

FACTORES DE DEGRADAÇÃO COM INFLUÊNCIA NA VIDA ÚTIL E NA FORMULAÇÃO DE ACCÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE ELEMENTOS DE ALVENARIA E METÁLICOS DA ENVOLVENTE DE EDIFÍCIOS RECENTES

José Luís Miranda Dias

Investigador Auxiliar do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)
Av. do Brasil, 101, PT-1700-066 Lisboa, Portugal
e-mail: mirandadias@lneec.pt

Frequentemente, a envolvente de edifícios recentes inclui, numa percentagem significativa da sua área, elementos de alvenaria e metálicos, sendo os primeiros em geral utilizados em paredes com função de preenchimento da respectiva fachada, e os segundos aplicados quer com função de revestimento de fachadas e de coberturas, quer com funções estruturais.

Pretende-se, aqui, abordar aspectos relacionados com a estimativa do período de vida útil de edifícios recentes cuja envolvente integra, em particular, elementos de alvenaria e metálicos, examinando em especial alguns dos factores comuns de degradação dos respectivos materiais e componentes, analisando os seus efeitos sobre o correspondente desempenho e durabilidade, e descrevendo, sinteticamente, alguns dos métodos relevantes de estimação da vida útil, com especial enfoque no método factorial e na sua aplicação a este tipo de elementos. Finalmente, pretende-se apresentar alguns aspectos sobre a formulação das acções essenciais de manutenção de elementos de alvenaria e metálicos da envolvente de edifícios recentes, com vista a retardar o respectivo processo de degradação e a garantir a vida útil prevista.

Palavras-chave: alvenarias, metais, envolvente, edifícios, durabilidade.

1 Introdução

A envolvente de edifícios recentes frequentemente inclui, numa percentagem significativa da sua área, elementos de alvenaria e metálicos, sendo os primeiros em geral utilizados em paredes com função de preenchimento da respectiva fachada, e os segundos aplicados quer com função de revestimento de fachadas (painéis, caixilharia de vãos, etc.) e de coberturas, quer com funções estruturais. Como exemplos relevantes de aplicação de elementos metálicos na estrutura de edifícios recentes (ou seja, os construídos a partir de meados do século XX), referem-se os casos de: elementos estruturais de aço galvanizado com base em chapa perfilada ou perfis de aço enformados a frio (light gauge steel

framing); perfis estruturais de aço associados a painéis de alvenaria de preenchimento (steel studs/veneers); e elementos de chapa perfilada de aço aplicada em coberturas de grande vão, usualmente, destinadas a edifícios industriais, pavilhões gimnodesportivos e armazéns.

A solução que recorre a perfis ligeiros de aço galvanizado enformado a frio (light gauge steel framing) está especialmente vocacionada para edifícios residenciais de baixo porte (até dois ou três pisos), e consiste basicamente numa estrutura resistente, formando um engradado através de ligações aparafusadas entre esses perfis de aço galvanizado [1]. Essa estrutura, na fachada vertical, é em geral complementada pelo exterior por placas de derivados de madeira (OSB), placas de poliestireno expandido ou camada de lã mineral, e no interior por gesso cartonado. A outra solução construtiva acima referida que integra elementos metálicos consiste em estrutura reticulada com base em perfis estruturais de aço associados a painéis de alvenaria de preenchimento (steel studs/veneers, [2]), sendo o tipo de ligação das alvenarias aos elementos estruturais dependente da dimensão em comprimento dos panos e do modo como se pretende que as primeiras acompanhem as deformações dos segundos (ligações rígidas ou semi-rígidas).

Refira-se, ainda, os acessórios com base em materiais metálicos utilizados na envolvente de edifícios, com função específica de ligação em paredes de alvenaria [3], dos quais se salientam os ligadores metálicos para a solidarização de panos de alvenaria, no caso de paredes duplas com caixa-de-ar (wall ties); armaduras nas juntas de assentamento para reforço das características das alvenarias; e as cavilhas metálicas de injeção para fixação em paredes exteriores de alvenaria de elementos da fachada.

Embora os elementos de alvenaria e metálicos da envolvente de edifícios estejam sujeitos a alguns factores de degradação comuns, os efeitos desses factores podem vir a repercutir-se de forma desigual sobre o respectivo desempenho, bem como sobre o estado de conservação. E a forma distinta como afecta o respectivo desempenho funcional e a satisfação das exigências essenciais da construção, tem naturalmente reflexos na diferenciação do correspondente período de vida útil desses elementos [4], [5].

Justifica-se, assim, abordar, aqui, aspectos relacionados com a estimativa do período de vida útil de edifícios recentes cuja envolvente integra, em particular, elementos de alvenaria e metálicos (com ênfase especial para os de aço), examinando em especial alguns dos factores comuns de degradação dos respectivos materiais e componentes, analisando os seus efeitos sobre o correspondente desempenho e durabilidade, e descrevendo, sinteticamente, alguns dos métodos relevantes de estimação da vida útil, com especial enfoque no método factorial e na sua aplicação a este tipo de elementos. Finalmente, pretende-se apresentar alguns aspectos sobre a formulação das acções essenciais de manutenção de elementos de alvenaria e metálicos da envolvente de edifícios recentes, com vista a retardar o respectivo processo de degradação e a garantir a vida útil prevista.

