Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Durabilidade como critério de projecto

O Método Factorial no contexto português

Maria José da Silva Matos
Licenciada em Arquitectura pela Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
Mestre em Reabilitação do Património Edificado

Dissertação realizada sob supervisão da
Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho,
do Departamento de Engenharia Civil
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, Maio de 2007

A ti, Adelino, meu marido

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL	III
AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE TEXTO	VII
ÍNDICE DE FIDURAS	XII
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
CAPÍTULO 1 . INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 . DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES	7
CAPÍTULO 3 . PLANEAMENTO DA VIDA ÚTIL DOS EDIFÍCIOS	19
CAPÍTULO 4 . O MÉTODO FACTORIAL NO CONTEXTO PORTUGUÊS	29
CAPÍTULO 5 . A DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES NA PROPOSTA DE REVISÃO DO RGEU	75
CAPÍTULO 6 . CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXO	A.1

AGRADECIMENTOS

Ao finalizar este trabalho gostaria de expressar o meu sincero agradecimento a todos aqueles, que de uma forma ou de outra, contribuíram para a sua realização.

Gostaria de destacar o constante apoio, compreensão e estímulo recebidos da Professora Maria Helena Corvacho na orientação desta dissertação.

Agradeço, profundamente, aos meus pais, à minha sogra e à minha irmã pelo incondicional apoio na educação do meu filho Dinis, possibilitando-me a serenidade indispensável à realização deste trabalho.

Por fim, gostaria de agradecer ao meu marido a compreensão e dedicação, desde o primeiro instante, e o estímulo nas horas mais difíceis. Saliento, de modo muito especial, o carinho e empenho demonstrado nestes últimos dias sem os quais não seria capaz de finalizar o objectivo a que me propus.

RESUMO

O estudo da durabilidade da construção entendida como a capacidade de um edifício ou de uma parte de um edifício de desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo, sob determinadas condições de serviço, exige um conhecimento aprofundado das características de desempenho dos materiais e sistemas da construção e das condições a que eles vão estar sujeitos ao longo da sua vida útil.

A investigação na área da durabilidade tem-se preocupado com o estudo do comportamento dos materiais, da sua interacção com o ambiente e dos mecanismos de degradação mas também com a concepção de metodologias que permitam a integração desta temática como critério de projecto.

O principal obstáculo para a integração da exigência da durabilidade na fase de projecto tem sido a inexistência de informação tratada e acessível. De um modo geral, a informação existente encontra-se bastante dispersa e não sistematizada o que impede a sua utilização, como ferramenta eficaz, ao longo da fase de projecto.

Baseado no Método Factorial, apresentado pela norma ISO 15686-1, o presente trabalho pretende aproximar a metodologia da norma ao contexto português através da recolha e tratamento sistemático da informação existente no sentido de possibilitar projectar o desempenho funcional de um edifício ao nível da sua durabilidade através da caracterização dos diversos aspectos que podem afectar a avaliação da durabilidade das construções.

O trabalho pretende ainda, contribuir para a regulamentação da durabilidade das construções sugerida como nova matéria na proposta de revisão do Regulamento Geral das Edificações Urbanas.

Palavras-chave

Durabilidade
Tempo de vida útil estimado
Método Factorial
Critérios de avaliação
Caracterização dos factores modificadores

ABSTRACT

The study of construction durability, seen as the capability of a building or its parts to perform its required function over a specified period of time under the influence of the agents anticipated in service, requires an in-depth knowledge of materials and components performance and of the in-use conditions.

The research work in the domain of durability is focused not only on the materials performance over time, their interaction with the environment and the degradation mechanisms, but also on the creation of methodologies that can provide a simple integration of the durability concern within the design process.

The main difficulty for the implementation of those methologies is the lack of managed and reachable information. The existent one is very scattered and non-systematically organised. This fact prevents its use as a practical and effective tool during the design process.

Based on the Factor Method, presented by ISO 15686-1, the aim of this work is to develop a possible approach to that method in order to allow its application in Portuguese design reality. To achieve this goal an extensive collection and management of information have been performed, characterising the different variables that are likely to affect the service life of the constructions and establishing assess criteria.

This work aims also to contribute to new regulation requirements included in the draft version of *RGEU* revised document.

