

IMPACTO DA REABILITAÇÃO NA MELHORIA DA RESILIÊNCIA DE EDIFÍCIOS ESCOLARES PÚBLICOS

THE IMPACT OF THE PROGRESS OF THE RESILIENCE OF PUBLIC-SCHOOL ARCHITECTURE

[10.29073/rae.v1i1.658](https://doi.org/10.29073/rae.v1i1.658)

Receção: 18/07/2022 Aprovação: 28/09/2022 Publicação: 07/01/2023

Maria João Falcão Silva ^a, Filipa Salvado ^b, Nuno Almeida ^c

^aLaboratório Nacional de Engenharia Civil; mjoaofalcao@lnec.pt; ^bLaboratório Nacional de Engenharia Civil; ava@lnec.pt; ^cInstituto Superior Técnico; nunomarquesalmeida@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

A segurança das pessoas e o elevado valor dos bens construídos e dos seus conteúdos, bem como a sua criticidade na satisfação das necessidades básicas e bem-estar das comunidades, sempre suscitaram preocupações quanto à sustentabilidade, resiliência e fiabilidade do ambiente construído. A resiliência dos ativos construídos está frequentemente ligada à formulação de políticas e estratégias para o ambiente construído após eventos catastróficos ou traumáticos. É um conceito multidimensional que abrange aspetos físicos, infraestruturais, ambientais, económico-sociais, regulamentares e organizacionais. O presente artigo apresenta os resultados da aplicação de um sistema de classificação de resiliência assente numa abordagem holística, abrangente e sistemática, a diferentes tipos de edifícios, em qualquer fase do seu ciclo de vida. Em particular, analisa a resiliência de edifícios de escolas públicas portuguesas a diferentes riscos do ponto de vista da engenharia, nomeadamente no que diz respeito à segurança estrutural e de manutenção do edifício. Os edifícios escolares analisados, construídos ao longo do século XX, tiveram intervenções alargadas, entre 2009 e 2011, no âmbito de um programa nacional de investimento público. Os edifícios foram analisados antes e após intervenções de reabilitação. Relativamente a indicadores económicos e a investimento potencial, nota-se que as intervenções de reabilitação apresentam impacto positivo na classificação da resiliência.

Palavras-Chave: Resiliência urbana, edifícios, gestão de ativos, sistema de classificação, apoio à decisão

ABSTRACT

The safety of people and the high value of constructed assets and their contents, as well as their criticality in fulfilling the basic needs and the well-being of communities, have always prompted concerns regarding the built environment sustainability, resilience, and reliability. The constructed assets' resilience is often linked with policymaking and strategies for the built environment in the aftermath of catastrophic or traumatic events. It is a multi-dimensional concept covering physical, infrastructural, environmental, economic-social, political-regulatory, and organizational. This paper presents the results of applying a resilience rating system as a comprehensive and systematic holistic approach. This system can be applied to different types of buildings, at any stage of their life cycle. It analyses the resilience of Portuguese public-school buildings to different risks from an engineering point of view, namely regarding structural safety and maintenance of the school building. These schools, built in the 20th century, had long-term interventions, between 2009 and 2011, within the framework of a national investment program. The buildings were analysed before and after different types of rehabilitation interventions. Regarding economic indicators and potential investment, it should be noted that rehabilitation interventions have a positive impact on the resilience rating.

Keywords: Urban resilience, buildings, asset management, classification system, decision support

1. INTRODUÇÃO

A resiliência dos edifícios e obras de engenharia civil tem despertado a atenção de diversos intervenientes, incluindo profissionais de engenharia de diversas áreas, cientistas,

organismos de normalização, investidores e instituições financeiras, agências reguladoras, grupos de utilizadores de diversos, bem como serviços administrativos a nível nacional e regional e entidades gestoras de ativos (GA).

Esse interesse decorre da visão mais ampla de que a resiliência é uma questão fundamental para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, em particular no que diz respeito às questões humanitárias e à necessidade de fornecer ao público em geral, incluindo grupos vulneráveis, um ambiente que possa se adaptar melhor aos riscos de ocorrência de desastres futuros (Sarhosis et al. 2019).

Os mais recentes esforços de normalização levaram a uma maior consciencialização para a necessidade de uma visão estruturada da resiliência de edifícios e obras de engenharia civil, nomeadamente no que diz respeito ao próprio conceito e aos riscos e medidas decorrentes da ocorrência de catástrofes, naturais ou infligidas pela ação humana. Em relação aos conceitos fundamentais, a ISO 22845 (ISO/TR 22845, 2020) classifica a resiliência em diferentes contextos, bem como as definições de resiliência que estão atualmente em desenvolvimento. As medidas incluídas neste documento resumem as informações típicas existentes sobre o conceito de resiliência, risco de desastres e contramedidas para resiliência de edifícios e obras de engenharia civil na forma de normas, diretrizes, entre outras (Bernard e Westergaard, 2011).

Neste sentido, e tendo por base diversos documentos internacionalmente reconhecidos, entre eles a norma ISO/TR 22845 (ISO/TR 22845, 2020), é possível o desenvolvimento de uma proposta para um sistema de classificação de resiliência para aplicação a diferentes tipos de edifícios e obras de engenharia (Duarte et. al., 2021a).

