

A PREVISÃO DA VIDA ÚTIL DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS COMO FERRAMENTA DE APOIO À MANUTENÇÃO

Clara Pereira¹

clareira@sapo.pt

Ana Silva²

anasilva931@msn.com

Jorge de Brito³

jb@civil.ist.utl.pt

José D. Silvestre⁴

jose.silvestre@tecnico.ulisboa.pt

Inês Flores-Colen⁵

ines.flores.colen@tecnico.ulisboa.pt

ÁREA: 3. MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO

Resumo

O estudo do desempenho de elementos construtivos, através da caracterização objectiva da sua desvalorização funcional, permite estimar o tempo que um elemento construtivo pode durar até chegar a um nível mínimo de desempenho aceitável, ainda que subjectivo, quantificado em relação a um nível de desempenho inicial óptimo. Numa perspectiva inversa, essa desvalorização funcional das construções pode ser calculada enquanto degradação, tendo em conta indicadores mensuráveis, definindo-se um nível máximo de degradação a partir do qual se considera que terminou a vida útil do elemento construtivo. Com este limiar, e transportando os indicadores de degradação para uma linha temporal, infere-se a vida útil dos elementos construtivos considerando modelos determinísticos e probabilísticos. Na definição de estratégias de manutenção pode-se estimar os ganhos no desempenho do elemento construtivo que a manutenção representa considerando, por um lado, a reparação pesada a longo prazo e, por outro, acções de manutenção / pequena reparação em curtos intervalos temporais. Não obstante, revela-se necessário aproximar à realidade as estimativas de melhorias de desempenho, designadamente em termos de redução da severidade da degradação normalizada. Assim, será possível quantificar os ganhos que a manutenção (pró-activa ou correctiva) e a reabilitação representam para a vida útil do elemento construtivo. Com esses dados, pode-se comparar os custos iniciais amortizados no tempo com custos de manutenção previstos a curto, médio ou longo prazo, de acordo com as opções previstas e o desempenho estimado correspondente. Deste modo, o decisor fará escolhas de modo informado, planeando os custos do ciclo de vida do edificado.

Palavras-chave: Desempenho

Degradação

Vida útil

Manutenção

Custos

¹ Estudante PhD, CERIS-ICIST, DECIVIL, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

² Investigadora Pós-Doc., CERIS-ICIST, DECIVIL, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

³ Professor Catedrático, CERIS-ICIST, DECIVIL, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

⁴ Professor Auxiliar, CERIS-ICIST, DECIVIL, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

⁵ Professora Associada, CERIS-ICIST, DECIVIL, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa



LA PREDICCIÓN DE LA VIDA ÚTIL COMO HERRAMIENTA DE APOYO AL MANTENIMIENTO

Clara Pereira⁶

clareira@sapo.pt

Ana Silva⁷

anasilva931@msn.com

Jorge de Brito⁸

jb@civil.ist.utl.pt

José D. Silvestre⁹

jose.silvestre@tecnico.ulisboa.pt

Inês Flores-Colen¹⁰

ines.flores.colen@tecnico.ulisboa.pt

AREA: 3. MANTENIMIENTO Y RESTAURACIÓN

Resumen

El estudio del rendimiento de elementos constructivos, a través de la caracterización objetiva de su desvalorización funcional, permite estimar el tiempo que un elemento constructivo puede durar hasta llegar a un nivel mínimo de rendimiento aceptable, cuantificado con relación a un nivel de rendimiento inicial óptimo. En una perspectiva inversa, la pérdida de funcionalidad puede calcularse como degradación, teniendo en cuenta indicadores mensurables, definiéndose un nivel máximo de degradación a partir del cual se considera que ha terminado la vida útil del elemento. Con este límite, y transportando los indicadores de degradación para una línea temporal, se infiere la vida útil de los elementos constructivos considerando modelos deterministas y probabilísticos. Aunque se puedan estimar las ganancias del rendimiento del elemento constructivo en cuanto al mantenimiento, tanto a través de elevada reparación a largo plazo como mediante acciones de mantenimiento / pequeña reparación en cortos intervalos temporales, es necesario aproximar a la realidad las estimaciones de mejoras de rendimiento, en particular en términos de reducción de severidad de degradación normalizada. Así, será posible cuantificar las ganancias que el mantenimiento (proactivo o correctivo) y la rehabilitación representan para la vida útil del elemento constructivo. Con esos datos, se puede comparar los costos iniciales amortizados en el tiempo con costos de mantenimiento previstos a corto, mediano o largo plazo, de acuerdo con las opciones previstas y el rendimiento estimado correspondiente. De este modo, se tomarán decisiones más documentadas, planificando los costos del ciclo de vida del conjunto edificado.

