** *Advanced Materials Research*. 461, 552-556.

YANG, Jun; YU, Qian; GONG, Peng, 2008 – **Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago**. *Atmospheric Environment*. 42(31), 7266-7273.

O PATRIMÔNIO DA ARQUITETURA SANATORIAL DO SÉCULO XX: O CASO DO HOSPITAL SANATÓRIO SANTA TEREZINHA (SALVADOR – BAHIA – BRASIL)

THE PATRIMONY OF THE SANATORIAL ARCHITECTURE OF THE 20TH CENTURY: THE CASE OF THE HOSPITAL SANATORIUM SANTA TEREZINHA (SALVADOR – BAHIA – BRAZIL)




Patrícia Marins Farias [(1)], Antônio Pedro Alves de Carvalho [(2)]

(1) Universidade Federal da Bahia, Brasil, patimfarias@gmail.com
(2) Universidade Federal da Bahia, Brasil, arqsaude@gmail.com

RESUMO

Os edifícios que foram projetados para o combate à tuberculose, no século XX, apresentam um legado importante, pois evidenciam uma arquitetura que refletia o caráter científico da época, espelhando os protocolos de tratamento da doença, evidenciando a complexidade da dimensão e organização dos seus espaços. Uma das diretrizes projetuais destes edifícios era proporcionar condições ambientais favoráveis ao tratamento da tuberculose por meio do melhor aproveitamento da luz do sol e direção da ventilação. O Hospital Sanatório Santa Terezinha (atual Hospital Especializado Octávio Mangabeira – HEOM) foi um edifício projetado dentro das bases da arquitetura sanatorial. Está situado no bairro de Pau Miúdo, na cidade de Salvador, Bahia, Brasil, e foi inaugurado em 1942, como uma instituição pública voltada especificamente para o atendimento de pacientes tuberculosos. Este edifício, com arquitetura representativa dos ambientes de combate à tuberculose, planejado com base em referências científicas e projetuais internacionais, é o único sanatório da cidade e, portanto, a única herança arquitetônica histórica desse período. A reabilitação e restauração do Hospital Sanatório Santa Terezinha se insere no âmbito da discussão acerca da preservação do patrimônio histórico arquitetônico local, entendendo esta construção como um marco relevante para a mudança de paradigma da produção e modernização da arquitetura da saúde na cidade de Salvador no século XX. A partir da apresentação conceitual sobre a arquitetura de apoio ao combate à tuberculose, apresenta-se, neste trabalho, uma análise sobre a atual situação de conservação e diretrizes para intervenções mais apropriadas no edifício.

Palavras-chave: Patrimônio / Saúde / Arquitetura Sanatorial / Preservação

1. INTRODUÇÃO

O patrimônio cultural da saúde apresenta complexidade quanto às intervenções nas estruturas físicas de suas edificações, porque revela divergências entre a preservação das suas características arquitetônicas e as demandas contemporâneas vigentes. Os edifícios projetados para o combate à tuberculose no século XX apresentavam uma arquitetura peculiar para a época, que refletia o conhecimento de caráter científico dos protocolos de tratamento da doença, refletindo na complexidade da dimensão e organização dos seus espaços. Estes edifícios foram concebidos a partir da demanda de construção de uma arquitetura emergencial, que se tornaria obsoleta depois de algumas décadas. Reabilitar a arquitetura sanatorial, portanto, construída dentro do contexto do Modernismo, representa um problema para a tradicional prática de preservação, como sucede com a maioria dos edifícios construídos durante a segunda e terceira décadas do século XX.

A evolução da medicina provoca o surgimento de novas exigências para a arquitetura hospitalar, que vão sendo incorporadas e aperfeiçoadas nos edifícios de saúde. Nesta tipologia da arquitetura sanatorial, entretanto, muitas vezes, a resposta projetual a tais necessidades não atende a um critério técnico adequado de preservação, que procure valorizar as características patrimoniais do edifício, principalmente quando não existe a consciência de manutenção das características formais da referida obra.

A discussão teórica sobre as formas de intervenção no patrimônio edificado e o crescente número de publicações sobre o assunto vem se tornando uma questão relevante no campo da arquitetura, considerando o impacto negativo que algumas intervenções têm gerado nos sítios e paisagens históricas de algumas cidades. A arquitetura sanatorial é um legado de notória relevância dentro do patrimônio da saúde e da arquitetura moderna. Precisa ser compreendida como uma representação do conhecimento científico da época, frente às novas perspectivas sociais e culturais do mundo contemporâneo, pois são edificações de grande porte, que envolvem o interesse pela paisagem urbana, pela história da saúde e da cidade.

Com o surgimento dos antibióticos para o tratamento da tuberculose, durante a década de 1940, os sanatórios tiveram a utilidade de auxiliar no processo de cura descaracterizada devido à obsolescência da sua função original e, atualmente, é motivo de preocupação para arquitetos que buscam encontrar uma utilização adequada para estes edifícios. É importante compreender o contexto em que o Hospital Sanatório Santa Terezinha foi construído e sua relação com a arquitetura antituberculose em âmbito nacional e mundial. Considerando, portanto, a importância deste edifício para a história da cidade de Salvador (Bahia, Brasil), como um dos mais belos representantes da arquitetura moderna brasileira e da arquitetura hospitalar, torna-se fundamental o estudo deste patrimônio cultural da saúde.

2. O PATRIMÔNIO CULTURAL DA SAÚDE E A ARQUITETURA SANATORIAL

No final do século XIX, a tuberculose era a doença que mais matava no mundo ocidental (Mascarello, 2005, p. 58). Segundo Gonçalves (2000), em 1899, já havia grande pressão política no Brasil para a construção de sanatórios em locais de alta incidência da doença, sendo estas edificações apresentadas como solução para o controle da moléstia. Este movimento, de acordo com Nascimento (1991), tornou-se mais forte com a fundação, em agosto de 1900, da Liga Brasileira contra a Tuberculose, que consolidava a preocupação de médicos e intelectuais em combater a enfermidade, que apresentava alto índice de mortalidade, defendendo-se a construção de dispensários e sanatórios para doentes com maiores chances de cura.

Os edifícios sanatoriais, em sua maioria, eram concebidos em um contexto histórico peculiar, em que o movimento da arquitetura moderna estava criando as suas premissas e seria oportuna a existência de um campo experimental para aplicá-las. Segundo Jonge (2008), nesse período, os sanatórios foram idealizados com a

convicção de que a tuberculose seria erradicada nos trinta ou cinquenta anos seguintes e estaria, portanto, sendo compreendida como uma arquitetura efêmera. Considerando a urgência do Estado na construção desses edifícios, os sanatórios apresentaram uma arquitetura transformadora, propositiva e inovadora para a época. Este período foi um marco na arquitetura da saúde e contribuiu para mudanças de paradigmas projetuais. Segundo Silveira (1994), os sanatórios, dispensários, preventórios e outras edificações de apoio ao tratamento da tuberculose foram sendo construídas em diversos pontos do país, ou por conta dos governos estaduais, ou financiados pelo Governo Federal. Este autor ainda afirma que, pela primeira vez, um presidente brasileiro (Primeiro Governo de Getúlio Vargas – 1930 a 1945) privilegiava sua atenção, realmente, para a calamidade da doença, ordenando providências oportunas e patrióticas. De acordo com Hochman (2005), em relação às transformações nas políticas públicas de saúde, este governo foi um marco na história do Brasil. Silveira (1994) apresenta um campo da saúde pública desafiado por um quadro sanitário que, mesmo com os avanços das políticas públicas e do conhecimento científico, continuava sendo dramático em 1930: a febre amarela ainda ameaçava a capital e os portos litorâneos, a malária grassava pelo interior do país, a hanseníase ganhava a atenção dos médicos e a tuberculose continuava sendo o mais grave problema sanitário das cidades. Segundo Martins (2007), em 1935, a cifra de mortalidade causada por tuberculose em Salvador era das mais elevadas do Brasil e do mundo, cerca de 400 óbitos por 100.000 habitantes.

A partir de 1947, os órgãos de planejamento urbano de Salvador assessoraram a Campanha Nacional contra a Tuberculose (CNCT) do Ministério de Educação e Saúde (MES) na localização de alguns dos equipamentos de saúde (Andrade Júnior, 2019, v. 2, p. 117). A cidade apresentava mais de 1400 óbitos por ano, mais de 8000 doentes, com os 50 leitos do Hospital Santa Isabel e mais 30 leitos do Abrigo do Salvador, (Silveira, 1994, p. 149). Segundo este autor, o plano de hospitalização traçado para a Bahia previu o Hospital Sanatório Santa Terezinha como Hospital Central, com 350 leitos, para a prática de certos aspectos da chamada terapêutica ativa e Hospital Escola. A ideia era que o Hospital Sanatório Santa Teresinha comandasse uma rede de hospitais satélites de custo mais modesto. Segundo Jonge (2008), nesse contexto, o planejamento da edificação precisaria equilibrar os requisitos de solicitação do projeto e a duração da vida útil do edifício, respeitando o orçamento limitado.

As intervenções feitas em edifícios existentes são voltadas, em geral, para a adaptação às necessidades da época e ditadas por exigências práticas e de uso (Kuhl, 2005, p. 18). O edifício hospitalar, em sua história, revela, de modo flagrante, as transformações ocorridas na forma de tratar a saúde. Este tipo de edifício apresenta configurações espaciais e tipologias arquitetônicas claramente adaptadas a seus usos ao longo da história. É possível perceber, portanto, que, na arquitetura hospitalar, o uso é um elemento fundamental para caracterizar o edifício.

Segundo a Carta de Burra (ICOMOS, 1980), o objetivo da conservação é preservar a significação cultural de um bem, o que implica em medidas de segurança e manutenção, assim como disposições que prevejam sua futura destinação. Entende-se, portanto, que a partir de questões relacionadas à compreensão da importância histórica e à necessidade de intervenção no objeto arquitetônico que se apresenta ao longo do tempo, é preciso analisar as modificações a serem introduzidas a partir de uma base teórica consistente. No caso da intervenção ou conservação de um edifício sanatorial, a obra precisa ser estudada como um todo, considerando a sua complexidade. A necessidade de conservar as características marcantes do património construído torna-se, assim, fundamental, não só pelas vantagens funcionais que derivam da sua génese, mas pela necessária apreensão do conhecimento histórico e da dimensão cultural que este patrimônio possui (Vieira, 2014, p. 14).

O período pós segunda grande guerra revelou um campo vasto a ser trabalhado na arquitetura, com características peculiares, que exigiam demandas novas. Os instrumentos teóricos existentes eram limitados para atender aos diversos contextos das cidades. Conjuntos arquitetônicos destruídos, por completo ou em

parte, apresentavam lacunas que precisavam ser conduzidas dentro de um posicionamento teórico firme de intervenção. Por outro lado, Quecedo (2012) ressalta que a simbiose entre medicina e arquitetura, que caracterizou o período entreguerras, possibilitou uma notável produção, que colocou a arquitetura da saúde em primeira linha de experimentação, incrementando um potencial interesse pelo estudo da arquitetura sanatorial. Dessa forma, pode-se entender que o legado do fazer científico e médico da época poderia ser incluído como um valor patrimonial fundamental, para o enquadramento do patrimônio da saúde no campo cultural.

Na segunda metade do século XX, o conceito de patrimônio passa por um processo de ampliação, agregando valores da antropologia e integrando valores de grupos e segmentos sociais, que se encontravam à margem da história e da cultura dominante. (Monteiro, 2014, p. 27). Entre os objetivos principais da intervenção em edifícios históricos, se inclui a necessidade de entender o *significado cultural* da forma pré-existente. (Vieira, 2014, p. 18).

> A Constituição Federal de 1988, em concordância com a ampliação do campo patrimonial, vai estender a noção, conforme o artigo 216: Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem: I – as formas de expressão; II – os modos de criar, fazer e viver; III – as criações científicas, artísticas e tecnológicas; IV – as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; V – os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico (Brasil, 1988, n.p.).

Segundo Serres (2015), essa ampliação do campo patrimonial, iniciada no Brasil a partir dos anos 1970, mas efetivamente consolidada com a Constituição de 1988, permite pensar o patrimônio de uma maneira mais abrangente e incluir lugares de memória vinculados a diferentes campos do social, de edificações monumentais a construções modestas, bens representativos de diferentes grupos sociais, bem como bens culturais relacionados a um campo específico, como a saúde, por exemplo.