Keywords

Durability
Estimated service life
Factor Method
Assess criteria
Modifying factors characterisation

ÍNDICE DE TEXTO

1. INTRODUÇÃO 1

1.1. O PATRIMÓNIO EDIFICADO EM PORTUGAL 1
1.2. A ARQUITECTURA E A DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES 2
1.3. MOTIVAÇÃO PARA O TEMA E OBJECTIVO DO TRABALHO 4
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO 5

2. DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES 7

2.1. CONCEITO DE DURABILIDADE 7
2.2. EVOLUÇÃO DO TEMA 8
2.3. INDICADORES DE DURABILIDADE 11
2.4. AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE 14
2.4.1. Exigências de desempenho 14
2.4.2. Métodos de avaliação da durabilidade 15
2.5. AGENTES DE DEGRADAÇÃO 16
2.6. FIM DA VIDA ÚTIL 17

3. PLANEAMENTO DA VIDA ÚTIL DOS EDIFÍCIOS 19

3.1. CONSIDERAÇÕES 19
3.2. PROPOSTA DA NORMA ISO 15686 19
3.2.1. Introdução 19
3.2.2. Âmbito de aplicação 20
3.2.3. Integração do planeamento da vida útil na actividade de projecto 21

3.2.3.1. Etapas a considerar no projecto 22
3.2.3.1.1. 1ª Fase - Programa Base 22
3.2.3.1.2. 2ª Fase - Estudo Prévio 22
3.2.3.1.3. 3ª Fase – Projecto 22
3.2.3.1.4. 4ª Fase - Estimativa da vida útil 23
3.2.3.1.5. 5ª Fase – Preparação de documentação 23
3.2.4. Estimativa da vida útil das construções 23
3.2.5. Método Factorial 24
3.2.5.1. Vida útil de referência 25
3.2.5.2. Factores modificadores 27
3.2.6. Conclusão 28

4. O MÉTODO FACTORIAL NO CONTEXTO PORTUGUÊS 29

4.1. INTRODUÇÃO 29
4.2. FACTORES MODIFICADORES 31
4.2.1. Factor A – Qualidade do produto de construção 31
4.2.1.1. Âmbito de aplicação 31
4.2.1.2. Considerações 31
4.2.1.3. Classificação da qualidade do produto 31
4.2.1.4. Factor A – Índices aplicáveis 34
4.2.2. Factor B – Nível de qualidade do projecto 34
4.2.2.1. Âmbito de aplicação 34
4.2.2.2. Considerações 34
4.2.2.3. Classificação da qualidade do projecto 35
4.2.2.4. Factor B – Índices aplicáveis 37
4.2.3. Factor C – Nível de qualidade da execução 37
4.2.3.1. Âmbito de aplicação 37
4.2.3.2. Considerações 38
4.2.3.3. Classificação da qualidade da execução 38
4.2.3.3.1. Qualificação da mão-de-obra 39

4.2.3.3.2. Gestão técnica em obra 39
4.2.3.4. Factor C – Índices aplicáveis 41
4.2.4. Factor D – Características do ambiente interior 42
4.2.4.1. Âmbito de aplicação 42
4.2.4.2. Considerações 42
4.2.4.3. Classificação dos espaços interiores em função da sua exposição à humidade 43
4.2.4.4. Factor D – Índices aplicáveis 45
4.2.5. Factor E – Características do ambiente exterior 46
4.2.5.1. Âmbito de aplicação 46
4.2.5.2. Considerações 46
4.2.5.3. Classificação dos ambientes exteriores segundo o factor climático temperatura 47
4.2.5.4. Classificação dos ambientes exteriores segundo o factor climático precipitação 49
4.2.5.5. Classificação dos ambientes exteriores segundo as solicitações face à poluição e à influência marítima 50
4.2.5.6. Factor E – Índices aplicáveis 51
4.2.5.7. Outras solicitações a considerar no projecto 51
4.2.5.7.1. Acção da radiação solar 52
4.2.5.7.2. Acção combinada temperatura/geada 54
4.2.5.7.3. Acção combinada vento/precipitação 55
4.2.6. Factor F – Características do uso 56
4.2.6.1. Âmbito de aplicação 56
4.2.6.2. Considerações 56
4.2.6.3. Classificações de adequação ao uso 57
4.2.6.3.1. Revestimentos de pavimento 57
4.2.6.3.2. Revestimentos de paredes exteriores 60
4.2.6.4. Factor F – Índices aplicáveis 61
4.2.7. Factor G – Nível de manutenção 62
4.2.7.1. Âmbito de aplicação 62