Palabras clave: Rendimiento
Degradación
Vida útil
Mantenimiento
Costes

⁶ Estudiante PhD, CERIS-ICIST, DECIVIL, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

⁷ Investigadora Pós-Doc., CERIS-ICIST, DECIVIL, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

⁸ Professor Catedrático, CERIS-ICIST, DECIVIL, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

⁹ Professor Auxiliar, CERIS-ICIST, DECIVIL, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

¹⁰ Professora Associada, CERIS-ICIST, DECIVIL, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Introdução

A manutenção dos edifícios é parte integrante da sua vida útil, sendo do senso comum que é importante para melhorar a durabilidade do edificado, e dos seus componentes. No entanto, detecta-se na prática uma lacuna na avaliação objectiva da importância da manutenção; isto é, não existe uma ferramenta de quantificação das melhorias que a manutenção pode introduzir no edifício, reduzindo a degradação, que tende a aumentar com a passagem do tempo, e melhorando o desempenho, que se tende a reduzir ao longo do tempo. Propõe-se neste artigo uma abordagem que sirva de base para a criação de uma metodologia objectiva em estudos futuros. Começa-se por fazer uma breve revisão ao estado da arte no âmbito das estratégias de manutenção e de previsão da vida útil, apresentando-se, então, a abordagem proposta. Em conclusão, tece-se as principais considerações e indica-se caminhos futuros.

Estado da arte - manutenção e previsão da vida útil

Estratégias de manutenção

Enquanto investimento, os edifícios devem ser geridos do ponto de vista técnico, económico e social ao longo do seu ciclo de vida. A implementação de metodologias adequadas de manutenção permite otimizar as despesas globais associadas à vida útil dos edifícios (1). Flores-Colen e de Brito (1) simularam vários cenários de manutenção pró-activa para revestimentos de fachada com diferentes características, com base em modelos teóricos fiáveis, validados através da inspecção de situações reais. Concluiu-se que a escolha da melhor estratégia de manutenção depende do tipo de revestimento, da vida útil estimada, de acordo com os modelos de degradação e o nível mínimo de qualidade exigido, da periodicidade das intervenções e dos custos de manutenção. Além disso, concluiu-se que a variação dos parâmetros com maior grau de incerteza deveria ser sujeita a uma análise mais aprofundada.

Assim, quanto maior for o ciclo de vida útil, menor será o Valor Atual Equivalente (VAE LCC) para as mesmas operações de manutenção, que aumenta com os custos de manutenção. Pesa também a taxa de actualização, influenciando a importância relativa dos custos a prazo. Também a periodicidade influencia a decisão no âmbito da elaboração de um plano de manutenção, sendo necessário um processo iterativo para cada tipo de revestimento, até se encontrar uma periodicidade óptima. Além disso, esta pode variar de acordo com o estado de degradação detectado do material. O nível mínimo de qualidade admitido influencia os custos ao introduzir uma maior exigência (ou não) quanto à condição dos materiais, correspondendo a uma maior periodicidade / encargos de manutenção. Este nível mínimo deve ser estabelecido de acordo com o nível qualitativo pretendido consequentemente associado à imagem do edifício. O estudo de Flores-Colen e de Brito (1) introduziu um conjunto de modelos teóricos onde se encontravam reflectidos os modelos de perda de desempenho ao longo do tempo, de acordo com a periodicidade e tipo de manutenção aplicada na estratégia escolhida. A Figura 1 exemplifica um dos modelos desenvolvidos.

Na Figura 1, observa-se que a relação entre tempo em serviço e desempenho sem manutenção era representada por uma curva ligeira em que o desempenho de um reboco monocamada colorido (“monomassa”) se esgotava por completo após 16 anos. Caso houvesse manutenção desse reboco, considerou-se três cenários de periodicidade de manutenção. Estes levavam a um comportamento linear do elemento construtivo com um ritmo de perda de desempenho tanto maior quanto menor a frequência de manutenção, considerando uma quantificação equivalente dos ganhos introduzidos pelas acções de manutenção. Assim, em vez de 16 anos inicialmente estimados para que seja necessário proceder a uma acção de manutenção no reboco monomassa, este elemento construtivo poderia durar, em condições adequadas de desempenho, 41, 44 ou 53 anos.