2. ENQUADRAMENTO

Dado que a resiliência representa a capacidade de um edifício resistir, absorver, acomodar, adaptar, transformar e recuperar dos efeitos do perigo, é necessário compreender a importância dos riscos de desastres que são pré-requisitos para o desenvolvimento de padronização para resiliência de edifícios e obras de engenharia civil (Duarte et. al, 2021b).

Existem diferentes usos do conceito de "resiliência" em torno de quatro conceitos básicos: i) resiliência como recuperação do trauma e restauração do equilíbrio; ii) resiliência como sinónimo de robustez; iii) resiliência como o oposto da fragilidade, ou seja, como extensibilidade graciosa quando a surpresa desafia limites; e iv) resiliência como arquiteturas de rede que podem suportar a capacidade de adaptação a surpresas futuras à medida que as condições evoluem (Duarte et. al, 2021c).

Os esforços mais recentes ao nível da normalização conduzem à consciencialização da necessidade de um panorama estruturado de informação sobre a resiliência de edifícios e obras de engenharia civil, nomeadamente no que diz respeito ao próprio conceito e aos riscos e medidas de desastres. Em relação a conceitos fundamentais, a ISO/TR 22845 (ISO/TR 22845, 2020) classifica a resiliência em diferentes contextos, bem como as definições de resiliência que se encontram atualmente em desenvolvimento. Para riscos de desastres, esta norma internacional define três tipos: i) induzidos pelo clima, ii) induzidos por sismos; e iii) induzidos por mão humana.

Considerando que a vida útil das edificações e obras de engenharia civil é de dezenas ou mesmo centenas de anos, também é necessário considerar as possibilidades futuras de riscos e eventos naturais extremos. São mencionadas duas categorias de riscos de desastres naturais relacionados a edifícios e obras de engenharia civil: i) induzidos pelo clima; ii) induzida por sismos. As medidas incluídas neste documento sintetizam a informação relevante para a estratégia e, nomeadamente, sob a forma de normas, orientações, entre outros (Bernard e Westergaard, 2011) (Duarte, 2021).

3. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE RESILIÊNCIA

Esta secção apresenta um sistema de classificação de resiliência desenvolvido em um projeto de investigação anterior, com métricas padronizadas e classificação simplificada para entender e avaliar a resiliência de edifícios em relação a desastres naturais. O sistema foi desenvolvido com base

numa abordagem holística, abrangente e sistemática, permitindo a sua aplicação a diferentes tipos de edifícios (escolares, industriais, comerciais, residenciais, hoteleiros, etc.), em qualquer fase do seu ciclo de vida (projeto, construção, exploração, etc) (Duarte, 2021).

A ferramenta proposta simplifica a identificação da resiliência e fragilidades dos edifícios em análise, permitindo uma fácil comunicação e comparação, quer ao longo do tempo relativamente ao mesmo edifício ou a outros. Destina-se a todos os envolvidos nos processos de construção, manutenção e gestão de ativos construídos, como projetistas, empreiteiros, gestores de projeto, proprietários e até companhias de seguros, mais concretamente as dedicadas a questões de âmbito municipal, cuja necessidade de determinar a resiliência do edifício e da comunidade é alto (Duarte et. al, 2021c).

Considera-se necessária uma abordagem profunda a vários níveis, buscando minimizar as interdependências, e para isso foi considerada uma estrutura hierárquica de três níveis, composta por dimensões, indicadores e parâmetros. Cada parâmetro é avaliado de acordo com determinados critérios de avaliação.

O trabalho desenvolvido para o sistema de classificação de resiliência é recursivo, com itens e critérios de avaliação calibrados e aprimorados a cada iteração. A definição de indicadores e parâmetros visa avaliar a resiliência e facilitar os procedimentos de comunicação e consulta. Os parâmetros subdividem os indicadores e, por sua vez, cada conjunto de indicadores expressa de forma mais detalhada cada uma das dimensões mencionadas acima. A seleção foi fundamentada por meio de revisão de literatura prévia, patente no enquadramento conceptual, tendo em conta que: (i) os parâmetros selecionados são passíveis de mensuração; (ii) as informações estão disponíveis para sua quantificação e (iii) é desejável evitar sobreposições ou repetição de métricas.

3.1. ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO

O modelo de classificação de resiliência proposto para ativos construídos procura basear-se na norma ISO/TR 22845 (ISO/TR 22845, 2020) com foco em desastres naturais cuja exposição nacional é alta ou média, adaptado de: sismos, inundações (urbanas, fluviais, marítimas), incêndios e tsunamis. O modelo proposto possui uma estrutura hierárquica com três camadas: dimensões, indicadores e parâmetros e segue os seguintes princípios: i) Minimizar a redução de desempenho; ii) Minimizar o tempo de recuperação após um evento e iii) Maximizar a capacidade de recuperação (Peer review, 2019).