Por certo período, consideravam-se bens dignos de constar nos inventários e receber preservação, edificações relacionadas ao passado colonial brasileiro. Nesse contexto, os bens culturais da saúde, como os hospitais, não se configuram entre os dignos de preservação (Serres, 2015, p. 1415). Monteiro (2014) defende que a preservação dessas instituições é essencial para a consolidação do Patrimônio Cultural da Saúde e, apesar dos poucos bens tombados existentes, eles se apresentam como paradigmas, que podem contar a evolução da saúde no Brasil por meio do registro da história das instituições de assistência médico-hospitalar. Atualmente, a representação dos bens da arquitetura da saúde se apresenta escassa. Entre o denominado patrimônio cultural, entretanto, a terminologia “patrimônio cultural da saúde” demonstra um reconhecimento desta vertente patrimonial, mais por sua originalidade e não pelo valor intrínseco do edifício.

A arquitetura Sanatorial é uma tipologia hospitalar específica, de grande importância na arquitetura do século XX. Este tipo de edifício, além de ter sido caracterizado como uma tipologia voltada para a aplicação de medidas terapêuticas no tratamento da tuberculose, apresentou particularidades projetuais relevantes, que se apresentam como uma memória das formas de cura da doença.

O entendimento da dimensão funcional na arquitetura ainda é um dos maiores desafios enfrentados em projetos de conservação e restauro. A necessidade de tornar os edifícios socialmente úteis, haja vista as novas demandas da vida contemporânea, são comumente acompanhadas de alterações nas formas de ocupá-los, seja pela alteração das formas de usá-los, pela atualização de sistemas infraestruturais, ou pela mudança de uso. Por isso, para preservar é preciso entender os limites desse tipo de ação no presente. De acordo com Serres (2015), os bens inventariados e tombados, em 2013, pelo IPHAN, que configuram o chamado patrimônio cultural, foram reconhecidos menos em relação a sua tipologia e mais em relação à monumentalidade.

Para Baeta e Nery (2015), parece, nos dias de hoje – eventualmente com algumas exceções –, que qualquer ação sobre uma preexistência de interesse de preservação vem sendo nomeada como restauro e que, dentro dessa alargada categoria, se estabeleceriam graus variantes da disciplina. Estes autores afirmam, ainda, que esse tipo de entendimento vem criando complicados posicionamentos que, em casos extremos, levam a completa descaracterização do objeto de preservação, sem nenhuma consciência do que se está realmente criando. Frequentemente, referenciais teóricos são equivocadamente aplicados ou outros descartados, não por seu esgotamento, mas pela inadequação de seu uso ao objeto em questão. O uso pode ser uma ameaça à preservação. Ainda que o valor de uso do sanatório antituberculose tenha desaparecido, este tipo de edifício tornou-se, por sua importância como um paradigma da arquitetura do Movimento Moderno, merecedor de um encaminhamento que garanta sua preservação e conservação como patrimônio cultural. Entretanto, devido ao seu valor patrimonial, o edifício sanatorial necessita de direcionamentos técnicos adequados.

É preciso buscar o uso apropriado para a arquitetura da preexistência, respeitando o seu valor cultural, pois a arquitetura não pode permanecer em detrimento do uso. Se existe uma demanda diferente de uso atualmente, quais as alternativas para atender a essas demandas? Atuar na preservação da arquitetura sanatorial requer um conhecimento interdisciplinar, inerente à complexidade deste edifício, além dos conhecimentos teóricos do campo da preservação. O sanatório, como já descrito anteriormente, carrega uma herança peculiar, porque agrega valores construtivos, tecnológicos, sociais, médicos, culturais e históricos.

Kuhl (2005) ressalta que os profissionais atuantes na preservação, mesmo não sendo todos historiadores, deveriam possuir uma "visão histórica" e sólida formação no campo – para entender e respeitar aquilo que é relevante do ponto de vista histórico-documental –, pois a ausência de uma consciência histórica pode trazer, e na maioria dos casos traz, consequências da maior gravidade nas ações sobre os bens culturais. Esse despreparo de alguns agentes responsáveis pelas tomadas de decisão – entre gestores, autores de projetos e a vasta gama de profissionais envolvidos – podem causar danos irreparáveis ao patrimônio cultural (Baeta e Nery, 2015, s. p.). Permitir o esquecimento da memória da saúde, em especial da tuberculose, é criar grandes lacunas no entendimento dos processos terapêuticos e profiláticos na atualidade.

A arquitetura sanatorial, quando em seu contexto histórico, apresenta destaque em relação ao terreno de implantação e ao contexto urbano. Estes edifícios eram designados pelo Estado para ocuparem territórios com características específicas e de grande protagonismo urbano. O edifício sanatorial surgiu como uma arquitetura monumental, porque, além de possuir uma localização em lugar de ocupação rarefeita, possuía uma escala edílica de grande porte. Edifícios de grande valor histórico e arquitetônico, como os sanatórios, encontram-se subutilizados, descaracterizados por inadequação do uso ou abandonados.

3. O CASO DO HOSPITAL SANATÓRIO SANTA TEREZINHA – SALVADOR – BAHIA – BRASIL

Os edifícios sanatoriais, devido às concepções patrimoniais restritas e fruto de contexto histórico específico, por muito tempo, sequer constavam entre os bens dignos de preservação. O atual Hospital Especializado Octávio Mangabeira (HEOM) foi denominado, em sua origem, como Hospital Sanatório Santa Terezinha – único edifício na cidade de Salvador projetado como sanatório, com representatividade singular da luta contra a tuberculose no estado da Bahia. Para Silveira (1994), quando foi inaugurado este hospital, iniciava-se, no Brasil, o funcionamento de mais um grande centro hospitalar para tratamento da tuberculose. O Santa Terezinha foi um hospital dotado dos melhores recursos materiais até então existentes (Silveira, 1994).

Este hospital, atualmente, está em funcionamento como um Centro de Referência para Doenças Respiratórias e vem fortalecendo sua posição como Unidade Modelo na assistência de pacientes com tuberculose, mais

especificamente, os diagnósticos e tratamentos de maior complexidade. Originalmente foi construído em área afastada do centro da cidade, no bairro denominado Pau Miúdo (antigo Alto da Cruz do Cosme), pertencente à cidade de Salvador (Figura 1). Por estar localizado distante da área central urbana, este bairro se apresentava de forma pouco adensada, na fase da implantação do edifício (1942).

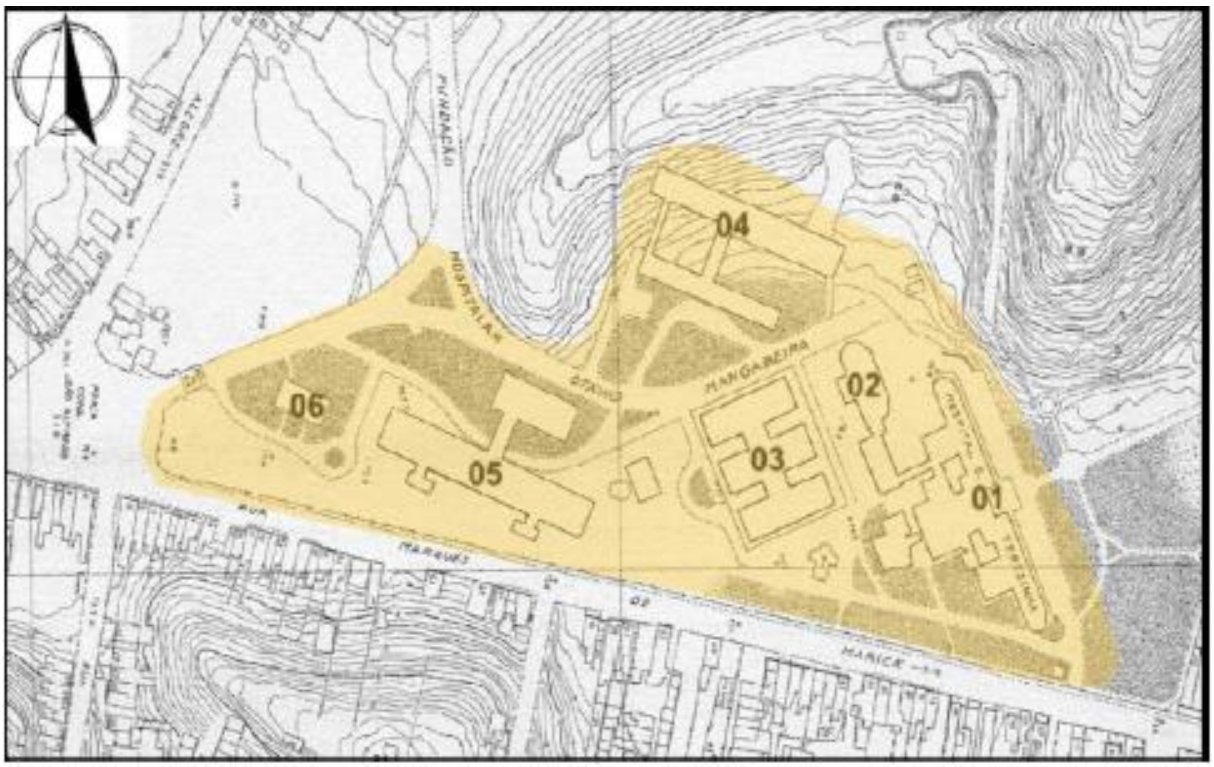


Figura 1 – Planta de localização original dos diversos pavilhões do Conjunto Sanatorial Santa Terezinha: 01 – Hospital Sanatório Santa Terezinha (1942); 02 – Pavilhão infantil (1948); 03 – Pavilhão de Serviços Gerais (1951); 04 – Sanatório de Triagem (1951); 05 – Pavilhão de Triagem (1951); 06 – Dispensário Modelo da Cruz Vermelha (1951). Fonte: Andrade Junior, 2019, p. 120. Fonte: Adaptado pelos autores, a partir de Nivaldo Andrade Junior (2019), com base em Atlas Parcial da Cidade do Salvador, 1955

O Hospital Sanatório Santa Terezinha (Figura 2) foi o primeiro a ser construído, dentro de um grupo de edifícios que configuraram, posteriormente, o denominado Conjunto Sanatorial Santa Terezinha: Hospital Sanatório Santa Terezinha (1942); Pavilhão infantil (1948); Pavilhão de Serviços Gerais (1951); Sanatório de Triagem (1951); Pavilhão de Triagem (1951); Dispensário Modelo da Cruz Vermelha (1951). Estes edifícios, construídos após a implantação do Hospital Sanatório Santa Terezinha, foram uma resposta na tentativa de ampliação do número de leitos para tuberculosos em Salvador (Andrade Junior, 2019, p. 117).

O Hospital Sanatório Santa Terezinha foi um edifício que representou o paradigma arquitetônico sanatorial praticado no mundo neste período. Segundo Farias e Matos (2019), a espacialidade deste edifício apresentava o entendimento dos profissionais de saúde e das instâncias governamentais sobre como deveria ser realizado o tratamento da tuberculose. Isso aconteceu desde a escolha do local para a implantação do hospital até a sua própria conformação arquitetônica, que deveria aliar soluções técnicas e estéticas, tendo em vista a melhor recuperação para os pacientes. Demonstra também como, mesmo dentro de um âmbito limitado – no caso, de um sanatório – o espaço é concebido de forma segregadora, o que possibilita um aperfeiçoamento do isolamento por meio de criação de elementos de qualidade ambiental como o jardim terapêutico.



Figura 2 – Fachada principal do Hospital Sanatório Santa Terezinha (sem data)
Fonte: ODEBRECHT INFORMA, 1998

As características arquitetônicas do Hospital Sanatório Santa Terezinha se expressam pela clareza volumétrica, resultante do escalonamento das varandas, das extremidades arredondadas, pela forte presença de linhas horizontais e a quase completa ausência de ornamentação, percebida em sutis desenhos na estrutura aparente nas varandas, nos detalhes das esquadrias e nos revestimentos internos. O Hospital Sanatório Santa Terezinha pode ser entendido como um edifício híbrido, concebido a partir da ambiguidade estilística assumida na época. Sua construção está alinhada com a concepção da maior parte dos sanatórios construídos no Brasil entre os anos 1930 e 1940, a partir de vertentes *art déco*, modernas ou ambas (Bierrenbach, 2011, p. 6).

De acordo com DOCOMOMO (2012), este é um dos mais importantes complexos de saúde da Bahia e inclui edifícios expressivos da arquitetura moderna. O Sanatório Santa Terezinha é um edifício que possui um comprimento onze vezes maior que a largura (110 x 10) m e é constituído por dois braços simétricos, com um volume prismático no eixo e dois volumes de escada no eixo de cada braço do edifício, voltados para a fachada Sudoeste. Este tipo de relação (comprimento x largura) era uma característica utilizada na concepção dos sanatórios desse período, para facilitar a insolação e ventilação, a partir de um volume aerodinâmico.