2 Factores de degradação dos elementos de alvenaria e de aço

2.1 – Generalidades

Pretende-se analisar alguns factores relevantes de degradação relacionados com as condições de exposição ao ambiente interior e exterior e de utilização de elementos de alvenaria e de aço da envolvente de edifícios, os quais afectam a vida útil destes. Procura-se focar, em particular, alguns factores comuns de degradação entre elementos de alvenaria e metálicos da envolvente de edifícios, sendo que alguns deles apresentam forte relação, nomeadamente, com as condições ambientais exteriores (condições climáticas relativas à temperatura do ar, à chuva, ao vento, etc., e aos níveis de poluição) [4], [6]. Os efeitos desses factores comuns podem vir, eventualmente, a reflectir-se nos elementos de alvenaria e nos metálicos de modo distinto, condicionando a performance dos edifícios e respectivo estado de conservação, em função da importância relativa que assume na envolvente cada um desses elementos. E, tal distinção de comportamento pode ser devida, entre outras causas, a

diferentes processos de deterioração dos respectivos materiais constituintes e às características específicas da sua interacção com os elementos confinantes.

Com efeito, a degradação dos elementos de alvenaria e metálicos, para além de estar associada aos efeitos da degradação nos respectivos materiais constituintes em contacto com o meio envolvente e às condições do respectivo uso, pode também resultar de eventuais efeitos da interacção entre esses elementos e outros elementos da fachada (exemplos: fendilhação na zona de ligação entre essas paredes e elementos estruturais confinantes; e corrosão associada ao contacto entre metais diferentes ou entre metais e materiais cimentícios).

No que se refere à exposição ao meio ambiente desses elementos da envolvente dos edifícios, torna-se essencial a sua caracterização na perspectiva da avaliação da vida útil dos edifícios. Com efeito, a estimação das características de durabilidade dos elementos de construção, em particular dos elementos de alvenaria e metálicos, passa pela identificação e avaliação da intensidade dos principais agentes de degradação bem como pela análise aprofundada dos respectivos mecanismos de degradação, tendo em vista a realização de ensaios de envelhecimento acelerado, ensaios de envelhecimento natural, ou estudos de observação “in situ”, que permitam a definição de funções que relacionem, de forma simplificada, a intensidade dos agentes de degradação e os índices de degradação (indicadores de deficiência que permitem atestar que uma característica de desempenho não satisfaz um requisito), para diferentes tipos de elementos, e que se designam por funções “dose-resposta” [4], [6] e [7].

Têm sido desenvolvidos diversos estudos sobre condições climáticas e, em particular, sobre a sua influência sobre a degradação do espaço edificado, os quais facultaram a determinação de funções “dose-resposta” que estabelecem a relação entre o grau de poluição (medida em termos da concentração de poluentes atmosféricos ou da sua deposição sobre os elementos do edificado) e o índice de corrosão dos materiais (em geral referido a variação de massa), e são baseadas na análise estatística de dados sobre a degradação dos materiais e medições das condições ambientais durante um certo período de observação, [6]. Assim, o nível de deterioração dos materiais registado ao longo do tempo, e resultante da exposição aos agentes de degradação, permite estabelecer correlações e definir as funções “dose-resposta” correspondentes, com as quais, por seu turno, se torna possível a geração de tabelas relativas à vida útil de diferentes materiais da envolvente de edifícios.

2.2 Aspectos gerais sobre os agentes e mecanismos de degradação dos elementos de alvenaria e metálicos da envolvente dos edifícios

Grande parte dos agentes de degradação que actuam sobre os elementos de alvenaria e metálicos, e que significativamente afectam de forma negativa seu desempenho funcional, estão relacionados com as condições ambientais exteriores, sendo, em particular, de referir as acções da temperatura, da chuva, do vento, dos poluentes atmosféricos e a acção biológica (bactérias, fungos, etc.). E, como os agentes de degradação relacionados com o clima e a poluição, em geral, exercem uma influência muito significativa sobre a progressão da degradação dos materiais constituintes das alvenarias e dos metais das fachadas dos edifícios, afigura-se importante dispor de dados climatológicos respeitantes a variáveis que exercem influência sobre o processo de degradação desse tipo de materiais. Em particular, são de referir os dados relativos às variações anuais do clima (temperatura, chuva, vento, etc.), e aos níveis de poluição (teores de componentes do ar como o ozono, o dióxido de ozono, o monóxido de carbono, e sobretudo o dióxido de enxofre, embora este último tenha ultimamente decrescido de importância [6]), os quais são geralmente objecto de monitorização no âmbito do controle ambiental das zonas mais relevantes do ponto de vista da exposição aos fenómenos de poluição. Outra informação com interesse para avaliação tem que ver com a topografia local e com o edificado urbano, bem como a proximidade do local em relação a fontes poluidoras, tais como indústrias e eixos rodoviários de tráfego intenso.

Os mecanismos de degradação dos materiais constituintes dos elementos de alvenaria e metálicos estão, em particular, relacionados com processos físicos ou reacções químicas que alteram as respectivas propriedades e conduzem à redução do desempenho dos elementos e à eventual não satisfação das exigências essenciais da construção. O processo de degradação dos materiais constituintes dos elementos de alvenaria e metálicos é assim naturalmente condicionado em parte pelas respectivas características químicas e físicas, sendo essencial, para a avaliação da durabilidade desses materiais face à sua exposição ao meio ambiente, conhecer em profundidade os agentes que causam a degradação, designadamente a sua intensidade e o tipo de combinação entre estes, assim como os correspondentes mecanismos de degradação que conduzem à alteração das respectivas propriedades físico-químicas. Essa alteração revela-se, em alguns casos, através de simples indícios de estado latente de degradação, noutras casos com reflexo claramente visível em termos de sinais de deterioração dos materiais e de notória perda de desempenho funcional. Esses indícios de degradação dos materiais, que fornecem significativa informação sobre a evolução dos níveis de desempenho dos elementos, podem consistir inicialmente, no caso dos elementos de alvenaria, na perda de massa, na variação de cor e de rugosidade, e no caso dos elementos metálicos na presença de manchas de corrosão e na eventual variação de volume superficial.