Na abordagem apresentada, detecta-se, no entanto, a necessidade de determinar com uma maior precisão o incremento de nível de desempenho que a introdução de manutenção representa. Além disso, o padrão de degradação associado à perda de desempenho, de acordo com modelos de previsão da vida útil entretanto desenvolvidos para rebocos (2-3), indica que a relação entre a idade do elemento construtivo e o desempenho não se deve considerar aproximadamente linear.



Figura 1: Níveis mínimos de qualidade para reparações ligeiras em reboco monomassa [adaptado de Flores-Colen e de Brito (1)]

Muito embora não esteja quantificada a importância da actividade de manutenção de edifícios em Portugal, uma vez que na generalidade esta não implica licenciamento, a não ser que entre no âmbito da reabilitação, verifica-se que o número estimado de edifícios clássicos em Portugal ultrapassou 3,5 milhões em 2010 e desde então tem-se mantido ligeiramente acima deste valor, sem que se verifique uma taxa de crescimento relevante até 2016 (4). Este parque edificado necessita de manutenção permanente, mas Mendes Silva & Falorca (5) verificaram que a manutenção feita se baseia ainda numa abordagem empírica devido a três razões principais: (i) a manutenção intensiva e sistemática não estar suficientemente orçamentada; (ii) desconhecimento generalizado dos benefícios da manutenção; e (iii) falta de modelos técnicos e ferramentas de apoio adaptados à realidade para auxiliar a organização de ações.

Para ETICS (Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior; *External Thermal Insulation Composite Systems*), foi também estudado um cenário de degradação sem e com manutenção (5), onde se considerou que este tipo de revestimento deve ter um nível mínimo de qualidade aceitável equivalente a 20% do desempenho inicial ótimo. Foram analisados quatro cenários, designadamente: (i) a inexistência de qualquer tipo de manutenção; (ii) a execução de ações de inspeção sem manutenção; (iii) a execução de uma limpeza preventiva e de uma grande reparação preventiva; e (iv) a execução de inspeções, de uma limpeza preditiva e de uma grande reparação preditiva. A diferença entre a curva de manutenção preventiva e a curva de manutenção preditiva representa vantagens em termos de vida útil para a manutenção preditiva, uma vez que o modelo teórico considera uma duração de mais 7 anos e meio. De qualquer modo, verifica-se que qualquer tipo de melhoria conseguida através da manutenção permite atingir bons resultados teóricos em termos de durabilidade, na ordem da sua duplicação. Regista-se, no entanto, o delinear de um cenário de perda de desempenho linear após a primeira ação de manutenção (a limpeza, em ambos os casos). Tal como no início da curva, após a construção, existem outros factores que influenciam a taxa de degradação do elemento construtivo e que podem levar a concluir-se que assumir uma relação linear entre perda de desempenho e passagem do tempo após uma fase inicial não corresponde à realidade.

O trabalho de Esders *et al.* (6) introduz no cenário de definição de estratégias de manutenção o factor incerteza, associado à flexibilidade na tomada de decisões a longo prazo. Assim, a cada possibilidade futura pode ser associada uma probabilidade de ocorrência em determinado horizonte temporal. Apesar de se considerar que, em determinado período, existirá uma intervenção mais

provável, esta poderá não se realizar porque, entretanto, por influência de factores inesperados, essa intervenção teve de ser antecipada, por exemplo. Por outras palavras, o momento e o tipo de intervenção de manutenção dependem dos valores dos parâmetros-chave nesse momento e das decisões feitas desde o momento 0 até ao momento em que se implementa a decisão. Esta abordagem, com base na avaliação de opções reais, deixa de privilegiar um modelo determinístico na análise do custo do ciclo de vida, passando a utilizar modelos estocásticos que vão além da ponderação dos efeitos da deterioração dos materiais, incorporando os efeitos da alteração de exigências e de uma otimização sistemática do processo de decisão, que sejam um valor acrescentado à perícia do investidor. Segundo este método, podem ser alcançados maiores benefícios líquidos, uma vez que há uma avaliação das possibilidades e dos seus benefícios no momento futuro.

O modelo de avaliação de opções reais distingue-se da abordagem tradicional. Esta última só deve continuar a ser aplicada em situações em que se sabe à partida que a decisão só pode ser tomada “hoje”, quando os custos são baixos comparados com os benefícios, o nível de incerteza dos parâmetros-chave é baixo, ou quando a flexibilidade de gestão é baixa. Já a abordagem de opções reais aplica-se quando há flexibilidade de gestão, um grande nível de incerteza dos parâmetros-chave ou quando os custos são elevados em comparação com os benefícios (6).