No Hospital Sanatório Santa Terezinha é possível identificar referências arquitetônicas projetuais de diversos sanatórios implantados no mundo ocidental, que foram construções de um período em que as premissas da arquitetura moderna estavam sendo discutidas e implementadas. O protagonismo dessa arquitetura se apresenta a partir dos balcões contínuos, que possuíam a função de galerias de cura, voltadas para a prática da helioterapia. A fachada, que apresenta orientação de 66^0 NE, considerando todas as manhãs, do ano, é favorecida, generosamente, para a exposição à luz do sol e à ventilação, conforme proposta de projeto original. O edifício possui volume delgado e linear, com extremidades curvas e se apresenta a partir de um monobloco com cinco pavimentos, de onde se destaca, da forma horizontalizada, três volumes prismáticos.

O Sanatório de Paimio (Figura 3) é uma arquitetura considerada modelo, quando relacionada às necessidades de combate à tuberculose na época. Construído entre 1930 e 1933, este edifício foi projetado pelo arquiteto Alvar Aalto e sua esposa Aino, localizado em Paimio (pequena cidade da província da Finlândia), próximo à cidade de Torku. É possível identificar semelhanças na arquitetura dos dois edifícios, como: a relação comprimento e largura, revelando uma arquitetura delgada e horizontal, a volumetria sem ornamentos, os balcões no perímetro da área de internação do edifício, utilizados para fins terapêuticos, e as bordas curvas nas extremidades.

Outros hospitais que apresentam semelhanças com o Hospital Sanatório Santa Terezinha (1942) é o Hospital de Berna (1930) (Figura 3), localizado na Suíça, e o Pavilhão Infantil do Sanatório de Forlí (1934) (Figura 3), localizado na Itália. Em relação a este último edifício, uma característica em comum com o Hospital Sanatóiro Santa Terezinha é o recuo dos pavimentos superiores, seguindo outra prática da arquitetura sanatorial que era adotar

um escalonamento dos pavimentos para proporcionar melhor aproveitamento da luz solar. O Hospital Sanatório Santa Terezinha apresenta recuo nos dois últimos pavimentos (terceiro e quarto), em relação aos pavimentos inferiores.



Figura 3 – Sanatório de Paimio, situado na Finlândia,
obra premiada de autoria do arquiteto Alvar Aalto e sua esposa Aino, s/d
Fonte: Alvar Alto Museum (2019); Hospital de Berna, Suíça, 1930, que utilizava a helioterapia. Fonte: Moretti (1940, p. 342); Pavilhão Infantil do Sanatório de Forlí, Itália (1934). Fonte: Moretti (1940, p. 274)

Na época de sua inauguração, o Hospital Sanatório Santa Terezinha (Figura 2) foi um dos poucos selecionados para representar a arquitetura moderna baiana na exposição e respectivo catálogo *Brazil Builds*, realizada no Museu de Arte Moderna em Nova York (MoMA), em 1942 (Andrade Junior, 2019, p. 96).

Ao longo do século XX, o Hospital Sanatório Santa Terezinha apresentou, em longos períodos, estado precário (Figura 4) de conservação e preservação. Os seus atendimentos, entretanto, continuaram sendo mantidos regularmente. Por outro lado, por não ser uma edificação tombada, este edifício se encontra em estado de vulnerabilidade, em relação à garantia do seu valor como um patrimônio singular da arquitetura sanatorial.



Figura 4 – Fachada principal do Hospital Sanatório Santa Terezinha (1975)
Fonte: Fundação Gregório de Matos, 2019; Fachada principal do Hospital Sanatório Santa Terezinha (2019)
Fonte: Registro fotográfico dos autores (2019)

Apesar de ter sofrido alterações, como o fechamento de alguns trechos da fachada principal com esquadrias (Figura 4), inativação do terraço para uso terapêutico, acréscimo na parte posterior do edifício com construções e reformas, alteração do revestimento de materiais da fachada principal com pastilhas, descaracterizando a arquitetura original do edifício, o hospital (Figura 4) preserva a característica mais marcante da arquitetura sanatorial do período a entre 1940 e 1960: a galeria de cura (espaço aberto diretamente conectado com as enfermarias, que era utilizado para a prática da helioterapia).

Ao longo do tempo, foram realizados acréscimos nas edificações que fazem parte do complexo hospitalar, além da construção da Maternidade Professor José Maria de Magalhães Netto, que possui uma escala destacada em relação ao entorno e ao pavilhão do Hospital Sanatório Santa Terezinha (Figura 5).



Figura 5 – Situação atual do terreno e entorno com acréscimos e adensamento: 1) Amarelo: conformação original; 2) Vermelho: acréscimos; Lilás: maternidade; Tracejado vermelho: Complexo hospitalar; Tracejado azul: limite atual administrado pelo HEOM.
Fonte: Farias e Matos, 2019, s.p.

> *O edifício principal, que em sua fundação se destacava na paisagem urbana, sendo dotado de imponência estética e plasticidade formal arrojada, não preserva mais essa distinção na paisagem. Edifícios construídos posteriormente – principalmente o da maternidade – delimitam um isolamento do território em relação ao espaço urbano, agora adensado, que descaracteriza a configuração protagonista original deste edifício na paisagem da cidade. Os registros da construção inicial do Hospital Sanatório Santa Terezinha revelam uma conformação urbana precária de serviços básicos necessários para o desenvolvimento da área, contribuindo para o crescimento desordenado do entorno do edifício sem um planejamento ou atuação responsável do Estado para evitar a descaracterização da região* (Farias e Matos, 2019, s.p.).

A partir da observação comparativa das plantas de situação, no momento da implantação do edifício sanatorial (1942) e no momento atual (2019), é possível perceber os diversos acréscimos (por conta das transformações e novas demandas das ciências da saúde) ao edifício original e a desconfiguração, tanto do patrimônio como da área urbana adjacente ao sítio, com ocupações irregulares desordenadas, sem um planejamento ou controle institucional.

O Hospital foi construído com estrutura de laje plana e pilares em concreto armado (o que permitiu a configuração de grande vão da galeria de cura), adaptado ao clima tropical de Salvador (Bahia) e projetado com materiais regionais, como o piso original em mármore, as esquadrias em ferro e vidro, com sistema de abertura em basculante. As esquadrias das galerias de cura (Figura 6) eram em madeira e vidro, divididas em três folhas e com sistema de abertura em guilhotina, seguindo o sistema internacional proposto pelo Dr. Dosquet, em 1905 (Cremnitzer, 2005, p. 72). As esquadrias, posteriormente, foram trocadas (em sua maioria) por moldura de alumínio com vidro e apresentaram alteração no sistema de abertura, com a colocação de porta de correr com grade. Poucas esquadrias permanecem na sua condição original.



Figura 6 – Primeira imagem: Enfermaria do Hospital Sanatório Santa Terezinha com esquadrias em condição original (madeira e vidro). Fonte: Acervo HEOM (195_). Segunda imagem: Interior do Hospital Sanatório Roger Poulain (1931). Fonte: Biblioteca de Arquitetura Vicent Fréal. Terceira imagem: Esquadria existente conforme condição original. Fonte: Registro fotográfico dos autores (2019)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto atual, por conta da grande complexidade normativa, tecnológica e de infraestrutura relacionada aos projetos de arquitetura da saúde, as possibilidades de condicionamento ambiental natural são, frequentemente, desconsideradas nos ambientes hospitalares, resultando na reconfiguração para espaços hermeticamente fechados, frios e que demandam um aumento no consumo de energia elétrica, para condicionamento artificial. O Hospital Sanatório Santa Terezinha (com características arquitetônicas, ambientais e históricas de ampla importância para a cidade do Salvador, para o Estado da Bahia e para o Brasil), entretanto, como um edifício de assistência à saúde em pleno funcionamento, tem passado por grave descaracterização da sua arquitetura ao longo do tempo.

Além das questões relacionadas à preservação e conservação do patrimônio, em se tratando de um empreendimento do Governo do Estado da Bahia, entende-se que, para um projeto de intervenção do Hospital Sanatório Santa Terezinha, deve existir, como princípio, a conservação das principais características do edifício, além de uma maior atenção à eficiência ambiental e, portanto, maior aproveitamento de iluminação, ventilação natural e uso eficaz da água. Entende-se que não há incompatibilidade entre a realização de um projeto que procure preservar os principais valores arquitetônicos e históricos do edifício e sua adequação às demandas atuais relacionadas com a saúde. Trata-se de realizar uma solução projetual adequada, realizada por técnicos capacitados para articular tais instâncias. Em se chegando à conclusão das limitações do edifício existente, pode-se optar pela construção de anexos que contemplem outras demandas.

Na arquitetura hospitalar, é possível adaptar funções compatíveis com a tipologia do edifício. O Sanatório Paimio (construído em 1930-1933), já citado como referência de modelo de aplicação dos princípios de combate à tuberculose na arquitetura, é um exemplo da preservação e conservação do patrimônio com adaptação de uso. Este edifício é considerado uma obra de referência mundial como patrimônio cultural da saúde reconfigurado para novo uso e está, atualmente, em funcionamento a partir da adaptação de novos usos. O edifício foi nomeado para se tornar patrimônio cultural da UNESCO.

O Instituto de Arquitetos do Brasil, Departamento Bahia (IAB BA), a Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia (FAUFBA), o Núcleo *Documentation and Conservation of Buildings*, *sites and neighborhoods of the modern movement Bahia Sergipe* (DOCOMOMO BA SE), o Mestrado Profissional em Conservação e Restauração de Monumentos e Núcleos Históricos da Universidade Federal da Bahia (MP-CECRE UFBA) e o Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Bahia (PPGAU, UFBA) são

instituições que trabalham por causas relacionadas ao patrimônio cultural na Bahia e estão atuando, de forma assertiva, com pedidos de tombamento desde 2011, na intenção de proteger, a arquitetura desse edifício, que está com sua estrutura original ameaçada, por conta de diversas intervenções que desconhecem o seu valor cultural.

A partir das questões levantadas no presente trabalho, é possível destacar os principais pontos a serem trabalhados em relação ao Hospital Sanatório Santa Terezinha, único edifício de patrimônio sanatorial da cidade. A reabilitação e restauração do Hospital Sanatório Santa Terezinha, por estar inserida no âmbito da discussão a respeito da preservação do patrimônio moderno, necessita fazer uma distinção adequada entre estrutura e preenchimento para permitir a flexibilidade nas intervenções e manter o conceito de cheios e vazios na fachada principal, a fim de preservar a penetração da luz e do ar fresco, mantendo o protagonismo da arquitetura original do edifício. O uso de elementos pré-fabricados, também, poderia fazer parte da ideia de que a função da construção original era temporária, como uma arquitetura efêmera do Movimento Moderno do século XX, e permitiria alterações de fechamentos deteriorados ou deficientes, possibilitando a adaptação a futuras mudanças funcionais. Outra questão importante é compreender as transformações que o edifício passou ao longo da sua existência, bem como as mudanças no contexto urbano em que está inserido, para intervir no edifício atual e propor um plano de intervenção (por meio de consultoria de especialistas em intervenção de patrimônio) que, com estudo criterioso para adaptar a um uso adequado dentro da realidade atual, possa preservar o valor patrimonial dessa arquitetura, como é possível observar tanto na experiência, já citada, do Sanatório Paimio (Finlândia, 1933), quanto na experiência do Sanatório Zonnestraal (Holanda, 1928). Além das questões colocadas, o Hospital Sanatório Santa Terezinha já possui uma arquitetura favorável, do ponto de vista da eficiência ambiental, permitindo transformações menos agressivas na estrutura preexistente.

Considerando, portanto, a importância deste edifício para a história da arquitetura moderna brasileira, para a história da cidade de Salvador (Bahia, Brasil) e das iniciativas e políticas públicas de saúde na Bahia e o iminente risco de descaracterização completa e perda total dos valores culturais desse patrimônio baiano, torna-se necessário impedir um avanço maior do processo de dano ao patrimônio por meio da criação de um planejamento de preservação e conservação, a fim de recuperar, em certa medida, os valores perdidos e programar, previamente, modificações futuras de uma maneira mais cuidadosa e responsável.

REFERÊNCIAS

Acervo DOCOMOMO-BA – **Fichas mínimas /Fundação Gregório de Matos: Acervo fotográfico / Hospital Especializado Octávio Mangabeira.**

Acervos documentais e iconográficos pesquisados.