2.3 Factores de degradação dos elementos de alvenaria e metálicos da envolvente dos edifícios relacionados com a sua exposição ao meio ambiente e ao uso

Os elementos de alvenaria e metálicos da envolvente de edifícios estão, como se referiu atrás, sujeitos a diversos agentes externos relacionados com clima local, dos quais se releva a acção da chuva incidente batida pelo vento, que se traduz na variação de humidade dos materiais dos elementos de alvenaria e de outros elementos de construção confinantes com estes. A presença de humidade é um dos factores que mais afecta a durabilidade dos elementos de alvenaria e metálicos da envolvente.

O efeito nos materiais das alvenarias da variação de humidade bem como o da temperatura é, em geral, significativo, sendo que as características gerais de comportamento dos elementos constituintes da alvenaria (blocos ou tijolos e argamassa), face a processos de humidificação e de secagem dependem, em grande parte, do tipo de material desses elementos [8], [9] e [10]. A existência de manchas de humidade e de bolores em paramentos interiores de paredes de alvenaria da envolvente e a corrosão de elementos metálicos integrados nesta são assim as principais manifestações características da acção da humidade. No que se refere concretamente à degradação relativa ao ambiente externo, a situação de patologia em paredes de alvenaria mais corrente refere-se à infiltração de humidade através das fendas existentes em paredes de alvenaria da envolvente [8], [11], [12]; essas fendas localizam-se, com frequência, na zona das juntas verticais e horizontais de argamassa.

Ainda no que concerne ao efeito da humidade em elementos metálicos associada à sua exposição ao ambiente externo, refira-se que a sua corrosão constitui um dos factores principais da sua deterioração, tornando-se necessária a presença de água para que a mesma ocorra, e sendo a sua progressão condicionada quer pelas características intrínsecas do material, quer pelas condições de ambiente [13]; em ambientes muito agressivos essa corrosão é particularmente potenciada. A permanência de humidade nos elementos metálicos (em particular de humidade de condensação no caso de elementos interiores), conjugada com a dificuldade de arejamento (ex: fachada não ventilada), acelera os fenómenos de corrosão. De facto, a análise das variações climáticas em conjunto com a avaliação da velocidade de corrosão dos materiais metálicos mostra que os fenómenos de corrosão dependem de parâmetros climáticos e de processos que ocorrem na superfície dos elementos, tais como por exemplo a condensação de água. Por outro lado, os sistemas de cobertura com base em chapa de aço perfilada enformada a frio aplicadas em edifícios, estão expostos a agentes agressivos do meio ambiente que provocam, ao longo do tempo, a ocorrência de fenómenos de corrosão dos elementos metálicos respectivos, os quais devem ser minimizados mediante acções de manutenção periódica.

A simultaneidade da actuação de factores de degradação pode provocar efeitos sobrepostos que, em sinergia, provocam a sua amplificação, como por exemplo sucede no caso em que as paredes duplas de alvenaria, em particular o respectivo isolante térmico na caixa-de-ar, ficam sujeitas a humedificação devido a eventual penetração de água da chuva, sendo que tal conduz à redução do isolamento térmico da parede que por seu turno aumenta o risco de condensações de humidade. Nos elementos metálicos da envolvente dos edifícios, em certos casos, devido sobretudo a acção dinâmica do vento a que se podem conjugar outras acções de sobrecarga normal, após longo período de utilização, pode vir a ocorrer o fenómeno de fadiga, o qual consiste num processo em que, estando esses elementos sujeitos a tensões ou deformações de intensidade variável, se gera uma situação de início e desenvolvimento crescente de fractura no material constituinte, que reduz a resistência local deste e se pode traduzir na sua rotura, para tensões significativamente inferiores à tensão máxima admissível do material.

No que se refere ao ambiente interior, as anomalias associadas com a humidade de condensação, ou seja com a ocorrência de condensações superficiais e/ou internas em paredes, manifestam-se, em geral, pela presença de manchas de humidade e, por vezes, de bolor em faces interiores de paredes exteriores (no caso de condensações superficiais que é a situação mais frequente), ou pelo apodrecimento de materiais orgânicos e o destaque de materiais (no caso de condensações internas, situação menos comum) [8].

Convém salientar que, embora o processo de corrosão nos materiais para alvenaria e metálicos seja favorecido por condições atmosféricas associadas a elevado valor da humidade relativa, é a presença na atmosfera de poluentes (por exemplo em zonas industriais), que acelera de forma significativa esse processo [6]. Convém referir que, particularmente, os poluentes acidificantes existentes no ambiente exterior caracterizam-se pelo ataque químico dos materiais constituintes dos elementos estruturais metálicos da envolvente dos edifícios, o qual conduz à sua progressiva degradação ao longo do tempo, a menos que sejam realizadas operações de manutenção.