Previsão da vida útil

Analogamente aos seres vivos, também os edifícios têm um ciclo de vida: nascem (planeamento, projecto e obra), envelhecem (vida em serviço) e morrem (fim da vida útil e desconstrução) (3). A perda gradual de desempenho na fase de envelhecimento vai-se exteriorizando de forma progressivamente evidente ao longo do tempo, com a manifestação de problemas ou a inadequação a novas formas de uso. Nesta fase, os edifícios podem passar por mudanças profundas, de acordo com diversos contextos. O limite físico de durabilidade de uma construção distingue-se do fim do tempo de serviço por poderem ocorrer em momentos distintos.

A “vida útil” é entendida como o período de tempo em que uma construção tem a capacidade de responder aos requisitos do utilizador, com custos de manutenção e gestão aceitáveis e sem prejuízos para terceiros. Depende, no entanto, de critérios de aceitação, os quais são variáveis. Além disso, o envelhecimento de uma construção não se dá de modo homogéneo, mas sim ao nível dos sistemas e elementos que a compõem. Depende ainda do tipo de utilização do edificado. Genericamente, a complexidade do tema “vida útil” pode ser decomposta segundo três factores principais, nomeadamente: (i) desempenho económico, em termos da viabilidade de manutenção de acordo com os rendimentos gerados, tendo em conta todos os custos associados à vida útil do edifício, directos e indirectos (7); (ii) obsolescência funcional e de imagem, de acordo com o período de tempo em que não há alterações generalizadas ao edifício, devido à inadequação de resposta global às expectativas dos utentes (8); e (iii) vida útil física, que termina devido a deterioração física, associada a desgaste, acções ambientais e/ou negligência (9).

Realça-se que o fim da vida útil é indissociável da definição de um nível mínimo admissível do desempenho do edifício, em termos de segurança, funcionalidade ou aparência. Este nível mínimo é variável, sendo, talvez, a componente de segurança aquela mais directamente determinável, em termos de oferta de condições de solidez para os utentes e o desenrolar das suas actividades.

A definição de modelos de previsão da vida útil de elementos construtivos tem sido tema de pesquisa de diversos autores (10-12), relacionando-se inclusivamente a execução de manutenção com o valor estimado do edifício ao longo do seu ciclo de vida, de acordo com o desempenho dos seus elementos construtivos. No Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa (UL), foi desenvolvido, e continua em desenvolvimento, um conjunto de estudos sobre a previsão da vida útil de elementos construtivos. O caminho foi iniciado por Gaspar e de Brito (2), tendo sido seguido especificamente para rebocos (3), revestimentos cerâmicos aderentes (13), revestimentos em pedra natural (14), pinturas em paredes exteriores

(15), ETICS (16) e superfícies de betão à vista (17). No entanto, nestas abordagens não foi considerada a manutenção como factor de influência quantificável na vida útil do elemento construtivo. Por outras palavras, nos casos em que um revestimento tinha sofrido melhorias evidentes através de ações de manutenção, considerou-se que teria regressado ao momento 0 da sua vida útil. É neste âmbito que se revela necessário aprofundar o estudo da previsão da vida útil.

Também no âmbito da previsão da vida útil, neste caso aplicada ao mercado segurador, foi desenvolvido um estudo para aplicação de modelos de durabilidade, explicando o fenómeno da degradação natural, de modo a permitir cobrir os riscos associados com um produto de seguro (18). Considerou-se modelos determinísticos e estocásticos para construir o produto, sendo que o segundo apresentou vantagens em termos de redução de risco e prémio com uma melhor medida de conhecimento do objecto segurado. O estudo previa ainda um interesse mútuo, do cliente e da seguradora, em fazer a manutenção regular do objecto segurado, ainda que de modo correctivo. Definiu-se para isso um modelo estocástico multiparâmetro referente à probabilidade de execução da primeira acção de manutenção. O caso estudado, referente exclusivamente a fachadas revestidas a pedra natural, definiu dois níveis de acção: um no momento em que a severidade de degradação atinge 10% e outro no momento em que esta atinge 20%. No primeiro nível de acção, prevê-se que a probabilidade de intervenção aumente a partir de 25 anos de idade da fachada, ao passo que no segundo nível de acção só se prevê intervenção depois de 50 anos de idade da fachada. Nesta perspectiva, inclui-se apenas níveis de degradação que impliquem risco, ou seja, a melhoria da imagem da fachada só é realizada quando a sua perda de desempenho representa a possibilidade de danos graves no edifício ou nos seus utilizadores, uma vez que se considera uma abordagem correctiva associada ao risco.