ALVAR AALTO MUSEUM, 2019 – **Paimio Sanatorium**. Disponível em: https://www.alvaraalto.fi/en /architecture/paimio-sanatorium/. Acesso em: 20 dez 2019.

ANDRADE JUNIOR, Nivaldo Vieira de, 2019 – **O EPUCS e a automatização do campo arquitetônico na Bahia**. *Coleção Arquitetura Moderna na Bahia (1947-1951).* v.2. Salvador: Edufba. 269 p.

BAETA, Rodrigo; NERY, Juliana – **Do restauro à recriação**. In: *Arquitextos*. Disponível em: https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/15.179/5534 Acesso em: ago 2020.

BIERRENBACH, Ana Carolina de Souza, 2011 – **Estudo para ampliação da poligonal de tombamento da região da Soledade – Proposta de tombamento estadual, Hospital Sanatório Santa Terezinha**. Salvador: Universidade Federal da Bahia/Instituto do Patrimônio Artístico e Cultural.

BRASIL [Constituição (1988)] – **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao /constituicaocompilado.htm> Acesso em: nov 2019.

CREMNITZER, Jean-Bernard – **Architecture et santé: le temps du sanatorium em France et em Europe**. França: Picard, 2005.

DOCOMOMO BRAZIL, 2012 – **Minimum documentation fiche**. Disponível em: http://doczz.net/doc /620231/minimum-documentation-fiche Acesso em: jan 2020.

FARIAS, P.; MATOS, L., 2019 – **A morfologia urbana e o edifício hospitalar no século XIX: Hospital Sanatório Santa Terezinha**. In: Seminário Docomomo Brasil Arquitetura Moderna Brasileira, 1, 2019, Bahia. Anais [do] 13.°Seminário Docomomo Brasil Arquitetura Moderna Brasileira. Bahia: UFBA, 2019. Disponível em: <http://www.inscricoes13docomomobrasil.ufba.br/> ISBN 978-85-66843-06-4.

HOCHMAN, Gilberto, 2005 – **Reformas, instituições e políticas públicas de saúde no Brasil (1930-1945).** *Educar, Curitiba*. n. 25, p. 127-141. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/er/n25/n25a09.pdf. Acesso em: nov 2019.

ICOMOS, 1980 – **Carta de Burra**. Austrália: ICOMOS.

JONGE, W. de, 2008 – **Zonnestraal. Restauration dúne architecture transitoire**. In: TOULIER, B.; CREMNITZER, J. B. – *Histoire et Réhabilitation des Sanatoriums en Europe*. Paris: Docomomo International. p. 61-70.

KUHL, Beatriz Mugayar, 2006 – **História e ética na conservação e na restauração de monumentos históricos**. *Revista CPC*. v. 1, n. 1, nov 2005 /abr. 2006. p.16-40.

MARTINS, Antônio Carlos Peçanha, 2007 – **O início da luta contra a tuberculose na Bahia**. *Gazeta Médica da Bahia.* v. 77, n.2, p. 255-258.

MASCARELLO, Vera Lucia Dutra, 2005 – **Princípios bioclimáticos e princípios da arquitetura moderna – evidências no edifício hospitalar**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura. Porto Alegre: UFRGS. 147 p.

MONTEIRO, Flávia de Azevedo,2014 – **O patrimônio da saúde: discussões sobre a arquitetura hospitalar brasileira do século XIX**. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Artes. Salvador: Universidade Federal do Espírito Santo. 220 p

MORETTI, Bruno e Franco, 1940 – **Ospedali**. Milão: Ulrico Hoepli Editore Milano. 2. Ed. Ampliada.

NASCIMENTO, Dilene Raimundo, 1991 – **Tuberculose: de questão pública à questão de Estado à Liga Brasileira contra a tuberculose.** Dissertação Mestrado. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).144 p. ODEBRECHT INFORMA. In: Odebrecht Informa, Salvador, jan./fev. de 1998.

QUECEDO, Cecilia Ruiloba, 2012 – **Arquitectura terapéutica: el sanatório antituberculoso pulmonar**. Tese Doutorado. Valladolid: Departamento Teoría de La Arquitectura y Proyetos Arquitectónicos, Universidade de Valladolid. 459 p.

SERRES, Juliane Conceição Primon, 2015 – **Preservação do patrimônio cultural da saúde no Brasil: uma questão emergente**. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*. v.22, n.4, out.-dez., p. 1411-1426.

SILVEIRA, José, 1994 – **Uma doença esquecida: a história da tuberculose na Bahia – Salvador**. Salvador-BA: Universidade Federal da Bahia. P. 519.

VIEIRA, José Maria Amaral Santos Gonçalves. 2014 – **Intervenções contemporâneas em contexto histórico: o papel da *abstração***. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Lausanne, Suiça: Ecolé Polytechnique Federale de Lausanné. 173 p.

REABILITAÇÃO DA SEDE DO BANCO DE PORTUGAL

REHABILITATION OF BANCO DE PORTUGAL HEADQUARTERS





Rui Luis Furtado Marques [(1)], Rui Miguel Alves Silva [(2)]

(1) HCI Construções, Portugal, furtado.marques@hci.pt
(2) HCI Construções, Portugal, rui.silva@hci.pt

RESUMO

A empreitada de reabilitação e restauro do Edifício Sede do Banco de Portugal foi uma intervenção de grande escala que ocupou a totalidade de um quarteirão da Baixa Pombalina.

O resultado desta empreitada de grande exigência comprova que quando se pretende atingir um elevado grau de realização é decisiva a qualidade inicial do projeto e o rigor na coordenação, controlo e execução do trabalho.

Palavras-chave: Reabilitação / Restauro / Sede Banco de Portugal

RESUMO ALARGADO

INTRODUÇÃO

A empreitada de reabilitação e restauro do Edifício Sede do Banco de Portugal foi uma intervenção de grande escala que ocupou a totalidade de um quarteirão da Baixa Pombalina.

O quarteirão era constituído por dez edifícios, que o Banco de Portugal foi comprando ao longo do tempo, entre os quais se destacava a antiga igreja de S. Julião.

Neste resumo do artigo, publicado na Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas[1], pretende-se indicar as diferentes etapas da evolução dos trabalhos, a coordenação das múltiplas atividades e as sucessivas adaptações que foram necessárias efetuar no projeto e no planeamento da empreitada.

INÍCIO DOS TRABALHOS

Após o início dos trabalhos de demolição e de arqueologia na igreja, confirmou-se a existência da Muralha D. Diniz, e foram ainda encontrados troços da primitiva Cabeceira do Altar-Mor.

Com o desenvolvimento dos trabalhos de escavação arqueológica foram descobertas cerca de 300 ossadas, cujas exumações condicionaram todo o desenvolvimento do trabalho na igreja e foram ainda identificadas e recolhidas diversas estacas e grelhas pombalinas e fragmentos cerâmicos.

Do ponto de vista estrutural constatou-se ainda que o edificado existente diferia significativamente, em várias zonas, das expectativas resultantes das sondagens estruturais prévias à elaboração do projeto.

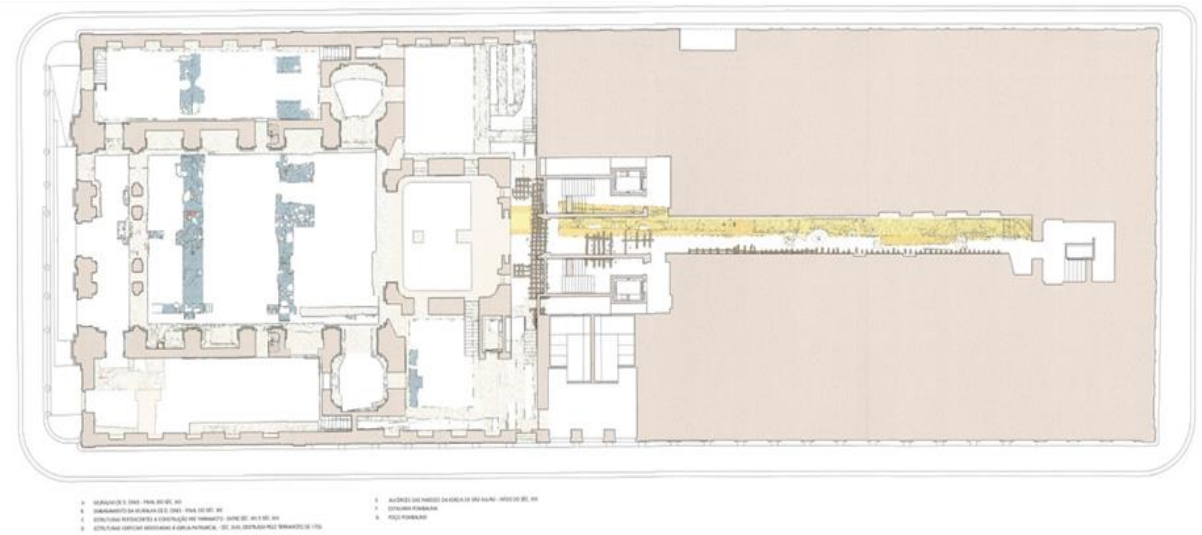


Figura 1 – Planta de sobreposição da proposta com os achados arqueológicos[2]

REORGANIZAÇÃO DA EMPREITADA

Face ao volume desta nova informação, foi necessário adaptar os projetos, à realidade encontrada em obra, o que motivou uma enorme perturbação na evolução dos trabalhos.

---

[1] Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, Série III, n.º 13, 2020.

[2] PINHEIRO DE SOUSA BYRNE, Gonçalo Nuno; FALCÃO DE CAMPOS, João Pedro, 2012 – **Memória Descritiva do Edifício Sede do Banco de Portugal**.

Foram suspensas algumas zonas para permitir a reformulação dos projetos, alteradas as sequências das atividades, pelo que a obra foi reorganizada de forma a permitir o avanço nas frentes não afetadas pelas alterações.

Assim foi possível avançar em simultâneo em todas as zonas do quarteirão, dando prioridade a conclusão da zona da igreja de modo a possibilitar os trabalhos preparatórios à instalação do Museu do dinheiro.

CONCLUSÃO

A empreitada de remodelação do Edifício Sede do Banco de Portugal foi um enorme trabalho de equipa que envolveu os representantes do Dono de Obra, uma grande equipa de projeto coordenada e liderada pelos Arquitetos Gonçalo Byrne e João Pedro Falcão de Campos, um extraordinário acompanhamento de obra pela empresa projetista de estruturas, A2P, liderada pelo Eng. Vasco Appleton, a HCI – Construções, S.A. como empreiteiro geral e um vasto conjunto de fornecedores e subempreiteiros que ultrapassou a centena.

Nesta obra trabalharam mais de 2.000 técnicos e operários das diferentes especialidades que chegaram a ser mais de 400 pessoas no pico diário de atividade.

O resultado desta empreitada de grande exigência comprova que quando se pretende atingir um elevado grau de realização é decisiva a qualidade inicial do projeto e o rigor na coordenação, controlo e execução do trabalho.



Figura 2 – Nave central da igreja após a conclusão dos trabalhos

Nota:

Artigo completo publicado no número temático: Reabilitação Estrutural de Edifícios da série III da RPEE – *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas* (consultar em: http://rpee.lnec.pt/Ficheiros/rpee_serieIII_n13/rpee_sIII_n13.pdf?fbclid=IwAR2MgK8BhCDKZfHxFsIXZu_NcfWR_KObWxgcrD5ls5b_mSLJknwYk2MFmlw).

REABILITAÇÃO DO EDIFÍCIO IVENS ARTE

REHABILITATION OF THE IVENS ARTE BUILDING





Rui Miguel Alves Silva [(1)], Fatima de Llera [(2)]

(1) HCI Construções, Portugal, rui.silva@hci.pt
(2) In Situ*, Portugal, fatimallera@insitu.pt*

RESUMO

A interpretação global do pombalino e neoclássico é normalmente ignorada na reabilitação urbana. No modelo de reabilitação do edifício Ivens Arte, a reprodução de programas não pretendeu criar um falso histórico, mas completar programas existentes e devolver a integridade artística outrora perdida. A compatibilização dos diferentes projetos face ao património integrado existente originou um processo único em Portugal, onde as artes decorativas ganham um papel de destaque face ao próprio programa arquitetónico. Este projecto pode influenciar a obra de reabilitação, com a necessária presença constante da conservação e restauro em todos os momentos da obra. Para a reabilitação deste tipo de edificações são imperativas a exigência e a qualidade do empreiteiro durante a fase de execução, implicando sensibilidade e esforço sem paralelo, e o envolvimento de projetistas no processo de recuperação/construção, assim como, a fulcral implicação dos decisores desde a elaboração do conceito até à sua concretização.