Os elementos de alvenaria e metálicos estão sujeitos ao desgaste provocado pela utilização e seus reflexos em termos de satisfação dos requisitos e critérios de desempenho. De entre os factores de degradação relacionados com o uso, devem-se salientar os que resultam da fendilhação das paredes devido ao nível crescente de sobrecargas de uso a que os elementos de suporte (quer de betão armado quer metálicos, em geral de aço) ficam sujeitos ao longo do tempo, em face de eventuais modificações da funções dos espaços (exemplo da mudança de função residencial para escritórios com aumento de carga associada a arquivos pesados), e que se traduzem na deformação excessiva destes [8], [14]; e da humedificação dos elementos de construção devido a lavagem dos pisos, sobretudo dos elementos metálicos da envolvente onde pode ocorrer a acumulação de humidade em zonas de difícil arejamento e secagem, potenciando-se, assim, os fenómenos de corrosão.

2.4 – Aspectos gerais sobre a qualidade do projecto, dos materiais e componentes, da execução e da conservação da obra

Numa perspectiva de prevenção em relação à ocorrência de anomalias em edifícios, afigura-se que, no âmbito do projecto do edifício, a escolha do período de vida útil de projecto (design life), durante o qual o respectivo desempenho satisfaz as exigências essenciais da construção sem custos excessivos de exploração e manutenção, deveria ter em conta não apenas as condicionantes de curto prazo, tais como os custos directos e o processo construtivo a utilizar, mas também os aspectos de médio e longo prazo como sejam o desempenho em serviço, a análise do custo do ciclo de vida (life-cycle cost), e a respectiva manutenção.

Ao nível de projecto devem ser adoptadas medidas para minimizar a acção dos agentes de degradação. A probabilidade de ocorrência de fendilhação em paredes de alvenaria é maior se não tiverem sido adoptadas medidas preventivas, das quais se salienta a minimização do diferencial de temperatura existente entre elementos em contacto (através da utilização de materiais isolantes); e a disposição de

juntas de movimento nas paredes para limitação das tensões induzidas nestas, caso contrário a fendilhação poderá surgir em zonas de variação da secção das paredes, junto de vãos de portas e de janelas e em zonas de cunhal e de canto. Também são relevantes para a durabilidade as medidas, a equacionar na fase de projecto, que permitam por exemplo preservar os elementos de alvenaria das fachadas do contacto permanente com a humidade em dias de chuva intensa, através por exemplo da colocação de palas de sombreamento sobre as janelas e outras zonas da fachada, ou a evitar as situações de incompatibilidade química ou física entre materiais metálicos incluídos na envolvente (exemplo da corrosão electrolítica).

Para prevenir os fenómenos de corrosão em elementos metálicos das coberturas de grande vão, impõe-se a adopção de disposições ao nível do projecto com vista a garantir uma adequada vida útil desses elementos, através de acrescida capacidade resistente à corrosão destes (ex: revestimentos de protecção por galvanização e lacagem) e dos respectivos acessórios metálicos, de forma a manter os níveis de desempenho.

Na utilização de elementos de ligação em paredes da envolvente de edifícios, essencialmente, com a função de interligação de panos de alvenaria ou de solidarização de panos de alvenaria a outros elementos da construção (incluindo paredes, pavimentos, vigas e pilares) será conveniente que, na fase do projecto, a escolha de ligadores para alvenaria (wall ties), ligadores tensionados (tension straps), suportes de vigamentos (joist hangers) e suportes de alvenaria (brackets), se baseie em normas europeias aplicáveis (EN 845, Parte 1, 2 e 3), as quais definem as exigências para esse tipo de acessórios [3].

No que se refere à durabilidade de cavilhas metálicas de injeção utilizadas em paredes de fachadas de alvenaria (blocos maciços de betão leve, blocos cerâmicos perfurados, etc.), que consistem na ancoragem por interligação mecânica de parafusos roscados através de argamassa de fixação (usualmente de aço ou aço inoxidável), importa assegurar que as partes de aço dessas cavilhas sejam protegidas contra a corrosão, e, no caso de estarem sujeitas a condições de ambiente externo especialmente agressivo, deverá optar-se ao nível do projecto por parafusos de aço inoxidável (atendendo ao disposto no guia da EOTA em fase de aprovação - ETAG 025: Guideline for European Technical Approval. Metal injection anchors for use in masonry, March 2007).

A qualidade dos materiais e da execução da obra é fundamental para a garantia da durabilidade da construção. Como exemplo da primeira questão, refira-se que a fendilhação em blocos cerâmicos perfurados, que se desenvolve perpendicularmente em relação às faces respectivas, localiza-se, usualmente, no interior do bloco, e está geralmente associada à deficiente qualidade dos blocos. No que toca à segunda questão, atente-se, por exemplo, aos elementos metálicos da envolvente de edifícios que por vezes ficam sujeitos a deficientes condições de incorporação na obra, ou apresentam deficientes revestimentos de protecção; e aos casos em que podem ocorrer fendas de separação entre blocos cerâmicos ou tijolos e a argamassa das juntas, devido a incorrecta execução dos remates dessas mesmas juntas durante a construção.