O modelo de classificação proposto, de base semiquantitativo, é fundamentado em sistemas de classificação de resiliência existentes e sistemas de classificação de sustentabilidade que são razoavelmente maduros (Peer review, 2019) (Burroughs, 2017) (VRS, 2017) (Cerè et. al., 2019). Neste sentido, torna-se possível graduar níveis progressivos de desempenho para cada indicador garantindo: i) linguagem acessível, tanto em termos quanto em conceitos, que permita a compreensão por pessoas que trabalham ou são qualificadas na gestão de instalações e bens construídos relacionados, ii) critérios aplicáveis a edifícios com diferentes tipos de uso e iii) identificação do nível de atenção necessário para a análise de indicadores e dimensões [5]. A escala observável adotada atende às recomendações da ISO 11863 (ISO 11863, 2011), pois considera 5 níveis diferentes expressos em números inteiros de um dígito em uma escala de 1,3,5,7 e 9, onde 1 corresponde ao pior desempenho e 9 para o melhor (Almeida, 2011) (ISO 11863, 2011) (Duarte, et. al., 2021a) Essa escala permite a utilização de níveis pares quando a avaliação correta está entre dois níveis (Tabela 1).

Por uma questão de simplicidade, a ponderação de cada parâmetro na proposta de teste piloto é considerada de igual importância. Isso permite a identificação do desempenho geral do edifício e o desempenho dos aspetos individuais. Para uma interpretação mais clara da pontuação final, a pontuação numérica

pode ser transposta em classes de resiliência de F a A++ (Tabela 1 e Figura 1) permitindo que a diferenciação dos níveis de resiliência seja compreendida e intuitiva.

Tabela 1 – Sistema de classificação

Calibração genérica	Pontuação média	Classe
Excecionalmente exigente	9	A++
	[8,9[A++
Claramente mais alto que o normal, mas não excecionalmente exigente	[7,8[A+
	[6,7[A
Típico, médio ou normal	[5,6[B
	[4,5[C
Claramente inferior ao normal, mas aceitável em algumas situações devidamente justificadas	[3,4[D
	[2,3[E
Excecionalmente inferior ao normal, mas aceitável em situações excecionais devidamente justificadas	[1,2[F

Fonte: (Duarte et. al., 2021a)

Figura 1 – Escala de avaliação proposta



Fonte: (Duarte et. al., 2021a)

3.2. MÉTRICAS DE CLASSIFICAÇÃO

A definição de indicadores e parâmetros visa avaliar a resiliência e facilitar os procedimentos de comunicação e consulta. Os parâmetros subdividem os indicadores e, por sua vez, cada conjunto de indicadores expressa com mais detalhes cada uma das dimensões mencionadas acima. A sua seleção foi comprovada por meio do resultado da revisão de literatura, considerando que: i) os parâmetros selecionados são passíveis de mensuração; ii) há informação disponível para sua quantificação e iii) é desejável evitar sobreposição ou repetição de métricas (Duarte

et. al, 2021c). Uma lista inicial de mais de 200 indicadores, divididos por 5 dimensões (ambiental, econômica, organizacional, social, técnica) foi revista e reduzida a 16 indicadores, que foram subdivididos em 75 parâmetros que melhor se adequam ao objetivo do sistema de classificação pretendido (Duarte, 2021). Os principais impulsionadores do processo de revisão foram a eliminação da repetição de indicadores e daqueles que expressam uma perspectiva ao nível das preocupações urbanas e comunitárias, mas que não melhoram necessariamente a resiliência ao nível dos bens construídos. Os critérios de avaliação definidos para cada parâmetro foram

inicialmente estabelecidos com base nos limites de diferentes métricas. Espera-se que o processo de revisão e calibração dos indicadores, parâmetros e critérios de avaliação seja iterativo. O processo deve ser monitorizado quanto à influência de julgamentos ou opiniões, falta de dados e dificuldade de quantificação (NP ISO 31000, 2018).

A dimensão Ambiental (D1) inclui 4 indicadores (I1-Terremoto, I2 - Tsunami e efeito de maré, I3 - Inundação, I4 - Incêndio) e 25 parâmetros (P1- Zoneamento sísmico - tipo 1 EC8; P2 - Zoneamento sísmico - tipo 2 EC8 ; P3 - Vulnerabilidade sísmica dos solos do PDM; P4 - Declividade do terreno; P5 - Tipo de solo EC8; P6 - Distância às falésias; P7 - Altitude do terreno; P8 - Distância à costa; P9 - Distância à rio; P10 - Barreiras naturais no entorno; P11 - Barreiras artificiais no entorno; P12 - Objetos móveis; P13 - Linhas construídas entre a costa e o prédio; P14 - Suscetibilidade ao efeito direto das marés PDM; P15 - Localização relativa ; P16 - Distância ao rio ; P17 - Barreiras naturais no entorno; P18 - Barreiras artificiais no entorno; P19 - Vulnerabilidade a enchentes PDM; P20 - Distância à vegetação; P21 - Densidade da vegetação; P22 - Estado de manutenção de vegetação; P23 - Tipo de vegetação; P24 - Edifícios adjacentes; P25 - Proximidade da indústria I zona). Essa dimensão busca promover uma compreensão ampla das questões ambientais, com foco na vulnerabilidade da área a desastres naturais nas categorias alta e média adaptadas (Peer Review, 2017). Os parâmetros foram calibrados para o caso de Portugal, proporcionando uma visão geral das potenciais ameaças, bem como a determinação das características intrínsecas da área de estudo, como altitude, distância ao mar e ao rio, declive, etc., que aumentam a propensão ao risco determinado. A avaliação relacionada aos desastres naturais deve ser realizada para o presente e o futuro, considerando que as mudanças climáticas modificam a frequência e a intensidade dos desastres (Duarte et. al, 2021c).