Palavras-chave: Património Histórico / Requalificação Urbana / Moradia / Pós-Uso

RESUMO ALARGADO

INTRODUÇÃO: O PRÉDIO

O edifício gaveto Rua Ivens n.^{os} 18 a 28 e Rua Capelo n ^{os} 2 a 4, é um prédio de rendimento da baixa pombalina edificado em 1790 adquirido em 2012 por um Fundo de Investimento que contratou uma equipe de consultores especializada na reabilitação urbana. Foi alvo de estudo prévio que integrou as recomendações da DGPC e do Museu Nacional do Azulejo, que alertaram para a riqueza dos programas decorativos existentes. A In Situ, Conservação de Bens Culturais o realizou o Relatório Prévio e um conjunto de estudos patrimoniais sobre o edifício construído e o seu estado de conservação, nomeadamente revestimentos decorativos azulejares, pintura mural e tetos em estuque ainda existentes.



Figura 1 – Decoração de parede do edifício

O PROJETO: A CONSERVAÇÃO E RESTAURO, UMA ARTE INTEGRADA

A partir do momento em que é tomada consciência da abrangência da pintura e dos restantes revestimentos, é criado o conceito **Ivens Arte** que para além da preservação do património existente, incorpora a criação de valor com a introdução de algumas obras de arte moderna integradas no edifício. Neste âmbito são desenvolvidos projetos de arquitetura, estabilidade e infraestruturas que têm por base comum o respeito, a salvaguarda e integração dos revestimentos decorativos. A par, é realizado um projeto de conservação e restauro do património integrado as áreas de pintura mural, revestimento azulejar e estuques decorativos. Foram identificadas as campanhas de pintura decorativa de maior relevância. Registaram-se também as que seriam suprimidas devido ao reforço construtivo que o edifício teve de recebe apesar da adopção de soluções especificas de reforço, muitas delas individualizadas e singulares. Para a restituição de ambientes completaram-se os programas decorativos existentes, passando pela réplica do modelo existente para as novas paredes já reforçadas. A remoção integral dos azulejos das paredes permitiu, para além da sua preservação perante o impacto dos trabalhos de demolição, o desenvolvimento minucioso do projeto de estabilidade. A recolocação do revestimento azulejar implicou a reposição nos locais de origem, ou, noutros locais definidos pelo projeto, uma vez que se anularam as compartimentações mais tardías, havendo a necessidade de produzir novas unidades azulejares para completar programas. Dado o reforço estrutural entre pisos, o isolamento acústico e a

incorporação de infraestruturas em benefício das paredes, os tetos em estuque fasquiado seriam sacrificados com exceção de quatro tetos com pintura decorativa de grande valor. Ainda assim, os tectos em estuque foram refeitos com técncias tradicionais de estafe e na sua maioria replicando os motivos originais.

A OBRA: O GRANDE DESAFIO

O projeto de arquitetura foi respeitador da espacialidade original e dos elementos construtivos existentes. O programa de demolições foi reduzido e na sua maioria contemplou repor a tipologia original. A maior dificuldade consistiu em enquadrar as novas zonas húmidas. As cozinhas projetadas não coincidiram com a localização das antigas e a introdução de instalações sanitárias implicava a intrusão em paredes e pavimentos a fim de garantir os revestimentos adequados e as instalações técnicas. A solução adotada para a maioria das áreas de banho, denominadas no projeto por "dispositivos", foi modelar compartimentos completamente autonomizáveis das paredes e pavimentos que, sendo construidos à posterior dos trabalhos de restauro, garantem a reversibilidade sem prejuizo do património. As condicionantes impostas ao projeto de estrutura foram muitas. A existência de pintura decorativa, dos painéis de azulejo e de estuques decorativa condicionou o acesso a estrutura e a incorporação de novos elementos de reforço. A execução de impermeabilizações, de isolamentos acusticos, barreiras corta fogo e infrastruturas para as várias instalações técncicas foi conseguida à custa do desenvolvimento de novas soluções e de compatibilizações sala a sala. Foram centenas os pormenores desenvolvidos a partir do projeto para a resolução de questões especificas. A solução estrutural e das instalações técnicas traduz-se pela generalização de singularidades diversas, contornando os elementos patrimoniais como se de um labirinto se tratasse.

A preservação do edifico no seu todo impediu o acesso dos equipamento ao local de escavação. A solução encontrada residiu na implementação de um volume pouco comum. Tirando partido do logradouro com pouca área e de um pequeno espaço no R/C foram construídas caves com altura equivalente a sete pisos, mas com uma área por piso de cem metros quadrados. Para tal, foi adquirido um sistema automático de parqueamento que transportará os veículos. Desde o inicio dos trabalhos de demolição que a presença da equipa de restauro foi garantida. Adotaram-se as melhores soluções para a preservação da integridade do património com especial cuidado na sua protecção durante os trabalhos de demolição, escavação e reforço da estrutura. Nesta fase evoluiu-se o conhecimento sobre o estado de degradação do edificio no seu todo. Estudou-se a adequação de produtos e materiais de forma a garantir a sua compatibilidade com os materiais pré-existentes. Compatibilizaram-se os assentamentos diferenciais que se verificavam no interior do edifício com diferenças até 15 cm, dado o impacto das obras do metropolitano e da idade do edifício. O nivelamento dos vigamentos consumiu, mais do que se previa, o espaço disponível entre os revestimentos dos pavimentos e os tetos falsos. Para preservar pinturas de paredes e azulejos a distribuição das várias infraestruturas foi na íntegra revista e pensada sala a sala. As instalações técnicas obrigaram a um esforço enorme de compatibilização com os demais elementos. Os traçados horizontais foram arrumados entre vigas de madeira e a simples colocação das aparelhagens obrigou a um estudo elemento a elemento. A complexidade das instalações previstas interferiu com outras infraestruturas. A incompatibilidade entre estes elementos e as paredes de frontal, as portas existentes, as pinturas decorativas e painéis de azulejo obrigaram a reformulação dos projetos de instalações de forma global. As paredes com reboco estucado novo foram alvo de um estudo muito particular para a escolha dos materiais, garantindo a compatibilidade dos mesmos com o suporte e garantidas as condições ideais para a constituição do revestimento de suporte para as novas pinturas decorativas. Na preparação do suporte a pintar foram estudadas as argamassas estruturais das novas laminas de compressão, as argamassas de cal para reboco e os estuques finais, cujos fornecedores foram chamados ao desenvolvimento específico. De um modo geral, a execução dos trabalhos partiu do projecto de execução, dinamizado pela recolha de informação (com levantamentos e monitorização), preparação e conclusão com tomadas de decisão.

CONCLUSÃO

A interpretação global do pombalino e neoclássico é normalmente ignorada na reabilitação urbana. No modelo de reabilitação do edifício Ivens Arte, a reprodução de programas não pretendeu criar um falso histórico, mas completar programas existentes e devolver a integridade artística outrora perdida. A compatibilização dos diferentes projetos face ao património integrado existente originou um processo único em Portugal, onde as artes decorativas ganham um papel de destaque face ao próprio programa arquitetónico. Este projecto pode influenciar a obra de reabilitação, com a necessária presença constante da conservação e restauro em todos os momentos da obra. Para a reabilitação deste tipo de edificações são imperativas a exigência e a qualidade do empreiteiro durante a fase de execução, implicando sensibilidade e esforço sem paralelo, e o envolvimento de projetistas no processo de recuperação/construção, assim como, a fulcral implicação dos decisores desde a elaboração do conceito até à sua concretização.

Nota

Artigo completo foi indicado para ser publicado no dossier ENCORE 2020 da *Revista Conservar Património* de set-dez de 2021.

POTENCIALIDADES E CONDICIONANTES DO NOVO REGIME APLICÁVEL À REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS E FRAÇÕES AUTÓNOMAS

POTENTIALS AND CONSTRAINTS OF THE NEW REGIME APPLICABLE TO THE REHABILITATION OF BUILDINGS AND APARTMENTS





José Mendes da Silva [1], Catarina Mouraz [2]

(1) ADAI-LAETA, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, raimundo@dec.uc.pt)
(2) Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, catarinamouraz@hotmail.com

RESUMO

O novo regime aplicável à reabilitação de edifícios e frações autónomas, publicado pelo Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de junho tem todas as condições para ocupar um espaço singular na regulamentação da construção, quer em termos nacionais, quer internacionais, porque assume um paradigma diferente da legislação corrente ao estabelecer, a montante das regras técnicas nas diferentes temáticas, princípios fundamentais da reabilitação de edifícios. A esta singularidade acresce o facto de muitas das regras técnicas no âmbito da reabilitação serem de adoção facultativa, cabendo aos projetistas a decisão da sua escolha em substituição da regulamentação estabelecida para os edifícios novos, bem como a correspondente fundamentação.

A missão e ambição deste novo regime não se esgotam na revogação, ainda que relevante, do Regime Excecional e Temporário da Reabilitação de Edifícios estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 53/2014, porque tem subjacente uma alteração de paradigma no domínio da intervenção sobre o edificado corrente existente.

Neste artigo analisam-se as potencialidades e condicionantes do novo regime, em particular dos princípios fundamentais da reabilitação por si estabelecidos: princípios da proteção e valorização do existente, da sustentabilidade ambiental e da melhoria proporcional e progressiva.

Entre as múltiplas questões em aberto, interessa sobretudo discutir qual o potencial do novo regime para a melhoria da qualidade das intervenções e quais os instrumentos de apoio de necessita para que se possa garantir essa melhoria, bem como os desafios que se colocam à sua evolução num futuro próximo.

Palavras-chave: Regulamentação da Construção / Reabilitação de Edifícios / Projetos de Reabilitação / Sustentabilidade Ambiental / Património Construído Corrente

1. ENQUADRAMENTO

O novo regime aplicável à reabilitação de edifícios e frações autónomas, consagrado no Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho, constituiu uma das prioridades estratégicas do XXI Governo Constitucional no âmbito do reconhecimento da importância da reabilitação de edifícios na melhoria da qualidade de vida das populações, coesão social e territorial, e revitalização e competitividade das cidades (Decreto-Lei n.º 95/2019).

Neste contexto, foi criado pela Resolução de Conselho de Ministros (RCM) n.º 170/2017, de 9 de novembro, o projeto "Reabilitar como Regra" (RcR), com o objetivo de proceder à "revisão do enquadramento legal e regulamentar da construção, de modo a adequá-lo às exigências e especificidades da reabilitação" (RCM n.º 170/2017).

Findo o projeto, foi publicado um conjunto de documentos legais que estabelecem, para os vários domínios técnicos, um quadro legal atualizado e adequado às operações de reabilitação em edifícios e frações autónomas. Este novo quadro regulamentar permite igualmente pôr fim ao regime excecional de isenção no âmbito destas intervenções que vigorava desde 2014, criado pelo Decreto-Lei n.º 53/2014. Mais do que preencher um vazio regulamentar, o novo regime aplicável vem introduzir na regulamentação novos princípios e exigências, das quais se destacam o alargamento do conceito de património construído e a inequívoca consagração das preocupações ambientais.

Esta mudança de paradigma implica, numa segunda fase, que seja feito o acompanhamento e monitorização da sua evolução, tanto no que diz respeito ao potencial do novo regime para a melhoria da qualidade das intervenções e quais os instrumentos de apoio e articulações de que pode necessitar para que se possa garantir essa melhoria, bem como relativamente à opinião, dúvidas e comentários da comunidade técnica no que diz respeito à sua aplicação no exercício da profissão.

Face ao contexto apresentado, este artigo tem como principal objetivo a apresentação do novo regime aplicável à reabilitação de edifícios e frações autónomas, disposto no Decreto-Lei n.º 95/2019, sobretudo no que diz respeito aos novos princípios que, a montante das regras técnicas nas diferentes temáticas, são estabelecidos como fundamentais e orientadores da reabilitação de edifícios. Adicionalmente, são ainda analisadas as principais potencialidades e condicionantes, ou mesmo constrangimentos, do novo regime, em que não se ignoram os contributos recebidos no seguimento da sua divulgação à comunidade técnica.