Abordagem proposta à tomada de decisões

Muito embora a problemática de quantificação de melhorias introduzidas por diferentes estratégias de manutenção de edifícios tenha sido abordada em estudos anteriores (1), identificou-se a necessidade de análise do problema a partir de uma nova perspectiva.

A abordagem proposta neste estudo tem como principal objectivo melhorar a informação ao alcance do decisor desde o primeiro momento, isto é, apresentar um leque de soluções quantificadas que permitam a cada actor tomar opções de investimento bem informadas.

Idealmente, perante a decisão de investir num empreendimento imobiliário, o investidor teria conhecimento de opções bem definidas que incluem: (i) a vida útil estimada de cada solução construtiva e o custo respectivo; (ii) as necessidades de manutenção de cada solução e os custos associados, incluindo diferentes periodicidades e abrangências de intervenção; (iii) dados económico-financeiros que permitam a comparação deslocada no tempo das diversas opções.

Uma vez que já existem métodos bem definidos para quantificar a degradação observada de vários elementos construtivos, seria vantajoso utilizar esses métodos para uma avaliação coordenada das acções de manutenção. Numa amostra significativa, com base nas metodologias definidas, deveria ser avaliado o estado de degradação dos elementos construtivos antes e depois de serem sujeitos a acções de manutenção. Além disso, a evolução desse estado de degradação ao longo do tempo deveria ser igualmente avaliada considerando elementos construtivos novos e elementos construtivos sujeitos a manutenção, no sentido de se perceber se a curva de degradação varia consoante esses dados em particular. É particularmente importante neste processo ter a capacidade de detalhar o tipo de manutenção a que o elemento construtivo foi sujeito.

O padrão de degradação considerado é relevante numa análise deste tipo. Na Figura 2, apresenta-se várias hipóteses do comportamento da curva de degradação após a realização de uma

acção de manutenção. Importa validar as hipóteses apresentadas, com dados concretos, mas é possível, desde já, discutir a razoabilidade de cada uma das hipóteses apresentadas. A curva *a* representa a degradação de um elemento construtivo ao longo do tempo, em que há uma fase inicial em que o elemento construtivo se degrada mais rapidamente, passando a uma fase longa de estabilização, chegando finalmente a uma zona de degradação intensiva em que se ultrapassa o nível máximo de degradação admitido em definitivo. Considerando que num momento t_1 ocorre uma acção de reparação com ganhos de desempenho do elemento construtivo significativos, muito embora não repondo as condições iniciais de degradação (0% de degradação), desenha-se as curvas *b*, *c* e *d*, como hipóteses de novo padrão de degradação após a acção de manutenção. Representa-se sob as abcissas os intervalos de tempo que correspondem ao período que o elemento construtivo demoraria a atingir novamente o grau de degradação correspondente ao momento imediatamente anterior à manutenção, seguindo cada uma das curvas.

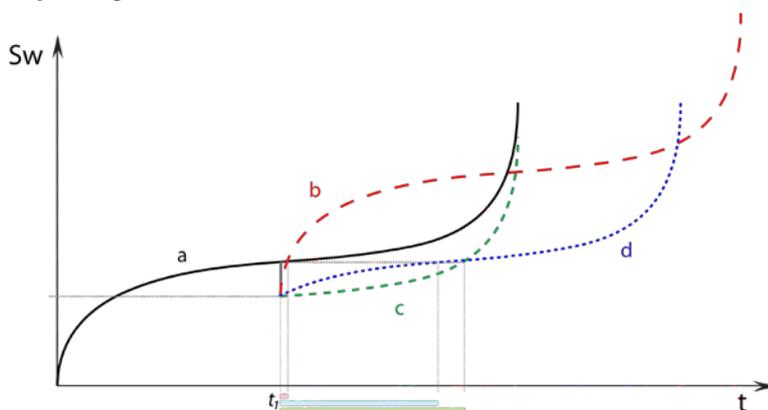


Figura 2: Curva teórica de degradação (S_w) ao longo do tempo (t) com hipóteses de curvas após manutenção a tracejado