3 Estimação da vida útil

3.1 Considerações gerais

A vida útil (service life) é identificada pelo período durante o qual um produto tem desempenho igual ou superior às exigências essenciais da construção, e simultaneamente são satisfeitas as expectativas dos utilizadores. Para isso importa a atender às exigências essenciais da Directiva dos Produtos da Construção (DPC – Directiva 89/106/CEE de 21 de Dezembro de 1988, alterações posteriores). A correcta avaliação da vida útil de edifícios, definida no contexto do respectivo projecto, é um meio de otimizar o desempenho e a durabilidade do edifício e reduzir os custos de exploração do edifício. Tal avaliação passa pela 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, e simultaneamente se preconiza que, excluindo situações excepcionais (exemplo: inundações anormais), não se verifique, durante esse período de vida útil, a necessidade de acções profundas de manutenção ou conservação do edifício. Mas, em qualquer caso, por ser a envolvente exterior de um edifício, em geral, composta de diferentes materiais e componentes e, devido à necessidade de se garantirem idênticos padrões de qualidade e de segurança para o utente em todas as partes do edifício, impõe-se que a generalidade dessas partes do edifício assegure, ao longo do tempo de utilização, níveis aceitáveis de desempenho e de durabilidade.

Existem diversos elementos no edifício de acesso e inspecção difícil, tais como os lintéis de alvenaria e ligadores de panos de alvenaria, e que, por ser problemática a sua eventual substituição, se torna conveniente que a sua vida útil seja pelo menos igual à da estrutura. Por outro lado, alguns componentes do edifício que incorporam elementos metálicos, tais como portas e janelas, requerem em geral uma periódica manutenção, para que possam atingir o fim do período de exploração sem que seja necessário promover a sua substituição.

Aplicada a elementos de alvenaria e metálicos, a durabilidade está particularmente relacionada com: a variação do respectivo desempenho ao longo do tempo quando sujeitos, em especial, a fenómenos de fendilhação e presença de humidades no primeiro caso e com fenómenos de corrosão no segundo caso; a capacidade desses elementos de atenderem às expectativas dos utilizadores, as quais obviamente também podem variar ao longo do tempo. Ou seja, a durabilidade pode ser entendida numa perspectiva dinâmica de avaliação do desempenho do produto, não somente na hipótese da evolução dos padrões de exigência (qualidade, estética, etc.) dos utilizadores, mas também acolhendo a possibilidade de, em dado momento do período de exploração, ser imposta uma alteração da função destes elementos ou das condições de uso inicialmente previstas.

De facto, embora por vezes os elementos de alvenaria e metálicos manifestem sinais de degradação moderada e aceitável, torna-se porém problemática subsistência dos mesmos no edifício, face a evolução das necessidades dos utilizadores, motivadas por razões de índole económica, social ou cultural, a tal ponto que, em certos casos, a sua adaptação não pode ser feita sem custos in comportáveis, configurando-se pois numa situação de obsolescência funcional. É exemplo disso a substituição de elementos metálicos nas varandas das fachadas e a sua substituição por elementos modernos.

3.2 O método factorial

Uma metodologia para previsão de vida útil de componentes da construção é proposta na norma ISO 15686: 2001 (International Organization for Standardization, “Building and constructed assets – Service life planning, ISO 15686 - Part 1: General principles, 2000, ISO 15686-1; Part 2: Service life prediction procedures, 2001, ISO 15686-2), na qual a previsão de vida útil é feita com base num processo iterativo, sendo estabelecidas decisões ao longo das etapas sucessivas. Torna-se possível, por exemplo, estudar um componente sujeito a variadas condições de exposição e de utilização e definir, nas aplicações previstas para o componente, o seu desempenho ao longo do tempo; ou aferir com maior precisão, num componente, o impacto sobre a estimação da sua vida útil de pequenas variações das condições de utilização.

A norma ISO 15686: 2001 (Parte 2) preconiza que seja garantida, dentro do possível, que a vida útil de um edifício seja igual ou superior à vida de projecto, considerando a minimização dos custos globais (do ciclo de vida) do edifício, o que passa por se promoverem as reparações e substituições dos componentes e partes da construção que venham a apresentar uma vida útil menor que do que a projectada. Com esta metodologia visa-se a optimização do custo global, o qual é composto do custo de construção mais o custo de manutenção, operação e demolição da construção, deduzindo-se o seu custo residual. Fica ainda implícito que a vida útil da construção é regulada pela vida útil das partes do

edifício cuja substituição apresenta custos elevados, tais como os elementos da estrutura e fundações do edifício.

Para tal, torna-se necessário dispor de uma estimativa para a vida útil dos componentes, sendo para o efeito, apresentado na Norma ISO 15686-1 (Parte 1), o método factorial para estimação da vida útil de componentes, o qual está baseado na avaliação dessa vida útil estabelecida em termos factoriais, o que permite considerar, no contexto da avaliação, que os elementos ficam sujeitos a determinadas condições específicas. Este método está baseado na vida útil de referência, termo que pretende contemplar a vida útil expectável desses elementos para um conjunto bem definido de condições de uso a que eles ficam sujeitos, e numa série de factores de transformação (modifying factors) que dizem respeito a cada caso específico em referência [15].