2. DECRETO-LEI N.º 95/2019, DE 18 DE JULHO: O NOVO REGIME APLICÁVEL À REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS E FRAÇÕES AUTÓNOMAS

2.1. Introdução

A afirmação da reabilitação de edifícios enquanto principal instrumento de intervenção na cidade, de forma qualificada e responsável, foi um dos principais desígnios do XXI Governo Constitucional no âmbito de uma nova geração de políticas de habitação (RCM n.º 50-A/2018). Este desígnio sofreu um importante impulso formal com a publicação do Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho, e do quadro regulamentar correspondente.

Para além da alteração formal nas diversas áreas técnicas abrangidas, a nova legislação vem também alterar a perspetiva institucional em relação ao modo de intervir sobre o edificado existente, ao consagrar três princípios fundamentais que devem orientar qualquer intervenção de reabilitação. Esta nova perspetiva, face à alteração cultural que representa, terá uma repercussão direta em todas as fases do processo, bem como em setores paralelos ao da construção e reabilitação. Esta mudança implica, por isso, que sejam feitos esforços no sentido de acompanhar de forma estruturada e clara este novo paradigma, analisando detalhadamente os seus

pressupostos, potencialidades e condicionantes, bem como as formas de articulação com outra legislação relevante em vigor no mesmo contexto.

2.2. O Decreto-Lei n.º 95/2019: bases e princípios fundamentais da reabilitação

O Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho, veio definir um regime legal aplicável à reabilitação de edifícios e frações autónomas com o objetivo último de criar as condições necessárias para que este tipo de intervenção, agora devidamente enquadrada, assumisse um destaque particular como forma intervenção principal na cidade. Face a este novo regime, deixa de ser necessária a existência de um regime excecional e temporário para a reabilitação que vigorava desde 2014, pelo que se justifica igualmente a sua revogação.

Estruturado num total de 21 artigos, o Decreto-Lei n.º 95/2019 organiza-se em três grandes áreas:

- Os princípios fundamentais da reabilitação de edifícios;
- As alterações legislativas aos vários regulamentos em vigor;
- A definição dos instrumentos (portarias, despachos e métodos de cálculo) que o operacionalizam (Silva, 2019).

Face ao objetivo fundamental do novo regime, que se prende com "garantir a melhor articulação possível entre o desempenho dos edifícios, face às atuais expectativas de conforto e segurança, e a proteção e valorização do existente, a sustentabilidade ambiental e a melhoria proporcional e progressiva" (Decreto-Lei n.º 95/2019), os princípios basilares referidos que devem presidir a todas as intervenções de reabilitação e que se encontram agora consagrados na lei são os seguintes:

Princípio da proteção e valorização do existente

"(…)

1 — A atuação sobre o edificado existente deve sempre integrar a preocupação de uma adequada preservação e valorização da preexistência, bem como a sua conjugação com a melhoria do desempenho, que deve sempre orientar qualquer intervenção de reabilitação.

2 — A proteção e valorização das construções existentes assenta no reconhecimento dos seus valores:

a) Artísticos ou estéticos;
b) Científicos ou tecnológicos; e
c) Socioculturais.

3 — Os valores a que se refere o presente artigo assumem particular expressão no edificado corrente através das características arquitetónicas, construtivas e espaciais, que se refletem na sua singularidade e expressão de conjunto, na coerência construtiva e funcional, na adequação aos modos de vida, bem como no seu reconhecimento pela comunidade.

(…)"

- Define que a melhoria do desempenho aliada a uma filosofia de valorização da preexistência devem ser os principais vetores de uma intervenção de reabilitação. Para além do reconhecimento do valor intrínseco das construções existentes (valor artístico, estético, entre outros), ressalva-se igualmente a importância dos edifícios que constituem a principal matéria do tecido construído corrente aos quais não é atribuído, por norma e injustamente, valor patrimonial significativo. Assim, este princípio terá uma aplicação tanto mais eficaz e simples quanto maior for o esforço da caracterização e conhecimento deste edificado (Silva, 2019);

Princípio da sustentabilidade ambiental

"(…)

1 — A atividade de reabilitação deve ser orientada para a minimização do seu impacto ambiental, assumindo o desígnio da preservação dos recursos naturais e da biodiversidade, com particular incidência na redução da extração e processamento de matérias-primas, produção de resíduos e emissão de gases nocivos.

2 — A reabilitação de edifícios contribui para a sustentabilidade ambiental através do aumento da vida útil dos edifícios e deve privilegiar a reutilização de componentes da construção, a utilização de materiais reciclados, a redução da produção de resíduos, a utilização de materiais com reduzido impacto ambiental, a redução de emissão de gases com efeito estufa, a melhoria da eficiência energética e a redução das necessidades de energia, incluindo a energia incorporada na própria construção, bem como o aproveitamento de fontes de energia renováveis.

3 — No fim da vida útil de componentes ou partes da construção, esgotadas as soluções de manutenção e reabilitação, devem ser privilegiadas ações de desconstrução ou desmontagem, de modo a responder aos objetivos previstos no número anterior, em detrimento da demolição, ainda que seletiva.

(…)"

- Estabelece que a reabilitação contribui para o aumento da vida útil dos edifícios e, por isso, para a minimização do impacte ambiental das intervenções. Quando já não for possível recorrer à manutenção e reabilitação dos componentes da construção, ao invés da sua demolição, advoga- se a priorização da sua desmontagem e/ou desconstrução, privilegiando a sua eventual reutilização. Este princípio decorre da urgente concretização de uma consciência ambiental alargada que se tem vindo a instituir no domínio da construção e, sobretudo, da reabilitação (Silva, 2019);

Princípio da melhoria proporcional e progressiva:

"(…)

1 — A melhoria da qualidade de vida e da habitabilidade deve estar subjacente a todas as intervenções no edificado existente, sendo alcançada de forma gradual e proporcional à natureza da intervenção a realizar, devendo adotar -se as medidas mais adequadas que são tanto mais profundas quanto maior for a intervenção.

2 — As intervenções sobre o edificado existente devem ter em consideração uma relação custo-benefício, entendida em sentido lato, segundo diferentes perspetivas:

a) Curto e longo prazo;
b) Financeira, social e cultural;
c) Individual e coletiva;
d) Comunidade local e de uma visão global, considerando a região, país e o planeta.

- Determina que o grau de cumprimento das exigências dispostas na lei deve ser proporcional à profundidade de intervenção, e o que o objetivo último da reabilitação deve ser a melhoria da qualidade de vida. Esta adaptação gradual das exigências à intervenção a realizar permite, entre outras coisas, viabilizar a realização de pequenas intervenções que permitam melhorar efetivamente a qualidade de vida dos cidadãos e que, num quadro regulamentar desproporcionado e integralmente exigente, dificilmente seria possível realizar. Mais do que servir um só propósito, o equilíbrio 'custo-benefício' de cada intervenção deve ser entendido num sentido lato e considerando um conjunto de preocupações de igual importância, transcendendo a perspetiva individual de apenas um dos atores do processo (investidor, projetista, proprietário), mobilizando igualmente outras valências.

Ao nível das alterações regulamentares aos vários regulamentos em vigor, o Decreto-Lei n.º 95/2019 opera num conjunto de áreas técnicas específicas, nomeadamente:

- Requisitos funcionais da habitação e da edificação em conjunto;
- Segurança contra incêndios;
- Comportamento térmico e eficiência energética;
- Comportamento acústico;
- Acessibilidades em edifícios;
- Vulnerabilidade sísmica;
- Infraestruturas e telecomunicações.

Embora não esteja diretamente enquadrado no âmbito da reabilitação, o Decreto-Lei contempla ainda a segurança estrutural dos edifícios, estabelecendo a publicação de um Despacho que aprova as condições para a utilização dos Eurocódigos Estruturais nos projetos de estruturas de edifícios.

As alterações propostas têm como principal objetivo permitir novas filosofias e métodos de intervenção nas várias áreas técnicas, incorporando os princípios já apresentados.

3. POTENCIALIDADES E CONDICIONANTES DO NOVO REGIME

3.1. Três premissas subjacentes à publicação do novo regime

Admitindo como consensual a (primeira) premissa de que a regulamentação da construção em vigor foi pensada para a construção nova e é dificilmente aplicável à reabilitação de edifícios, face à especificidade do tipo de operação e à diversidade do parque construído, é lícito perguntar porque é que o novo regime aplicável à reabilitação de edifícios e frações autónomas, publicado pelo Decreto-Lei n.º 95/2019, não se limita a eliminar, atenuar ou mitigar, de forma criteriosa, as exigências e normas técnicas que se consideram desajustadas às intervenções sobre edifícios existentes.

A novidade do novo regime – e que se crê ser o seu maior potencial – está precisamente em não o fazer. A novidade está em não confundir a reabilitação com uma construção de menor valia e em não querer criar um modelo de simplificação, desarticulado e sem fundamento técnico, que renovasse os receios e perigos do anterior regime excecional e temporário para a reabilitação de edifícios, agora revogado.

Como segunda premissa admita-se que a atual regulamentação, ainda que pensada para edifícios novos, conduz sempre ao melhor desempenho nos edifícios existentes, desde que possa ser aplicada.

Aqui, o consenso é mais débil, desde logo porque se estaria a assumir o novo regime (e os princípios subjacentes à sua conceção) como um instrumento menor – e a evitar – por não conduzir, alegadamente e na generalidade dos casos, ao mesmo desempenho. Tal conclusão não merece validação técnica e científica quando os modelos de comportamento ou de cálculo subjacentes às regras ou à parametrização indireta do desempenho estão fortemente dependentes das características arquitetónicas, construtivas e tecnológicas. Conhecemos, aliás, a sua dependência das épocas e dos locais, bem como do uso, quando este é moldado pela expressão arquitetónica e construtiva.

Menos consensual ainda é a (terceira) premissa de que a atual regulamentação conduz às melhores soluções para a construção nova e que a sua aplicação não é condicionada pelas ferramentas de apoio ao projeto disponíveis e pelo processo de licenciamento.

Importa aqui sublinhar a necessidade da distinção clara entre o projeto e o processo de verificação regulamentar que, nalgumas áreas, tende a sobrepor-se ao primeiro. Sempre que se projeta apenas para cumprir regulamentos está a

desvirtuar-se o processo. Nalguns casos, a legislação aplicável a edifícios novos está obsoleta (ex: requisitos funcionais da habitação e da edificação em conjunto dispostos no Regulamento Geral das Edificações Urbanas, Decreto-Lei n.º 38382 de 1951, ainda em vigor), noutros está muito condicionada pela inexistência das ferramentas de suporte adequadas (ex: segurança contra incêndios e segurança sísmica) e, noutros ainda, condicionada por uma leitura do comportamento social e do uso da habitação, que nem sempre retrata a diversidade da realidade climática, económica e cultural nacional (ex: legislação no âmbito do comportamento térmico e eficiência energética).

3.2. A importância dos princípios na legislação

A novidade desta legislação está, sem dúvida, na definição prévia de princípios de intervenção, a montante de qualquer prescrição técnica, dando-lhes a densidade suficiente para que a sua eficácia não dependa exclusivamente de regulamentação a criar a jusante. Esta mudança de paradigma implica uma acrescida liberdade e responsabilidade dos técnicos e abre, claramente, a porta à busca de soluções inovadoras.

Dissecando o texto dos princípios, importa identificar:

a) A consagração de novos valores face à regulamentação atual;
b) O reforço e consolidação de valores já regulamentados;
c) A abertura regulamentar à inovação (tecnológica ou outra), em sentido lato.

O princípio da proteção e valorização do existente tem a sua maior e mais inequívoca expressão na consagração e densificação de valores do património corrente, até agora reservados ao património cultural edificado (ex: coerência construtiva e funcional, …).

O incentivo à inovação estende-se muito para além da fronteira do edifício (onde se sublinha a necessidade de caracterização construtiva da pré-existência, tantas vezes menorizada nas intervenções), ao implicar no processo a envolvente urbana e a comunidade.

Este princípio é, deste modo, um apelo inequívoco, às ações de caracterização de conjunto, tendencialmente de iniciativa pública, e à definição de instrumentos de apoio à intervenção (como planos de salvaguarda ou planos de pormenor, entre outros), criando pontes com os instrumentos de reabilitação urbana.

O princípio da sustentabilidade ambiental introduz a necessidade de uma visão global em matéria ambiental, onde se reforçam valores já consagrados na lei, com outros que, ainda que fazendo parte de um discurso político, científico e técnico atual ainda não estavam contemplados na legislação.

Para além desta nova responsabilização do projeto pela criação de uma resposta sustentável global e integrada, sublinhar-se-ia também como novidade a clara afirmação do valor da sustentabilidade material, que encontra maior densificação em três fases do processo: na decisão de reabilitar, na escolha dialética entre preservar e substituir materiais e componentes e, por fim, na atitude no fim do ciclo de vida.