A dimensão Económica inclui 2 indicadores (I5 - Seguros; I6 - Implicações financeiras e

estratégicas) e 3 parâmetros (P26 - Seguro contra catástrofes naturais; P27 - Plano financeiro; P28 - Avaliação económica de paragens). Os aspetos económicos são cruciais para tornar um ativo resiliente e podem afetar muito a qualidade da edificação, principalmente durante e após sofrer os impactos de um desastre natural (Cerè et. al, 2019). Estudos recentes mostram que uma boa gestão económica e uma disponibilidade financeira consistente melhoram a resposta a desastres naturais, e o período de recuperação é encurtado. Essa dimensão está relacionada à capacidade monetária do proprietário diante das perturbações impostas, incluindo gastos com reparos, perdas de bens e perdas monetárias com atividades temporariamente encerradas (Duarte et. al, 2021c).

A dimensão Organizacional inclui 2 indicadores (I7 - Organização interna; I8 - Organização externa) e 10 parâmetros (P29 - Plano de continuidade de negócios; P30 - Análise de gestão de risco; P31 - Plano de recuperação pós-desastre; P32 - Rotina; P33 - Planos e pós -exercícios de desastres; P34 - Aprendizado e atualização; P35 - Dados de eventos destrutivos; P36 - Responsável; P37 - Conformidade com o cenário regulatório existente; P38 - Padrões externos para construção resiliente). A capacidade organizacional das edificações está relacionada à capacidade de gestão em situações de ocorrência de emergência, ou seja, tomada de decisão do proprietário em relação à identificação, monitoramento e gestão de riscos. Esta dimensão tem como foco o pré-desastre, promovendo ações preventivas que reduzam os impactos dos desastres naturais, garantindo um bom desempenho da edificação, minimizando as consequências danosas e criando o mínimo de perturbação para os usuários (Atrachali et. al., 2019). Também foram considerados temas fora do alcance do proprietário, como o atendimento ao cenário regulatório existente e a utilização de outros padrões de resiliência. Esses indicadores garantem a segurança da construção e contribuem para a preparação das edificações diante dos obstáculos existentes, auxiliando na identificação e

priorização de problemas (Duarte et. al, 2021c).

A dimensão Social inclui 2 indicadores (I9 - Infraestruturas de emergência; I10 - Responsabilidade Social) e 7 parâmetros (P39 - Acesso a esquadras; P40- Acesso a quartéis de bombeiros; P41 - Acesso a infraestruturas de emergência; P42 - Acesso a hospitais e centros de saúde; P43 - Ocupantes; P44 - Divulgação; P45 - Vulnerabilidade social). A dimensão social procura relacionar o edifício com a sociedade e a comunidade envolvente, que estão intrinsecamente relacionadas, sobretudo em momentos de stress, cuja resposta individual é difícil de identificar e parametrizar, mas é importante ter em conta. Estudos efetuados em comunidades resilientes mostram que cidades atentas e sensíveis aos indivíduos estão mais bem preparadas para desastres, reduzindo suas consequências (Cutter et. al., 2003) (Cutter et. al., 2000), o mesmo pode ser dito para os ativos construídos. Neste sentido, foram considerados fatores como a vulnerabilidade social da edificação, que corresponde ao número de idosos, crianças e pessoas com deficiência. Além disso, pretende-se enfatizar o papel dos cidadãos na resposta aos desastres e a proximidade do edifício às infraestruturas da comunidade, como bombeiros, esquadras, hospitais, etc (Duarte et. al, 2021c).

A dimensão técnica inclui 6 indicadores (I11 - Conservação; I12 - Acessibilidade; I13 - Segurança sísmica predial; I14 - Segurança predial contra incêndio; I15 - Segurança predial contra inundações; I16 - Segurança predial contra tsunamis) e 29 parâmetros (P46 - Ano de construção; P47 - Sistema estrutural; P48 - Estado de conservação; P49 - Densidade das edificações; P50 - Trajetos alternativos; P51 - Características das ruas; P52 - Irregularidade do plano; P53 - Irregularidade de cotas; P54 - Interação com edificações adjacentes; P55 - Desfasamento; P56 - Junta de dilatação; P57 - Distância entre vãos sobrepostos; P58 - Instalações de gás;