Assim, pretende-se determinar, no âmbito das condicionantes assumidas no projecto, a vida útil estimada do componente (ESLC – estimated service life of a component), considerando o valor da vida útil de referência do componente (RSLC - reference life of a component), obtido designadamente através de funções “dose-resposta” já atrás referidas, ou por outras vias, e multiplicando-o por factores (factores de A até G) que têm em conta o afastamento entre as condições assumidas na previsão de RSLC e as condições de uso admitidas no projecto. Esses factores, que assumem valores típicos entre 0,8 (situação negativa) e 1,2 (situação positiva), são seguidamente apresentados: qualidade dos componentes (factor A – fabrico, armazenamento, transporte, revestimentos de protecção); nível do projecto (factor B – incorporação, protecção conferida pelo resto da estrutura); nível de execução em obra (factor C – gestão em obra, nível de mão-de-obra, condições climáticas durante a execução da obra); ambiente interno (factor D – agressividade do ambiente, ventilação, condensações); ambiente externo (factor E – implantação em altura do edifício, emissões poluentes, factores ambientais); condições internas de uso (factor F – impacto mecânico, tipo de utilização); nível de manutenção (factor G – qualidade e frequência da manutenção, acessibilidade para a manutenção).

O método factorial pode ser portanto expresso pela seguinte expressão:

$$ESLC = RSLC \cdot \text{factor A} \cdot \text{factor B} \cdot \text{factor C} \cdot \text{factor D} \cdot \text{factor E} \cdot \text{factor F} \cdot \text{factor G}$$

A norma ISO 15686-1 apresenta, como exemplo, a aplicação do método ao caso de um lintel de aço com função estrutural e não acessível onde: factor A =1.0 (aço de acordo com a norma BS 5977, galvanizado e com revestimento de protecção); factor B =1.0 (o projecto preconiza o lintel inserido em parede dupla e com revestimento de protecção lateral); factor C =1.0 (onde os revestimentos danificados não são reparados em obra); factor D =0.8 (revestimento interior de estuque sujeito a fenómenos de condensação); factor E = 0.8 (lintel sujeito a poluição industrial); factor F= 1.0 (lintel apenas sujeito a uso normal – elemento não acessível); Factor G= 1.0 (manutenção nula – elemento não acessível).

Vem, então $ESLC = 1 \times 1 \times 1 \times 0.8 \times 0.8 \times 1 \times 1 = 0,64$. RLSC (se RLSC= 100 anos será $ESLC = 64$ anos).

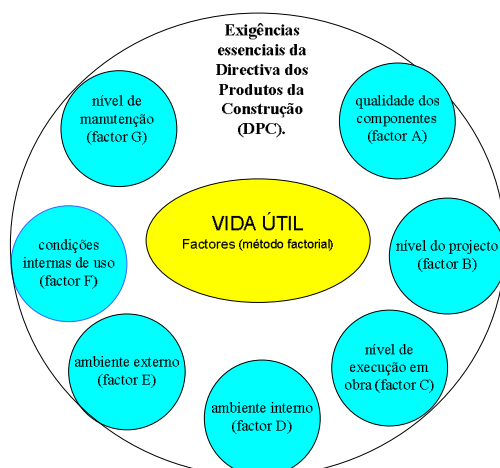


Figura 1 - Esquema dos factores considerados no método factorial e enquadramento geral das exigências essenciais da Directiva dos Produtos da Construção (DPC).

Reconhecendo que, na estimativa da vida útil de um edifício concreto, a informação disponível sobre a vida útil de referência de um edifício (fornecida pelo produtor ou obtida através de ensaios de durabilidade ou em experiência de observação de produtos similares e utilizados em situações semelhantes), no toca às condições específicas de utilização (specific in-use conditions), raramente coincide com a prevista no projecto a desenvolver, o presente método factorial procura responder a essa dificuldade, ajustando de forma expedita e acessível, através de factores correctivos, o desvio da situação concreta em relação às condições de referência, resultante da sua própria especificidade e singularidade. Refira-se que, na ISO 15686-1, o conceito de vida útil de referência é definido pela vida útil que se prevê que o edifício ou partes dele apresente, considerando um conjunto definido de condições de utilização.

As dificuldades que surgem na utilização do método factorial radicam sobretudo no facto dessa metodologia ser essencialmente de carácter determinístico, enquanto que os processos de degradação podem ser sobretudo caracterizados pela natureza fortemente aleatória. Por outro lado, sendo o método de cariz simplificado, e atendendo à sua dificuldade de fixação, seguindo uma via predominantemente de carácter prescritivo (como se constata no exemplo do lintel de aço descrito atrás), dos valores dos factores, caso a caso, tal pode traduzir-se numa estimativa de vida útil com um relativo grau de imprecisão.

Considerando, no caso dos elementos de alvenaria e metálicos da envolvente, o que foi referido nos capítulos anteriores sobre os processos mais correntes de degradação desses elementos, e a redução do seu desempenho face às exigências essenciais da construção, propõe-se seguidamente o estabelecimento, para esses elementos, de critérios para a fixação do conjunto de factores da equação do método factorial, com vista à estimativa de vida útil. Assim, atendendo a que a actuação de cada um destes factores ou a combinação destes poderá afectar a vida útil, e tendo em conta que à vida útil de referência de um elemento ou componente está associado o valor unitário, propõe-se, na tabela 1, uma matriz de definição, para elementos de alvenaria e metálicos, dos factores de degradação do método factorial em função do grau de desempenho e da satisfação das exigências essenciais da construção (DPC), comparativamente com o assumido nas condições de referência (RLSC), durante o respectivo período de vida útil. A metodologia proposta confere um carácter exigencial dominante à definição dos factores, embora se admita que a matriz referida possa vir a ser ajustada, em parte de forma prescritiva, para ter em conta a especificidade de cada tipo de edifício. Pressupõe-se nesta proposta que os elementos podem ou não ser acessíveis para inspecção e que a sua substituição não seja muito complicada nem dispendiosa.