Esta alteração não é inócua para os valores já consolidados e para a aplicação da regulamentação existente, uma vez que vem dar espaço a opções mais complexas, que se esperam mais assertivas, e que inevitavelmente vão gerar dilemas que exigem novos modelos de decisão, nomeadamente no licenciamento.

O princípio da melhoria proporcional e progressiva, poderia ter sido designado com o princípio da proporcionalidade ou mesmo o princípio do equilíbrio, não estivessem essas expressões já consagradas na lei com sentido diverso.

A propósito deste princípio, tem-se afirmado que:

a) A desproporção entre a intervenção e as exigências não deverá ser impedimento de melhoria nem motivo para a omissão, bem como não deixará de ser um incentivo à melhoria progressiva e proporcional e à busca de soluções inovadoras;

b) A abrangência deste princípio transcende a perspetiva individual de cada investidor, de cada proprietário e de cada projetista, devendo também mobilizar quem gere o território, seja por via do planeamento, dos serviços comuns, ou do controlo das operações urbanísticas.

Dos três princípios fundamentais da reabilitação de edifícios e frações autónomas, consagrados no Decreto-Lei n.º 95/2019, este é o que, numa primeira análise, mais dúvidas suscita, quer sobre a sua necessidade, quer sobre a sua eficácia.

Não obstante, julga-se que a necessidade advém de uma memória negativa de muitas ações de projeto e licenciamento em que os diversos agentes se têm confrontado com a dificuldade em, por um lado, enquadrar uma flexibilidade responsável em inúmeras pequenas intervenções e, por outro, perspetivar as intervenções num processo evolutivo do edifício em que o desempenho pode ter ritmos e etapas muito diversos.

Em matéria de eficácia, julga-se que a proporcionalidade entre as exigências mínimas e a profundidade da intervenção está garantida pela publicação das diferentes portarias de suporte ao novo regime, que têm subjacente, de forma transversal, uma filosofia de proporcionalidade entre o nível de exigência de aplicação da regulamentar a profundidade da intervenção. Exige-se, ainda assim, uma reflexão alargada sobre o modo como se pode concretizar a preocupação com a relação custo-benefício, entendida, em sentido lato, que constitui a segunda temática deste princípio.

3.3. Tensões e desafios subjacentes ao processo

O projeto "Reabilitar como Regra", que conduziu ao novo regime aplicável à reabilitação de edifícios e frações autónomas, teve sempre presente um conjunto de convicções e, também, a consciência de um conjunto inevitável de tensões, amplamente discutidas durante o processo, nomeadamente em sessões públicas.

Como convicções destacam-se as seguintes:

a) A reabilitação de edifícios deixou de ser uma mera hipótese entre tantas outras para passar a ser um desígnio. O efeito 'tempo' é inexorável e só com a reabilitação conseguimos prolongar a vida dos edifícios;
b) Existe uma semântica própria relativa à intervenção sobre o edificado e uma multiplicidade de discursos e de práticas, que não nos compete, nem se pretende, homogeneizar, mas que importa conhecer, debater e partilhar;
c) A escala do problema, que não se esgota de modo algum nos centros históricos e nos edifícios mais antigos, exige uma abordagem com um criterioso grau de generalidade e soluções fáceis de apreender e de colocar em prática;
d) A diversidade é o denominador comum do edificado a reabilitar e, por isso, uma das suas maiores riquezas, mas também das suas maiores limitações, que dificulta fortemente a abordagem regulamentar;
e) Não se pode escamotear a complexidade de algumas intervenções, quer na fase de projeto, quer na fase de construção, o que implica saber fazer essa distinção, separando processos complexos (para o qual é preciso reforçar a formação de quadros especializados) de processos mais correntes, que devem poder ter resposta pela generalidade dos atores do setor;
f) Por fim, a fortíssima convicção de que cada caso requer um tratamento singular mas com o melhor conhecimento universal.

A consciência da mais-valia dos passos dados não deve ser impeditiva de, com total transparência, identificar as tensões inerentes ao processo e que sublinham a importância de evoluir para novos desafios. De entre os temas que exigem esta abordagem complementar, numa perspetiva dialética, sublinham-se os seguintes:

a) Distinção e articulação entre a reabilitação urbana e a reabilitação de edifícios;
b) Garantia da qualidade dos projetos ou condições que permitam alcançar a qualidade;

c) Tipos de intervenção *versus* designação das operações urbanísticas;
d) Tensão entre o carácter geral da lei e a diversidade de objetos contruídos, de tipos de intervenções e de contexto;
e) Conciliação entre a imperativa simplificação dos processos e a inevitável densificação dos projetos;
f) Intenção de salvaguardar o edificado corrente *versus* capacidade formal para o fazer;
g) Multidisciplinariedade *versus* abordagens parciais especializadas;
h) Tensão entre os valores ditos universais e os valores ditos de contexto no edificado corrente;
i) Valorização da estrutura regulamentar aplicável como orientadora da prática profissional mas, simultaneamente, promotora da necessária inovação ao exercício de projeto, necessariamente flexível face ao objeto de intervenção;
j) Mudanças culturais necessárias *versus* inércia face a desafios de mudança.

4. DIVULGAÇÃO, APROXIMAÇÃO E BALANÇO PELA COMUNIDADE TÉCNICA

Não é possível afirmar que o novo regime aplicável à reabilitação de edifícios e frações autónomas tenha já tido um grande impacto no setor, por um lado porque o tempo que decorreu é apenas o suficiente para o desenvolvimento de pequenos projetos e, por outro, porque a situação de saúde pública que se vive desde o início de 2020 condicionou a atividade do setor.

Nos primeiros meses houve um esforço muito significativo das ordens profissionais, entidades ligadas à cultura, instituições de ensino superior e municípios, um pouco por todo o país, para iniciar um debate de detalhe sobre a nova regulamentação e a sua aplicação, nalguns casos já sobre domínios específicos, como a segurança contra incêndios ou a segurança sísmica. Esta dinâmica foi bruscamente interrompida no início de março, ainda que se mantivessem pequenas iniciativas online.

A ferramenta mais importante para alimentar um balanço, que é necessário, é a sua monitorização, quer pelo acolhimento e sistematização de questões e sugestões, quer pela criação de mecanismos de recolha sistemática de dados junto de municípios, relativamente aos processos de licenciamento, e ao estudo criterioso de casos singulares, mas que possam considerar-se representativos de uma realidade específica.

Neste contexto, refira-se, a título de exemplo, a importância do estudo de casos reais de aplicação a edifícios nos diferentes centros históricos (seja a casa burguesa do século XIX no Porto ou a construção na Baixa Pombalina em Lisboa), em edifícios mais recentes, por exemplo de bairros consolidados do movimento moderno, ou da intervenção em escolas ou em bairros sociais, entre outras situações com um carácter próprio e que, até 15 de Novembro de 2019, a lei simplesmente ignorava.

Importa também fazer este acompanhamento em diferentes realidades geográficas e climáticas, onde assume destaque a realidade das regiões autónomas de Açores e Madeira.

Igualmente relevante será uma monitorização por área técnica, explorando diferentes questões:

- Como estão a correr os processos relativos à segurança contra incêndios?
- Como estão a correr os processos relativos à acessibilidade?
- Como se está a encarar a avaliação da vulnerabilidade sísmica?

A recolha sistemática desta informação está ainda numa fase embrionária, mas não estará totalmente errada a perceção de que estas três áreas, em conjunto com o processo de licenciamento, são as que mais interpelações dos projetistas têm motivado, o que não causa surpresa quando se verifica que são as que incorporam maior novidade em termos de processo e de possíveis soluções. Não são, certamente, nem mais nem menos importantes que as restantes, mas, no caso das duas primeiras (as acessibilidades e a segurança contra

incêndios), a flexibilidade responsável que está agora nas mãos dos projetistas é uma importante e inovadora ferramenta.

Longe de se pretender apresentar um conjunto de questões-chave já colocadas pela comunidade técnica – tarefa que não seria possível nesta fase ainda incipiente de aplicação e monitorização – podem, a título de exemplo, apresentar e comentar duas questões recorrentes sobre o processo, suas potencialidades e condicionantes, que dão título à presente comunicação.

- **Poderá correr-se o risco dos princípios da sustentabilidade ambiental e proteção e valorização do existente contribuírem para a 'cristalização' dos edifícios, e não para a sua melhoria decorrente do processo de reabilitação?**

As preocupações transversais às operações de reabilitação, agora vertidas na lei sob a forma de três princípios orientadores, não têm como objetivo estabelecer obrigações, mas sim integrar na lei uma mudança de paradigma no setor, identificando o que devem ser preocupações-base no exercício do projeto de reabilitação, que não eram, até este momento, objeto de consagração regulamentar.

Estes princípios não têm como objetivo priorizar determinados tipos de intervenção, mas sim abrir espaço à possibilidade de efetuar determinadas obras, como as de mais pequena envergadura, que não seriam de outro modo formalmente permitidas à luz da anterior regulamentação e que podem contribuir significativamente para a melhoria das condições de vida dos cidadãos e de habitabilidade dos edifícios.

Assim, é importante referir que estes princípios não pretendem priorizar a 'cristalização' dos edifícios, mas sim a sua melhoria de forma enquadrada e ponderada.

- **O facto de o Decreto-Lei compreender um conjunto de alterações regulamentares em documentos com âmbitos de aplicação muito distintos não poderá contribuir para desincentivar a aplicação deste novo regime?**

As novas alterações regulamentares relativas à reabilitação têm períodos temporais de aplicação distintos nas várias áreas técnicas uma vez que a legislação teve percursos muito diferentes para cada um dos contextos, sendo necessário, acima de tudo, garantir a sua harmonia e continuidade.

Tomando como exemplo um edifício construído em 1980, verifica-se que este já teve de cumprir as exigências do RGEU atualmente em vigor (desde 1975) não tendo, à data da sua construção, obrigação de cumprimento do regulamento de térmica publicado em 1990. Já no caso de um edifício construído em 2010, observa-se que houve a obrigatoriedade de cumprimento de ambos os regulamentos, bem como, por exemplo, das Normas Técnicas de Acessibilidade, em vigor desde 2006. No entanto, relativamente a um edifício construído em 1940, altura em que não vigorava nenhuma destas figuras regulamentares, faz sentido que haja uma alternativa legal mais flexível e adaptada, uma vez que o edifício foi construído anteriormente à publicação da lei e apresentará, naturalmente, uma dificuldade muito maior no cumprimento integral de normas posteriores à sua construção.

Neste sentido, o facto de o âmbito da lei ser diferente não se perspetiva como uma limitação na sua aplicação, mas sim como uma forma de garantir a sua coerência. Contrariamente ao que acontecia no âmbito do revogado Regime de Exceção (Decreto-Lei n.º 54/2014), cujo âmbito de aplicação consistia em 'edifícios habitacionais ou predominantemente habitacionais construídos há mais de 30 anos', verificava- se que não só este prazo era constantemente alterado consoante o ano em vigor, como não havia qualquer esforço de adaptação do âmbito de aplicação da lei.

5. NOTA FINAL

Cita-se e comenta-se, como nota final, o parágrafo final mais substantivo do Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de Julho:

- Paragrafo 16.º do preâmbulo: *"Define-se, deste modo, um regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas, estabelecendo-se os princípios fundamentais que devem presidir a toda a reabilitação do edificado, que garantam a melhor articulação possível entre o desempenho dos edifícios, face à atuais expectativas de conforto e segurança, e a proteção e valorização do existente, a sustentabilidade ambiental e a melhoria proporcional e progressiva, para cada uma das áreas técnicas, ficando criadas as condições para que a reabilitação do edificado passe de exceção a regra e se torne na forma de intervenção predominante."*

É inequívoca a relevância e prevalência dos princípios fundamentais da reabilitação, acima discutidos, impondo uma reflexão atenta de todos os atores do processo, quer da reabilitação de edifícios, quer da reabilitação urbana, de modo a encontrar caminhos para a sua concretização.

Importa também refletir sobre o modo como a legislação existente e ainda não alterada (por não apresentar constrangimentos evidentes à especificidade da intervenção em edifícios existentes) carece de atualização para atender a estes princípios. Igual reflexão deve estar presente na natural evolução dos diplomas agora criados, nomeadamente nas portarias de suporte ao novo regime.

Assistimos em 2019 a uma alteração de fundo na legislação da construção, só comparável em termos de abrangência e mudança de paradigma à alteração regulamentar no domínio estrutural em 1983. Exige- se, pois, que daí se tirem todas as consequências em termos de formação de projetistas e licenciadores, de desenho de mecanismos de incentivo e de envolvimento da comunidade, destinatário final de todo o processo.