A curva *b* (Figura 2) foi construída seguindo o mesmo ritmo de degradação que o elemento construtivo teve desde o momento 0. Trata-se de uma hipótese que se deve descartar, dado que, se assim fosse, o elemento construtivo atingiria muito rapidamente o mesmo nível de degradação que tinha sido corrigido. A curva *c* (Figura 2) foi construída considerando que o ritmo de degradação que o elemento construtivo tinha se manteria independentemente da existência de manutenção. Por outras palavras, haveria factores externos ao elemento construtivo, factores ambientais ou factores relacionados com a sua idade, ou com a idade do edifício, que não fariam variar o padrão de degradação. Atente-se a que esta hipótese valoriza a dimensão do degrau para a variação da degradação do elemento construtivo, mas não faz variar o momento em que há uma aceleração evidente do processo de degradação. Finalmente, a curva *d* (Figura 2) segue o padrão de degradação da curva *a* a partir do nível de degradação que o degrau de manutenção definiu. Assim, muito embora o elemento construtivo volte a registar a degradação corrigida num momento anterior, em relação à curva *c*, a fase de degradação acelerada é adiada substancialmente. Este modelo indica que a acção de manutenção levada a cabo representou melhorias nos factores que afectam o ritmo de degradação daquele elemento construtivo. Por outras palavras, a degradação nesta situação dependerá mais da degradação pré-existente, ou que se extinguiu, do que na situação representada pela curva *c*, em que estaria mais associada a factores externos que dificilmente se faria variar.

Tendo-se descartado a hipótese representada pela curva *b*, na Figura 3 procura-se estudar melhor a plausibilidade das hipóteses *c* e *d*. Nos gráficos à esquerda, segue-se a lógica explicada para a curva *c* da Figura 2, e nos gráficos à direita a lógica da curva *d* da mesma figura. Nos gráficos de cima, varia o momento em que se realiza a acção de manutenção, introduzindo-se, em cada caso, sempre a mesma melhoria de redução de degradação. Nos gráficos de baixo, compara-se o que acontece de acordo com a introdução de duas medidas de melhoria diferentes, em que se pressupõe

que há uma acção de manutenção que passa a degradação para menos de metade em relação à pré-existente.

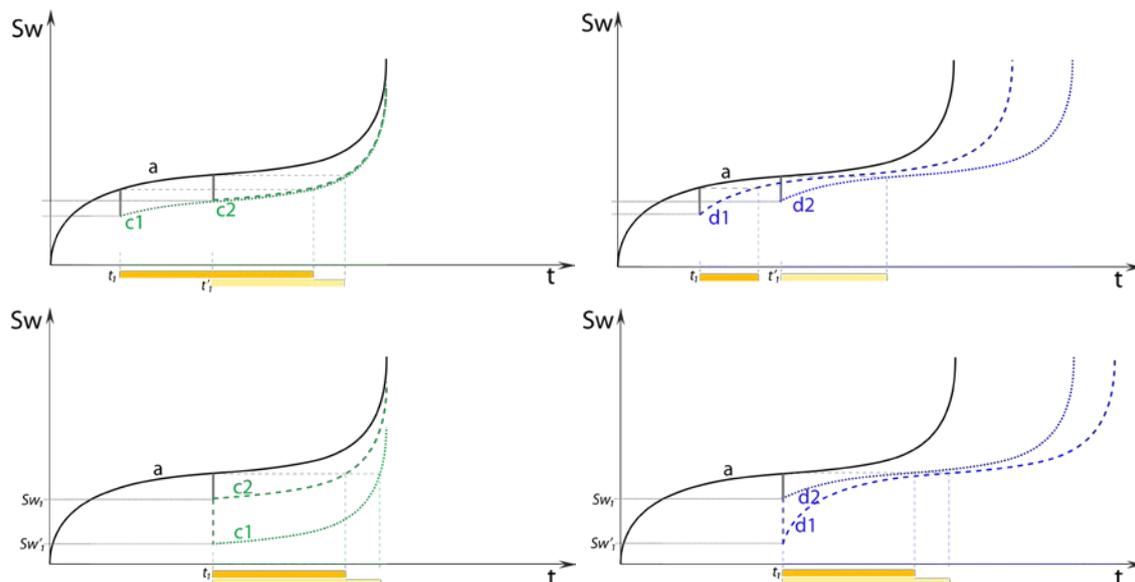


Figura 3: Curva teórica de degradação (S_w) ao longo do tempo (t) com hipóteses de curvas após manutenção a tracejado, de acordo com o momento da manutenção e os ganhos em termos de redução da degradação

Comparando as soluções representadas pelas curvas c e d (à esquerda e à direita, respectivamente), verifica-se que em ambas as situações a curva d adia a fase de degradação intensiva do elemento construtivo ao passo que a curva c representa um maior distanciamento entre a degradação sem manutenção e a degradação com manutenção. Este facto é mais evidente quando se realça as melhorias introduzidas pela acção de manutenção. No entanto, este facto não se manifesta no adiamento de um novo momento de manutenção, uma vez que não se regista diferenças significativas entre o período de tempo da hipótese da curva c (em baixo, à esquerda) e a hipótese da curva d (em baixo, à direita).