Tabela 1 - Proposta de matriz de definição para elementos de alvenaria e metálicos dos valores dos factores de degradação (método factorial – ISO 15686-1) em função do grau de desempenho e da satisfação das exigências essenciais da construção comparativamente com o assumido nas condições de referência.

Exigências Essenciais da Construção	qualidade dos componentes			nível do projecto			nível de execução de obra			ambiente interno			ambiente externo			condições internas de uso			nível de manutenção		
	factor A – fabrico, armazenamento, transporte, revestimentos de protecção			factor B – incorporação, protecção conferida pelo resto da estrutura			factor C – gestão em obra, nível de mão-de-obra, condições climáticas durante a execução da obra			factor D – agressividade do ambiente, ventilação, condensações			factor E – implantação em altura do edifício, emissões poluentes, factores ambientais			factor F – Impacto mecânico, tipo de utilização			factor G – qualidade e frequência da manutenção, acessibilidade para a manutenção		
	0.8	1	1.2	0.8	1	1.2	0.8	1	1.2	0.8	1	1.2	0.8	1	1.2	0.8	1	1.2	0.8	1	1.2
Resistência mecânica e estabilidade (ER1)	-	M	L	-	M	L	-	M	L	A	M	L	A	M	L	A	M	L	-	M	L
Segurança em caso de incêndio (ER2)	-	M	L	-	M	L	A	M	L	-	M	L	A	M	L	-	M	L	-	M	L
Higiene, saúde e protecção do ambiente (ER3)	A	M	L	A	M	L	A	M	L	-	M	L	-	M	L	A	M	L	A	M	L
Segurança na utilização (ER4)	-	M	L	-	M	L	-	M	L	A	M	L	A	M	L	-	M	L	-	M	L
Protecção contra o ruído (ER5)	A	M	L	A	M	L	A	M	L	-	M	L	-	M	L	A	M	L	A	M	L
Isolamento térmico e economia de energia (ER6)	A	M	L	A	M	L	A	M	L	-	M	L	-	M	L	A	M	L	A	M	L

* Previsão durante o período de vida útil do grau de desempenho e de satisfação das exigências essenciais da construção: L - degradação ligeira (das condições de desempenho); M - degradação média; A - degradação alta (omite-se no quadro a definição de certa situação quando se considera não ser aplicável ao caso uma determinada exigência essencial)

Exemplos: ER1 – Deformações inadmissíveis de elementos estruturais de aço; ER2 – Deficiente resistência ao fogo de paredes de alvenaria da fachada; ER3 – Condensações nos paramentos interiores de paredes de fachada; ER4 – Presença de elementos metálicos cortantes; ER5 – Deficiente isolamento a sons aéreos de paredes de fachada; ER6- Deficiente isolamento térmico de paredes de fachada.

4 Acções de manutenção e de conservação de elementos de alvenaria e metálicos

A entrada em funcionamento dos edifícios após o final da construção faz supor que o respectivo desempenho seja, nessa altura, pelo menos superior ao que permite satisfazer as exigências essenciais da construção. Na ausência de acções de manutenção ou de reabilitação adequadas, tal desempenho vai diminuindo ao longo do tempo de vida útil, até um ponto em que tais exigências deixam de ser satisfeitas, tornando-se imperativas tais acções. Refira-se, ainda, que, em certos casos, podem-se alterar durante a fase de exploração do edifício os pressupostos que conduziram à definição, ao nível do projecto, do período de vida útil de componentes e materiais, em particular devido: a variações não

expectáveis do tipo de agentes externos a que estão sujeitos (ex.: alteração do nível freático de solos de fundação; ou modificação das condições de uso resultantes em muitos casos da mudança do tipo de uso); à evolução dos padrões de conforto e de segurança (entrada de novos regulamentos sobre o comportamento térmico, protecção contra o ruído e segurança contra incêndios, ou de alterações a estes), ou mesmo estéticos (diferentes motivações pessoais em função da “moda” corrente); e à inadequação funcional ou perda de funcionalidade (ex: desgaste do material de revestimentos de piso, o qual aumenta o risco de segurança na circulação de pessoas). Pode-se assim, eventualmente, justificar, no âmbito de uma acção de reabilitação ou mesmo de conservação, a correcção da estimativa inicial do período de vida útil. Essa correcção poderá ser eventualmente efectuada através do recurso ao método factorial, já atrás descrito [15].

As soluções gerais de reparação de anomalias em edifícios recentes passam pela correcção das anomalias norteada, fundamentalmente, pela implementação de medidas destinadas quer à reparação das anomalias visíveis quer ao efectivo saneamento, sempre que possível, das causas que motivaram a sua ocorrência.

A ocorrência de fendilhação e infiltrações de água em paredes de alvenaria traduz-se, com frequência, na necessidade de acções de reparação e de reabilitação com custos elevados, destinados a resolver os consequentes problemas de degradação. Ao passo que a extensa degradação que afecta os elementos de alvenaria, em geral consistindo na presença muito significativa de fendilhação e de manchas de humidade, pode em geral ser travada e a sua progressão minimizada, a corrosão avançada de elementos metálicos conduz usualmente à sua substituição.

A evolução das anomalias em paredes, algumas eventualmente no sentido da sua estabilização, deve efectivamente servir de elemento de informação condicionante das acções de reparação a empreender, em particular a medição da largura das fendas, bem como a descrição da tipologia e a localização destas, através da observação dos testemunhos (ou outros dispositivos para medição de fendas) a instalar sobre as fendas mais significativas, procurando, dentro do possível, localizá-los em zonas que se considerem mais convenientes.