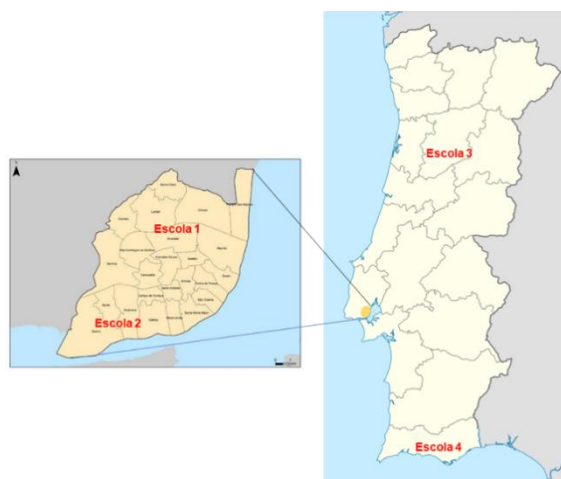
P59 - Sistemas de controlo e evacuação de fumos; P60 - Meios intrínsecos de combate; P61 - Instalações elétricas; P62 - Compartimento de incêndio; P63 - Equipa de segurança; P64 - Incêndio exterior hidrantes; P65 - Iluminação e sinalização de emergência; P66 - Extintores de incêndio; P67 - Detecção e alarme de incêndio; P68 - Vias de fuga; P69 - Barreiras; P70 - Sistemas de bombeamento de enchentes; P71 - Exposição da parede ls; P72 - Número de andares (inundação); P73 - Número de andares (tsunami); P74 - Orientação; P75 - Hidrodinâmica do piso térreo). Esta dimensão centra-se nas características técnicas e físicas do edifício e da sua envolvente, que são cruciais para garantir a resistência aos desastres naturais e minimizar os danos causados pelos mesmos (Atrachali, et. al, 2019). Esta dimensão deriva de abordagens técnicas e está relacionada com a componente de engenharia de um edifício, que inclui a segurança estrutural, mecânica, elétrica e hidráulica e a avaliação das vulnerabilidades físicas do edifício face aos desastres naturais acima identificados. As estratégias de redundância e robustez do edifício estão incluídas nesta dimensão, como melhorias além do código de construção ou instalação de sistemas de proteção contra desastres naturais (NP ISO 31000, 2018). São consideradas nesta dimensão características intrínsecas da construção como idade, número de pisos, irregularidades, qualidade de construção, estado atual e estado de conservação. As características da envolvente também devem ser analisadas, principalmente pelo seu impacto na recuperação pós-desastre (Atrachali, et. al, 2019) como a acessibilidade da edificação que depende de vários aspetos, como a existência de rotas alternativas, características das vias e densidade da edificação (Duarte et. al, 2021c).

4. CASO DE ESTUDO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ATIVOS

Este caso estudo compreende 4 escolas distribuídas por 3 zonas geográficas de Portugal Continental (Figura 2).

Figura 2 – Localização geográfica dos edifícios escolares objeto de estudo



A Escola 1 (Zona Norte da Cidade de Lisboa), cuja área bruta de construção é de 10000m², foi construída no período 1950-60 com tipologia construtiva tipo Liceu, é isolada, regular em altura e em planta, com 3 pisos e 1 cave. A estrutura é constituída por paredes resistentes em betão armado assentes em micro-estacas (Figura 3).

Figura 3 – Escola 1: a) Vista do exterior; b) detalhe do interior



A Escola 2 (Zona ribeirinha da Cidade de Lisboa), com área de construção bruta de 13.276m², foi construída em 1958 com tipologia construtiva Industrial e Comercial, é

isolada, regular em altura e planta, tem 3 pisos e 1 cave. A estrutura também é constituída por paredes resistentes em betão armado assentes em micro-estacas. (Figura 4).

Figura 4 – Escola 2: a) Vista do exterior; b) detalhe do interior


A Escola 3 (Interior Norte - Distrito de Viseu), cuja área de construção bruta é de 11.300m², foi construída em 1987 com tipologia construtiva tipo pavilhão, é isolada, regular em

altura e planta e tem 2 pisos. A estrutura do edifício é pré-fabricada em betão (pré-fabricação ligeira) (Figura 5).

Figura 5 – Escola 3: a) Vista do exterior; b) detalhe do interior


A Escola 4 (Sul Litoral – Distrito de Faro), com área de construção bruta de 16.200m², foi construída em 1975 com tipologia construtiva tipo pavilhão é isolada, regular em altura e

planta, tem 2 pisos. A estrutura do edifício é pré-fabricada em betão (pré-fabricação pesada) (Figura 6).

Figura 6 – Escola 4: a) Vista do exterior 2; b) vista do exterior 1


Estes quatro edifícios escolares tiveram intervenções alargadas, entre 2009 e 2011, no âmbito de um programa de investimento público. Os materiais e soluções construtivas adotados tiveram em conta as necessidades atuais (requisitos regulamentares e legislativos) bem como o sistema de manutenção a implementar. As intervenções contemplam equipamentos, instalações e projetos técnicos atualmente exigidos no âmbito legislativo, segurança estrutural, reforço sísmico e aspetos de segurança contra incêndio (Parque Escolar, 2010).