Na hipótese de se fazer diferir o momento de realização da acção de manutenção, regista-se diferenças significativas quanto ao período de tempo em que se deve realizar uma nova acção de manutenção (por se atingir novamente o nível de degradação crítico). A hipótese representada pelas curvas do tipo c introduz um adiamento do segundo momento de reparação provável se a acção de manutenção for antecipada. Já nas curvas do tipo d , verifica-se um período superior entre o primeiro e o segundo momento de manutenção (provável) mais longo se acção de manutenção for introduzida mais tardiamente, numa fase de estabilização do processo de degradação.

Em abstracto, não se deve rejeitar à partida nenhuma destas hipóteses. Parecem ambas plausíveis mas referindo-se a situações de contexto diferente, quer seja ao nível do material do elemento construtivo, quer ao nível da sua exposição a agentes agressivos. O tipo de acção de manutenção não deve, em princípio, fazer variar estes cenários, uma vez que a degradação se encontra definida objectivamente e, assim, a quantificação das melhorias associadas a cada intervenção de manutenção tem de ser igualmente objectiva. No entanto, os custos de cada acção de manutenção podem ser diferentes mas resultar numa melhoria semelhante, independentemente do momento em que se efectua a intervenção.

Aos resultados obtidos nessa primeira fase devem ser associados custos, nomeadamente custos iniciais e custos dos diversos tipos de manutenção. A partir da definição desses custos, torna-se possível comparar as diversas opções considerando o custo inicial de uma solução

construtiva, o seu desempenho ao longo do tempo e a degradação expectável, e os custos de manutenção de acordo com uma periodicidade específica. Consoante os custos sejam concentrados num momento inicial ou se repitam em intervalos regulares, de acordo com o próprio preço estimado do dinheiro nesses diversos momentos, torna-se possível avaliar as escolhas disponíveis.

Muito embora o objectivo de realizar esta abordagem seja considerar o edifício como um todo, será mais prudente aplicar esta metodologia faseadamente de acordo com diferentes tipos de elementos construtivos. Resumindo, com esta abordagem seria possível introduzir-se nos modelos de previsão da vida útil a quantificação da manutenção, quantificar-se todos os custos associados ao ciclo de vida da construção de acordo com diferentes cenários de manutenção, e balançar-se investimentos de acordo com factores associados ao financiamento.

Conclusões

A deterioração dos elementos construtivos, enquanto processo, pode ser abordada quer em termos de perda de desempenho, quer de aumento dos níveis de degradação. Tanto o desempenho como a degradação afectam a vida útil das construções, durante a qual o elemento construtivo responde às exigências funcionais de acordo com o nível mínimo de exigência definido. Assim, haverá um nível mínimo de desempenho aceitável diferente de 0% ao qual corresponde um nível máximo de degradação diferente de 100%. O padrão de deterioração pode ser descrito por uma curva que descreva o comportamento do elemento construtivo ao longo do tempo, em termos de desempenho ou em termos de degradação.

Os modelos de previsão de vida útil que têm vindo a ser desenvolvidos consideram um método objectivo para calcular o nível de degradação do elemento construtivo. No entanto, estes métodos incluem apenas defeitos decorrentes de alterações introduzidas por agentes agressivos, ambientais ou mecânicos, não contemplando defeitos de construção. Além disso, estes modelos não quantificam as melhorias introduzidas por manutenção posterior à construção inicial, considerando que, após uma acção de manutenção, a vida útil do elemento construtivo deve ser recontada a partir do 0, uma vez que o nível de degradação foi substancialmente reduzido.

Ainda assim, as metodologias conhecidas permitem detectar padrões de degradação ao longo do tempo dos elementos construtivos estudados. Considera-se essencial estudar, sobre esses padrões de degradação, o comportamento do elemento construtivo após acções de manutenção, primeiro quantificando as melhorias introduzidas pela manutenção e, depois, analisando o comportamento do elemento construtivo de acordo com a acção de manutenção. Por outras palavras, considerando que o maior ou menor incremento de melhoria introduzido poderá afectar o comportamento do elemento construtivo daí em diante.