No que se refere a soluções de reparação de paredes de alvenaria e respectivos revestimentos cujos paramentos se encontrem fendilhados recomenda-se um tratamento de carácter geral, consistindo na reparação de paramentos interiores e de paredes de alvenaria que apresentam sinais de fendilhação em alguns casos extensa. As soluções de reparação, dependendo duma forma geral das tipologias de fendilhação, para cada caso concreto deverão ter em conta a importância e o grau de estabilização das fendas existentes nos paramentos.

A progressão da degradação dos elementos de metálicos (em particular do aço), deve ser periodicamente inspeccionada, e deve ser minimizada através de diversas medidas que incluem o controlo da corrosão mediante: a respectiva protecção superficial com revestimento que poderá ser constituído por camada de material metálico (por exemplo: galvanização) e orgânico; adopção ao nível da concepção de pormenorização construtiva adequada de forma garantir a manutenção em estado seco dos elementos de aço através de ventilação apropriada, obviando a acumulação local de humidade em zonas de ligação de peças metálicas (quer executadas com soldadura quer preenchidas com cordão de mástique).

5 Conclusões

Abordaram-se aspectos relacionados com o período de vida útil de edifícios recentes cuja envolvente íntegra, em particular, elementos de alvenaria e metálicos, tendo-se examinado em especial alguns dos factores de degradação dos respectivos materiais e componentes, e analisado os seus efeitos sobre o correspondente desempenho e características de durabilidade. Analisaram-se questões relevantes sobre a estimação da vida útil, tendo-se considerado em particular o método factorial e a sua aplicação a este tipo de elementos, tendo-se proposto uma matriz de definição, para elementos de alvenaria e

metálicos, dos valores dos factores de degradação em função do grau de desempenho e de satisfação das exigências essenciais da construção. Finalmente, apresentaram-se alguns aspectos sobre a formulação das acções de manutenção de elementos de alvenaria e metálicos da envolvente de edifícios recentes, com vista a minimizar o avanço do respectivo processo de degradação e a assegurar a vida útil prevista.

Concluiu-se em termos gerais que, tendo em devida conta os factores de degradação, estes elementos devem ser concebidos, construídos, e conservados de forma tal que, durante a vida útil pretendida, se mantenham aptos no que se refere à sua utilização.

Referências

- [1] American Iron and Steel Institute - Code of Standard Practice for Cold-Formed Steel Structural Framing. Practice Guide CF06-1. Washington, DC, September 2006
- [2] Straube, J. F., Burnett, E. F. P. – Vents, ventilation, and masonry veneer wall systems. Proceedings of 8th Canadian Masonry Symposium. Jasper, Alta, Canada. 1998, pp.194-207.
- [3] Miranda Dias, J. L. – Cavilhas e componentes auxiliares para alvenarias – Guias de Aprovação Técnica Europeia e normas Europeias nesse domínio. Construção 2004 - 2º Congresso Nacional da Construção – “Repensar a Construção”, Porto, 13 a 15 de Dezembro de 2004, pp. 83-88.
- [4] P. Jernberg, C. Sjöström, M.A. Lacasse, E. Brandt, T. Siemes. Guide and Bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and Components: Part I – Service Life and Durability Research. CIB W080 / RILEM TC 140.
- [5] European Organization for technical approvals (EOTA) – Guidance Document 03 – Assessment of working life of products, 1999.
- [6] Vladimir Kucera et all - UN/ECE ICP Materials Dose-response Functions for the Multi-pollutant Situation. Water Air Soil Pollut: Focus (2007) 7:249–258.
- [7] Hed, G. - Service life planning of building components. 8th Int. Conference on Durability of Building Materials and Components, Vol. I, Vancouver, 1999, pp. 1543-1551.
- [8] Paiva, J. V.; Carvalho, E. C.; Cavaleiro e Silva, A. – Patologia da Construção. Documento introdutório do tema 3. 1º Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação. Lisboa, LNEC, Junho de 1986.
- [9] Grimm, C. T. - Masonry Cracks: A review of the Literature. Symposium of ASTM - Masonry: Materials, Design, Construction and Maintenance, STP 992, Dec. 1986.
- [10] Miranda Dias, J. L - Movements in masonry walls caused by temperature and moisture changes. Comunicação ao 6th International Masonry Conference, Londres, Novembro de 2002, p. 86-94.
- [11] Miranda Dias, J. L - Fendilhação de paredes de alvenaria associada à ocorrência de infiltrações de água da chuva. Comunicação ao 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa, LNEC, Maio de 2003, Vol. 2, p. 1129-1138.
- [12] Newman, A. J.- Rain penetration through masonry walls - Diagnosis and remedial measures. Building Research Establishment, Report, Garston, 1984.
- [13] Fontinha, I. R.; Salta, M.- Componentes metálicos na construção. Comportamento à corrosão e sua prevenção – ITPRC 3, LNEC 2004.
- [14] Organization International de Normalization (ISO) - Bases du calcul des constructions - Déformations des bâtiments à l'état limite d'utilisation. Norme ISO 4356, Genève, ISO, 1977.
- [15] Hovde, P. J., Moser, K. - Performance Based Methods for Service Life Prediction, CIB W80, CIB Publication, 294, Rotterdam: International Council for Building Research, Studies and Documentation, pp. 107, 2004.