O princípio "Reabilitar como Regra" continua a fazer sentido se a reabilitação estiver enquadrada por políticas estruturadas como a Nova Geração de Políticas de Habitação que deu origem ao projeto, e se estiver aberto o caminho para passos maiores como a criação de um código da construção, a evolução para o digital, a afirmação da sustentabilidade material, e sobretudo, a consolidação do compromisso com qualidade de vida das populações no seu sentido mais lato.

REFERÊNCIAS

DECRETO-LEI N.º 53/2014 – **Regime excecional e temporário a aplicar à reabilitação de edifícios ou de frações, cuja construção tenha sido concluída há pelo menos 30 anos ou localizados em áreas de reabilitação urbana, sempre que estejam afetos ou se destinem a ser afetos total ou predominantemente ao uso habitacional**. Diário da república, 1.ª Série, n.º 69/2014, de 8 de abril de 2014. Revogado pelo Decreto-Lei n.º 95/2019.

DECRETO-LEI N.º 95/2019 – **Regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas**. Diário da República, 1.ª Série, n.º 136, de 18 de julho de 2019.

RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS N.º 50-A/2018 – **Aprova o sentido estratégico, objetivos e instrumentos de atuação para uma nova geração de políticas de habitação**. Diário da República, 1.ª Série, n.º 84/2018, de 2 de maio de 2018.

RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS n.º 170/2017 – **Determina a realização do «Projeto Reabilitar como Regra»**. Diário da República, 1.ª Série, n.º 216/2017, de 9 de novembro de 2017.

SILVA, R. S., 2019 – **A nova regulamentação para a reabilitação do edificado: princípios fundamentais da reabilitação de edifícios consagrados pelo Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho**. *Construção Magazine n.º 94*. ISSN 1645-1767.

ENCORE 2020

4º encontro de conservação
e reabilitação de edifícios



VISITAS TÉCNICAS

No âmbito do ENCORE 2020 foram realizadas visitas técnicas que visaram proporcionar aos participantes do Encontro a oportunidade de melhor conhecer algumas experiências reais de conservação e reabilitação. Todavia, face à conjuntura epidemiológica e de modo a melhor acolher as orientações sanitárias, o programa de visitas foi adaptado para um formato online de modo a:

Proporcionar informação sobre a prática em edifícios intervencionados, com a colaboração dos técnicos envolvidos em obras de reabilitação e conservação.

Fornecer exemplos de casos de sucesso e práticas com impacte junto da comunidade, dando a conhecer o antes e o depois da obra de forma comparada.

Observar a complexidade das intervenções de reabilitação face ao valor cultural do património e à interação com diversas entidades e agentes.

Colocar questões aos orientadores da visita e projetistas presentes, decorrendo a visita em sessão zoom seguida de espaço para perguntas, respostas e debate (formato ainda em definição).

Foram, assim, realizadas quatro visitas online – (A) Paço e Quinta de Valflores, (B) Biblioteca de Valflores, (C) Muralhas de Conímbriga, (D) Igreja de São Vicente de Abrantes – cujas fichas de caraterização são seguidamente apresentadas.

Coordenação:
Maria João Falcão Silva (LNEC)
Joana Fazenda Mendes Mourão (LNEC)
Maria Lopes Aleixo Fernandes (DGPC)




LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL




ENCORE 2020

4º encontro de conservação e reabilitação de edifícios

Lisboa | LNEC | 3-6 novembro 2020

FICHA TÉCNICA DA VISITA - PAÇO E QUINTA DE VALFLORES

Localização:

Loures, Santa Iria da Azoia



Promotores da visita:

LNEC, CM Loures, APRUPP

Autoria do projeto e empresas envolvidas:

Arquitetura, Conservação e Restauro: Pedro Pacheco e José Aguiar

Engenharia: LEB – Projectistas, Designers e Consultores em Reabilitação, Lda.

Empreitada: STAP – Reparação, Consolidação e Modificação de Estruturas, S. A.

Dono de Obra: Câmara Municipal de Loures




Percurso e conteúdos:

A visita decorre no exterior e interior do edifício, no seu atual estado de conservação, após a recente intervenção. É visitada a quinta de veraneio e sistemas hidráulicos para rega e abastecimento de água. Será possível colocar questões no momento da divulgação da visita online.

Edifício e Intervenção:

O Paço e Quinta de Valflores constituem um conjunto patrimonial quinhentista de elevado valor. A casa de campo senhorial é de configuração renascentista, inserida numa quinta de recreio e veraneio. Foi classificado como Imóvel de Interesse Público em 1982, e inserido em zona especial de proteção. Foi recentemente sujeito a conservação e será seguidamente reconstruído e utilizado para fins educativos e de investigação em património.



Links de apoio:

LRS LOURES câmara municipal




LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL




ENCORE 2020

4º encontro de conservação e reabilitação de edifícios

Lisboa | LNEC | 3-6 novembro 2020

FICHA TÉCNICA DA VISITA - BIBLIOTECA MUNICIPAL DE ALCÂNTARA

Localização:

Lisboa, Alcântara, Rua José Dias Coelho



Promotor da visita:

LNEC, CM Lisboa, Rede Bibliotecas Municipais de Lisboa, APRUPP

Autoria do projeto e empresas envolvidas:

Arquitetura: Margarida Grácio Nunes

Engenharia: TAL PROJECTO – Projectos, Estudos e Serviços de Engenharia, Lda.

Empreitada: Tecnorém – Engenharia e Construções S.A.

Dono de Obra: Câmara Municipal de Lisboa




Percurso e conteúdos:

A visita decorre no exterior e interior do edifício reabilitado, ao longo da nova biblioteca, incluindo a visita do jardim.

Participam na visita os técnicos do Município responsáveis pela Biblioteca e técnicos envolvidos no projeto. Será possível colocar questões no momento da divulgação da visita online.

Edifício e Intervenção:

O Palacete dos Condes de Burnay é um edifício dotado de características construtivas e decorativas do séc. XIX/XX, cuja reabilitação permitiu a sua devolução à cidade, enquanto Biblioteca Muncipal. Insere-se numa propriedade com jardim e poço, antiga Quinta das Ninfas.

A estratégia de intervenção incidiu na manutenção e recuperação integral, com ajustes pontuais, de todos os elementos, tirando partido da estrutura espacial existente e adaptando os usos programáticos à estrutura existente. Os atuais requisitos da construção em termos de conforto e segurança foram assegurados.



Links de apoio:

LISBOA CÂMARA MUNICIPAL

BLX BIBLIOTECAS DE LISBOA




LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL




ENCORE 2020

4º encontro de conservação e reabilitação de edifícios

Lisboa | LNEC | 3-6 novembro 2020

FICHA TÉCNICA DA VISITA - SÍTIO ARQUEOLÓGICO DE CONÍMBRIGA - MURALHA ROMANA DO BAIXO IMPÉRIO

Localização:

Conímbriga, Condeixa-a-Velha



Promotores da visita:

LNEC, DGPC / Museu Monográfico de Conímbriga – Museu Nacional; CM Condeixa

Autoria do projeto e empresas envolvidas:

Projeto: DGPC/Departamento de Estudos, Projetos, Obras e Fiscalização (Maria Fernandes, Albertina Rodrigues, Antónia Tinturé e Ana Carvalho Dias)

Empreitada: IN SITU – Conservação de Bens Culturais, Lda.

Dono de Obra: Câmara Municipal de Condeixa

Percurso e conteúdos:



A visita decorre no exterior, nas ruínas visitáveis junto aos troços A, B e C da Muralha Romana do Baixo Império. Os troços B e C já se encontram concluídos, no troço A decorrem os trabalhos de conservação e restauro que se encontram no inicio. As filmagens irão focar o estado de degradação em que se encontrava a muralha e os trabalhos em curso, de limpeza, correção de drenagem, conservação e consolidação de alvenarias, refecho de juntas em paramentos e sondagens arqueológicas no topo e base da muralha, necessários para o desenvolvimento dos trabalhos em curso.

Descrição geral:



Conímbriga, povoado pré-romano de grande antiguidade (finais do II Milénio a.C.) conservou muitos vestígios do seu urbanismo primitivo. Parte das condicionantes desse urbanismo eram naturais, como o profundo vale do Rio de Mouros, a sul, que se prolonga para o vale norte sob a aldeia de Condeixa-a-Velha. Atualmente a cidade Romana está escavada em cerca de 17% da sua máxima extensão, que terá sido atingida em meados do século I, devido aos troços ainda visíveis da Muralha do Alto Império. Em finais do século II a degradação da situação militar nas fronteiras e a instabilidade política levou à diminuição do perímetro e à construção da Muralha do Baixo Império, deixando de fora edifícios importantes, como a Casa dos Repuxos e o Anfiteatro. A Muralha do Baixo Império é uma imponente construção militar, restaurada durante o século XX pela extinta DGEMN e cujos troços em circuito visitável se encontram em trabalhos de conservação. Área classificada Monumento Nacional desde 1910, alargada em 1967 integrando o aqueduto e nascente em Alcabideque, tem zona especial de proteção desde 1971. Conímbriga constitui um dos mais importantes, senão mesmo o sítio arqueológico mais representativo do legado Romano em Portugal.

Links de apoio: 1 2 3

REPÚBLICA PORTUGUESA CULTURA

PATRIMÓNIO CULTURAL Direção-Geral do Património Cultural

CONDEIXA CÂMARA MUNICIPAL




LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL




ENCORE 2020

4º encontro de conservação e reabilitação de edifícios

Lisboa | LNEC | 3-6 novembro 2020

FICHA TÉCNICA DA VISITA - IGREJA DE S. VICENTE DE ABRANTES - CONSERVAÇÃO E RESTAURO DO PATRIMÓNIO INTEGRADO

Localização:

Abrantes, Distrito de Santarém

Promotores da visita:

LNEC; DGPC; CM Abrantes

Autoria do projeto e empresas envolvidas:

Projeto: DGPC/ Departamento de Estudos, Projetos, Obras e Fiscalização (Maria Fernandes, Albertina Rodrigues, Antónia Tinturé, Irene Frazão e Maria José Moinhos)

Empreitada: NOVA CONSERVAÇÃO – Restauro e conservação do património artístico-cultural, S.A.

Dono de Obra: Câmara Municipal de Abrantes





Percurso e conteúdos:

A visita decorre no exterior e sobretudo no interior da igreja onde decorrem os trabalhos de conservação e restauro do património integrado respeitante a dois altares laterais e da pintura mural existente em abóbadas. Os trabalhos de restauro nos vestígios de pintura mural das abóbadas já se encontram concluídos e apresentam características invulgares, como folha de ouro e alterações do pigmento branco chumbo. Existe pintura a fresco do século XVI/XVII e pintura a seco posterior. Em curso decorrem os trabalhos de estabilização e restauro dos altares construídos em cantaria policromada, com incidência na degradação da pedra de Ançã e nas dificuldades e processos usados para a sua estabilização e fixação da policromia ainda existente. A igreja sofreu vários programas de decoração artística visíveis nas alterações dos altares laterais com a construção no interior de talha dourada e retábulos, que destruíram os originais em pintura mural. As filmagens irão focar os trabalhos em curso no altar em talha dourada, no altar em retábulo, nos altares em pedra policromada, nos trabalhos de restauro das telas pertencente a um dos altares, assim como na limpeza e consolidação dos vestígios de pintura mural que ainda se encontraram após a remoção das telas.

Em 2017 a igreja foi objeto de conservação exterior, nas coberturas, fachadas, caixilhos e drenagem.

REPÚBLICA PORTUGUESA
CULTURA

PATRIMÓNIO CULTURAL
Direção-Geral do Património Cultural

abrantes
cidade centenária

Descrição geral:

A igreja de S. Vicente é um magnífico exemplar arquitetónico do século XVI, com património integrado de valor artístico invulgar, representativo de quase todas as áreas desde a pintura mural, cantaria policromada, talha dourada, retábulos e património azulejar. A Igreja tem três naves, onde é possível encontrar pelo menos três programas decorativos sobrepostos. A igreja contém ainda um conjunto de património móvel. Monumento Nacional desde 1928, afecta à DGPC desde 2012.





Links de apoio: 1 2

Apoios















Apoios Institucionais

























Media Partners













http://encore2020.lnec.pt

ISBN 978-972-49-2313-0

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL
tel. (+351) 21 844 30 00 • fax (+351) 21 844 30 11
lnec@lnec.pt **www.lnec.pt**