A esta abordagem é, ainda, essencial acrescentar uma perspectiva de análise custo-benefício que permita considerar cenários de custo do ciclo de vida do elemento construtivo, e, mais do que isso, dos edifícios. Espera-se que a aplicação do raciocínio apresentado em cenários de decisão realce os benefícios da manutenção do património edificado e da sua reabilitação e venha a colmatar uma insuficiência detectada no conhecimento, que pode levar a privilegiar uma abordagem pró-activa em detrimento de uma abordagem correctiva no contexto da manutenção.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do CERIS-ICIST, IST-UL, e do projeto da Fundação para a Ciência e Tecnologia PTDC/ECM-COM/5772/2014 “Sistema de Gestão de Edifícios baseado na avaliação do risco e na Previsão da Vida Útil”.

Bibliografia

- (1) FLORES-COLEN, I.; DE BRITO, J. **A systematic approach for maintenance budgeting of buildings façades based on predictive and preventive strategies.** Construction and Building Materials, V. 24, 2010, pp. 1718–1729.
- (2) GASPAS, P. L.; DE BRITO, J. **Service life estimation of cement-rendered facades.** Building Research and Information, V. 36, 2008, pp. 44–55.
- (3) SILVA, A.; GASPAS, P. L.; DE BRITO, J. **Methodologies for Service Life Prediction of Buildings. With a Focus on Façade Claddings.** Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 1st Edition, 2016.
- (4) **Estatísticas da construção e habitação 2016.** Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, 2016.
- (5) MENDES SILVA, J. A. R.; FALORCA, J. **A model plan for buildings maintenance with application in the performance analysis of a composite facade cover.** Construction and Building Materials, V. 23, 2009, pp. 3248–3257.
- (6) ESDERS, M.; ADEY, B. T.; LETHANH, N. **Using real option methods as a tool to determine optimal building work programs.** Structure and Infrastructure Engineering, V. 12, 2016, pp. 1395–1410.
- (7) BRAND, S. **How buildings learn: What happens after they're built.** New York, USA: Penguin Books, 1994.
- (8) MOSS, G. W. **Service life performance audit: meeting client requirements for durable buildings.** 8DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Ottawa, ON Canada, 1999, pp. 1552-1559.
- (9) DAVIS, G.; SZIGETI, F. **Are facilities measuring up? Matching building capabilities to functional needs.** 8DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Ottawa, ON Canada, 1999, pp. 1856–1866.
- (10) ARCHITECTURAL Institute of Japan, **The English edition of principal guide for service life planning of buildings.** Tokyo: Architectural Institute of Japan, 1993.
- (11) ISO/TC 59/SC 14, ISO 15685-1: 2011. **Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and framework.** Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- (12) LACASSE, M. A.; SJÖSTRÖM, C. **Recent advances in methods for service life prediction of building materials and components – an overview.** CIB World Building Congress, Toronto, ON Canada, 2004.
- (13) GALBUSERA, M. M.; DE BRITO, J.; SILVA, A. **Application of the factor method to the prediction of the service life of ceramic external wall cladding.** Journal of Performance of Constructed Facilities, V. 29, 2015, 4014086.
- (14) SILVA, A.; DIAS, J. L.; GASPAS, P. L.; DE BRITO, J. **Service life prediction models for exterior stone cladding.** Building Research and Information, V. 39, 2011, pp. 637–653.
- (15) CHAI, C.; DE BRITO, J.; GASPAS, P. L.; SILVA, A. **Predicting the service life of exterior wall painting: techno-economic analysis of alternative maintenance strategies.** Journal of Construction Engineering and Management, V. 140, 2014, 4013057.
- (16) XIMENES, S.; DE BRITO, J.; GASPAS, P. L.; SILVA, A. **Modelling the degradation and service life of ETICS in external walls.** Materials and Structures, V. 48, 2015, pp. 2235–2249.
- (17) SERRALHEIRO, M. I.; DE BRITO, J.; SILVA, A. **Methodology for service life prediction of architectural concrete facades.** Construction and Building Materials, V. 133, 2017, pp. 261–274.
- (18) MACEDO, M., **Proposta metodológica para o desenvolvimento de seguros aplicáveis a elementos da construção de edifícios,** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.