4.2. RESULTADOS

A Figura 7a, Figura 8a, Figura 9a e Figura 10a compreendem os resultados considerando as cinco dimensões analisadas, enquanto a Figura 7b, Figura 8b, Figura 9b e Figura 10b correspondem aos resultados obtidos para os principais indicadores representativos considerando o tipo de estrutura, o modelo de classificação da resiliência proposto e o tipo de intervenções correspondentes aos custos anteriormente referidos. A descrição do tipo de intervenções não é objeto do presente trabalho.

Figura 7 – Classificação da resiliência - Escola 1: a) Dimensões, b) Indicadores

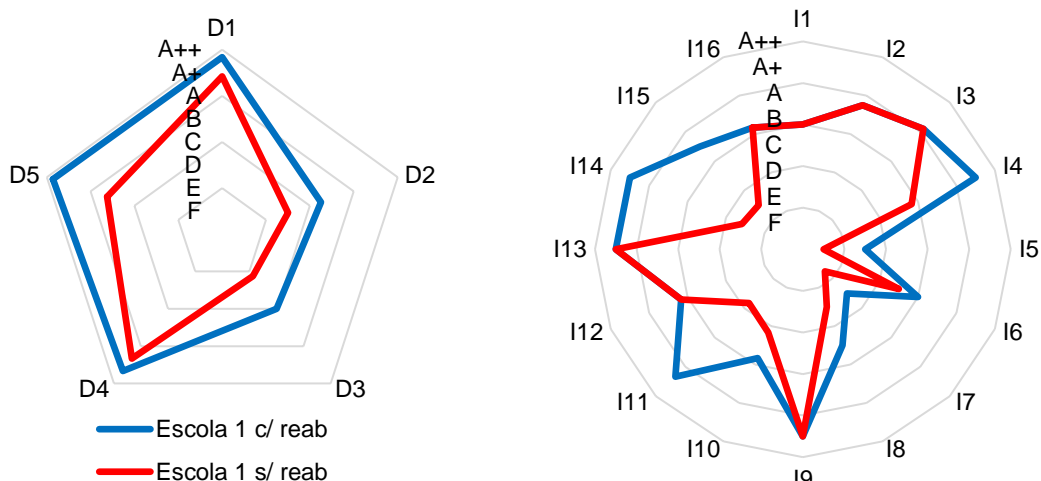


Figura 8 – Classificação da resiliência - Escola 2: a) Dimensões, b) Indicadores

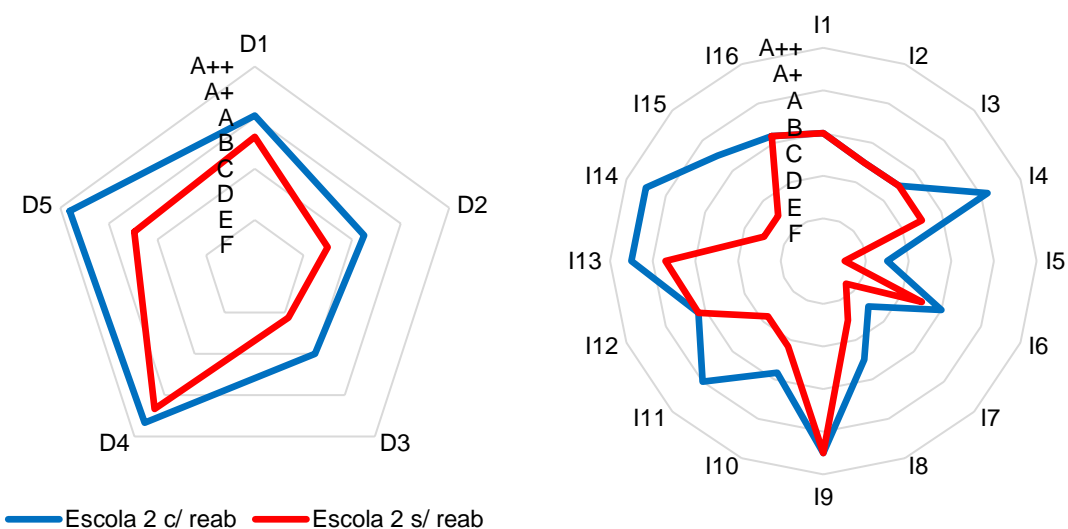
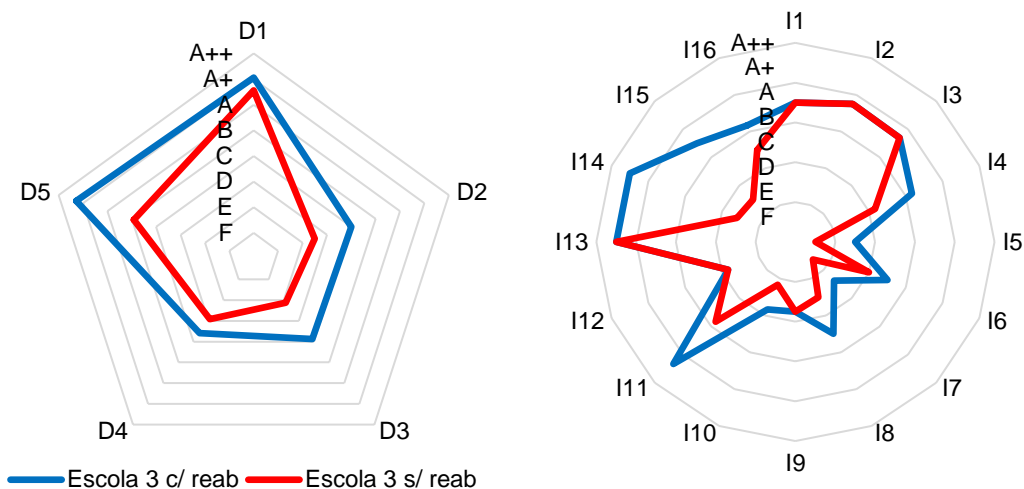
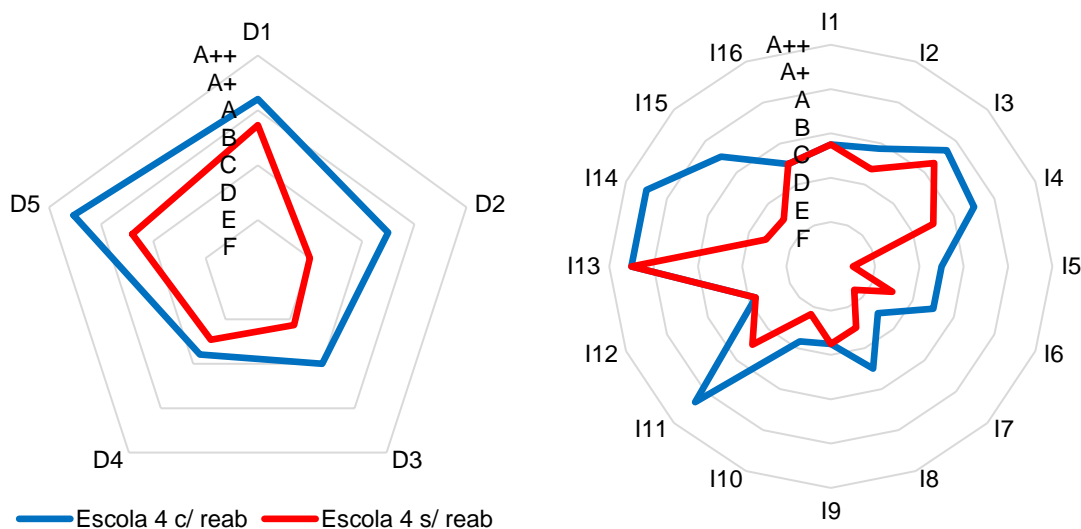


Figura 9 – Classificação da resiliência - Escola 3: a) Dimensões, b) Indicadores

Figura 10 – Classificação da resiliência - Escola 4: a) Dimensões, b) Indicadores


No que se refere à melhoria dos aspetos de resiliência, o desempenho de um ativo depende das suas partes integrantes, referindo-se a título de exemplo: i) estrutura; ii) serviços e equipamentos; iii) fachadas exteriores, coberturas e compartimentação interior; iv) paisagismo.

Para que os gestores de ativos realizem uma análise económica para apoio à decisão em intervenções de reabilitação, que promovam e

