



## 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 <sup>(1)</sup>, António José Santos <sup>(1)</sup>, Armando dos Santos Pinto <sup>(1)</sup>, António Leça Coelho <sup>(1)</sup>,  
Jorge Patrício <sup>(1)</sup>, Luís Matias <sup>(1)</sup>, Manuel Camacho Baião <sup>(1)</sup>**

*(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 (Dia *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 termos 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 características 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 características 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 comumente 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 tardo), 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 características de desempenho dos vãos envidraçados;
- Utilização de sistemas de climatização ativos.

Importa caracterizar 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 –  $U$  ( $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ) – 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 princípio, 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 espaço/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 características de desempenho dos vãos envidraçados*

O reforço das características 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 características 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  $RBC_i$  ( $i$  de 1 a 7). O grau de gravidade global do edifício foi definido através de fatores de ponderação  $\beta_i$  que têm em conta o impacto negativo, sobre a durabilidade e vida útil da construção, do incumprimento dos diferentes requisitos básicos  $RBC_i$  ( $i$  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  $S_j$  para a resolução de situações de deficiência em edifício EVPba (para  $j = 1, 2, 3, \dots, N$ ; 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 ( $R_{gi}$ ,  $i$  de 1 a 7), ver Quadro 1; o requisito relativo a exigências regulamentares e normativas aplicáveis ( $R_{gi}$ ,  $i = 8$ ); e o requisito relativo à preservação do aspeto estético e valor cultural ( $R_{gi,i=9}$ ), 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,  $mR_{gi}$ , respeitante a cada um desses requisitos gerais, estabelecido da seguinte forma:

$$mR_{gi} = [\sum_{k=1}^5 G_i \cdot \phi_i] / [\sum_{k=1}^5 G_i] \quad (2)$$

Sendo:

$\varphi_i$  fatores de ponderação para ter em conta o contributo da solução de intervenção corretiva na resolução da deficiência em relação a um requisito geral,  $R_{gi}$ , 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  $\varphi_i$  poderá ter valores entre 0,05 e 0,5, os quais poderão ser modificados em função do tipo construtivo do edifício EVPba:

$$\varphi_1=0,05; \quad \varphi_2=0,10; \quad \varphi_3=0,15; \quad \varphi_4=0,20; \quad \varphi_5=0,50$$

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  $R_{gi}$ , (contributo do elemento para a solução de intervenção  $S_j$  que poderá variar entre o ligeiro e o muito elevado):

$$\begin{array}{lll} G_1 - \text{Contributo nulo;} & G_2 - \text{Contributo ligeiro;} & G_3 - \text{Contributo médio;} \\ G_4 - \text{Contributo elevado;} & G_5 - \text{Contributo muito elevado} & \end{array}$$

Passando para a escala geral do edifício, o mérito global de uma solução de intervenção corretiva ( $S_j$ ) 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:

$$mRgC = [\sum_{k=1}^9 \omega_i \cdot mRgC_i] \quad (3)$$

Sendo:

$\omega_i$  fatores de ponderação de cada requisito geral  $R_{gi}$ , 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<sub>1</sub>);
- $\omega_2=0,15$  – Segurança contra incêndio (RGC<sub>2</sub>);
- $\omega_3=0,10$  – Higiene, saúde e ambiente (RGC<sub>3</sub>);
- $\omega_4=0,15$  – Segurança na utilização e acessibilidade (RGC<sub>4</sub>);
- $\omega_5=0,10$  – Proteção contra o ruído (RGC<sub>5</sub>);
- $\omega_6=0,10$  – Economia de energia e isolamento térmico (RGC<sub>6</sub>);
- $\omega_7=0,10$  – Utilização sustentável dos recursos naturais (RGC<sub>7</sub>);
- $\omega_8=0,05$  – Exigências regulamentares e normativas aplicáveis (RGC<sub>8</sub>);
- $\omega_9=0,05$  – Preservação do aspeto estético e valor cultural (RGC<sub>9</sub>).

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 ( $S_j$ ) 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<sub>1</sub> em edifícios EVPba

Requisito Básico	Descrição de possíveis situações de incumprimento dos requisitos básicos
Resistência mecânica e estabilidade (RBC <sub>1</sub> )	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 – **Guide 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.