potenciem a resiliência, são definidos indicadores de desempenho relacionados com os custos de intervenção (custo total – CT; estrutura – E; serviços e equipamento – SE; fachadas exteriores, coberturas e compartimentação interior – FECCI; arranjos exteriores – AE) para cada parte integrante e para cada uma das escolas analisadas (Tabela 2), com base em trabalhos de investigação anteriores desenvolvidos (Salvado, 2019).

Tabela 2 – Custos de intervenção total (CT) e pelas diferentes rubricas (em €/m²)

Escola	E	SE	FECCI	AE	CT
1 (Lisboa cidade – zona Norte)	27,38	87,29	173,28	7,48	295,43
2 (Lisboa cidade - zona ribeirinha)	33,20	107,10	232,62	68,15	441,07
3 (Interior Norte– Distrito de Viseu)	50,09	136,73	291,02	29,84	507,68
4 (Litoral Sul – Distrito de Faro)	40,23	105,62	310,67	14,53	471,05

Analisando as Figuras 1 a 4, verifica-se que os 4 edifícios escolares tiveram melhoria da classe de resiliência em todas as dimensões. Salienta-se que os edifícios se encontravam todos com um elevado grau de degradação, o que justifica o elevado investimento em intervenções de reabilitação (ver Tabela 2) e consequentemente na melhoria da sua resiliência.

Relativamente às clases de resiliência por indicador, verificam-se também melhorias. No entanto, diversos indicadores, que não dependem intrinsecamente do edifício, mas sim de fatores de cariz mais extrínseco, mantiveram-se sensivelmente no mesmo nível de classe de resiliência, alguns para as quatro (4) escolas estudadas e outros apenas para uma (1) delas, respetivamente : I1-Terremoto, I9 - Infraestruturas de emergência, I12 – Acessibilidade, I13 – Segurança sísmica do edifício e I16 – Segurança do edifício contra tsunamis.

5. CONCLUSÕES

O trabalho apresentado contribui para uma discussão sobre formas de medir a resiliência de ativos construídos, nomeadamente com base num sistema de classificação de resiliência composto por 5 dimensões, 16 indicadores e 75 parâmetros. O sistema de classificação proposto considerado no âmbito do presente estudo contempla não apenas as qualidades intrínsecas do edifício, mas também a sua interdependência com a comunidade, com a envolvente e com os utilizadores em contexto pós-desastre. O sistema de classificação de resiliência usado permite que diferentes intervenientes identifiquem quais os aspetos que nos ativos construídos, e de forma eficiente e rápida, devem ser melhorados para que seja possível estabelecer prioridades de investimento com vista a aumentar a sua resiliência perante a ocorrência de eventos extremos. Esta

informação pode ser útil para todos os intervenientes, ou seja, o proprietário, gestores de ativos, seguradoras e entidades municipais, permitindo uma melhor perceção do importante contributo dos ativos construídos para a construção de comunidades resilientes.

Em relação aos indicadores económicos, nota-se que as intervenções de reabilitação têm um impacto positivo no score de resiliência (de acordo com a escala de avaliação apresentada). O investimento nas intervenções de reabilitação é diretamente proporcional ao aumento do nível de resiliência. No entanto, ainda é necessário desenvolver trabalhos complementares para implementar a avaliação proposta em número e diversidade representativa dos tipos de ativos construídos, bem como ampliar o âmbito de aplicação do sistema de classificação multivariado proposto com relação a outros tipos de riscos (por exemplo, riscos induzidos pelo homem) e a identificação de medidas compensatórias e a sua classificação.

REFERÊNCIAS

- Almeida, N. (2011). “Modelo de gestão técnica de edifícios baseada no desempenho e no risco”. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.
- Atrachali, M., Ghafory-ashtiany, M., Aminhosseini, K., (2019). “Toward quantification of seismic resilience in Iran: Developing an integrated indicator system”. *International Journal Disaster Risk Reduction*, vol. 39, p. 101231.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101231>.
- Bernard, J.; Westergaard, H. (2011). Concrete durability in marine environments. *Proceedings of 9th International Conference on Durability*, 7, pp. 215-223.

- Burroughs, S. (2017). Development of a Tool for Assessing Commercial Building Resilience. University of Canberra, ACT 2601 Australia. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.263>.
- Cerè, G., Rezgui, Y., Zhao, W., (2019). Urban-scale framework for assessing the resilience of buildings informed by a Delphi expert consultation. *International Journal Disaster Risk Reduction*, vol. 36, P.101079. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101079>.
- Cutter, S., Boruff, B., Shirley, W., (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, Vol. 84(2).
- Cutter, S., Mitchell, J., Scott, M., (2000). Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers*, vol.90(4), p. 713–737.
- Duarte, M., Almeida, N., Falcão Silva, M.J., Rezvani, S. (2021a). Resilience rating system for buildings against natural hazards. 15WCEAM, Brasil, Paper ID 42.
- Duarte, M. (2021). de Sistema de classificação de resiliência para edifícios perante riscos naturais. Dissertação de mestrado em engenharia civil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.)
- Duarte, M., Almeida, N., Falcão Silva, M.J., Rezvani, S. (2021b) Resilience rating system for buildings against natural hazards, 15 WCEAM, Brasil, Paper ID 94
- Duarte, M., Almeida, N., Falcão Silva, M.J., Salvado, F. (2021c). Resilience of constructed assets against natural extreme events from the engineering standpoint. CEES 2021. Coimbra, Portugal.
- ISO 11863 (2011). Buildings and building-related facilities, Functional and user requirements and performance: Tools for assessment and comparison. Lisboa: IPQ.
- ISO/TR 22845 (2020). Resilience of buildings and construction works. Lisboa: IPQ.
- NP ISO 31000 (2018). Gestão do risco – linhas de orientação. Lisboa: IPQ.
- Parque Escolar (2010). Liceus, Escolas Técnicas e Secundárias. Lisboa: Parque Escolar EPE, Direção-Geral de Projeto - Area de Edificações.
- Peer review – Report Portugal 2019. (2019) European Union Civil Protection.
- 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, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.
- Sarhosis, V., Dais, D., Smyrou, E. et al. (2019). Evaluation of modelling strategies for estimating cumulative damage on Groningen masonry buildings due to recursive induced earthquakes. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17, 4689–4710. <https://doi.org/10.1007/s10518-018-00549-1>.
- VRS (2017). Voluntary resilience standards. Meister Consultants Group, Inc..

PROCEDIMENTOS ÉTICOS

Conflito de interesses: nada a declarar. **Financiamento:** nada a declarar. **Revisão por pares:** Dupla revisão anónima por pares.



Todo o conteúdo da [Revista de Ativos de Engenharia](#) é licenciado sob *Creative Commons*, a menos que especificado de outra forma e em conteúdo recuperado de outras fontes bibliográficas.