4.2.7.2. Considerações 62
4.2.7.3. Classificação do nível de manutenção 62
4.2.7.3.1. Facilidade de Reparação (r) 63
4.2.7.3.2. Necessidades de Manutenção (e) 64
4.2.7.4. Factor G – Índices aplicáveis 64
4.3. MATRIZ DE DURABILIDADE 65
4.4. APLICAÇÃO DO MÉTODO FACTORIAL 66
4.4.1. Balizamento dos casos a estudar 66
4.4.2. Condições dos Projectos em estudo 66
4.4.3. Características dos Produtos 68
4.4.4. Índices aplicáveis aos produtos em estudo 69
4.4.5. Aplicação do Método Factorial aos casos em estudo 72
4.4.6. Durabilidade como critério dos projectos A e B 72
4.4.6.1. Durabilidade como critério do projecto A 73
4.4.6.2. Durabilidade como critério do projecto B 73
4.4.7. Considerações à aplicação do método 74

5. A DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES NA PROPOSTA DE REVISÃO DO RGEU 75

5.1. INTRODUÇÃO 75
5.2. OBJECTIVO 75
5.3. ABORDAGEM AOS ARTIGOS 119º E 120º DA PROPOSTA DE REVISÃO DO RGEU 76
5.3.1. Artigo 119º - Vida Útil das Construções 76
5.3.1.1. Artigo 119º: nº 1 76
5.3.1.2. Artigo 119º: nº 2 77
5.3.1.3. Artigo 119º: nº 3 77
5.3.1.4. Artigo 119º: nº 4 78
5.3.1.5. Artigo 119º: nº 5 78
5.3.1.6. Artigo 119º: nº 6 79
5.3.2. Artigo 120º - Concepção com Durabilidade 79
5.3.2.1. Artigo 120º: nº 1 80

5.3.2.2. Artigo 120º: nº 2 81
5.3.2.3. Artigo 120º: nº 3 82
5.3.2.4. Artigo 120º: nº 4 82

6. CONCLUSÕES 83

6.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES 83
6.2. SUGESTÕES E FUTUROS DESENVOLVIMENTOS 84
6.2.1. Principais sugestões 84
6.2.2. Futuros desenvolvimentos 84

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 86

ANEXO A.1

TERMOS E DEFINIÇÕES A.1

ÍNDICE DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO

Figura 1.1 - Estado de conservação dos alojamentos em Portugal 1
Figura 1.2 - "Allianz Arena": perspectiva global do edifício, Alemanha, Herzog & De Meuron 3
Figura 1.3 - "Allianz Arena": perspectiva parcial do edifício, Alemanha, Herzog & De Meuron 3
Figura 1.4 - "Allianz Arena": perspectiva nocturna do edifício, Alemanha, Herzog & De Meuron 3
Figura 1.5 - "O arco e a orquídea": perspectiva global do edifício, China, Bernardo Rodrigues 4
Figura 1.6 - "O arco e a orquídea": perspectiva parcial do edifício, China, Bernardo Rodrigues 4

2. DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES

Figura 2.1 - Funções hipotéticas do desempenho ao longo do tempo 14

3. PLANEAMENTO DA VIDA ÚTIL DOS EDIFÍCIOS

Figura 3.1 - Metodologia para a previsão do tempo de vida útil 26

4. O MÉTODO FACTORIAL NO CONTEXTO PORTUGUÊS

Figura 4.1 - Exemplo de declaração de conformidade CE do fabricante 32
Figura 4.2 - Símbolo da Marcação CE 33
Figura 4.3 - Causas de patologias (valores médios europeus) 35
Figura 4.4 - Zonamento climático de Inverno em Portugal continental 47
Figura 4.5 - Zonamento climático de Verão em Portugal continental 47
Figura 4.6 - Distribuição da quantidade de precipitação Portugal continental 49
Figura 4.7 - Radiação solar média anual em Portugal continental 52
Figura 4.8 - Número médio anual de dias com geada 54
Figura 4.9 - Zonamento do território de Portugal Continental em função da acção do vento: RSA 55

ÍNDICE DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO

Tabela 1.1 - Investimentos em construção na Europa no ano de 2000 2

2. DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES

Tabela 2.1 - Vida útil dos produtos em função da durabilidade das construções 12
Tabela 2.2 – Valores mínimos do tempo de vida útil estimada para os produtos da construção 12
Tabela 2.3 - Categorias para a vida de projecto 13
Tabela 2.4 - Vida útil de projecto solicitada aos produtos da construção 13
Tabela 2.5 - Agentes de degradação 17
Tabela 2.6 - Tipos de obsolescência 18

3. PLANEAMENTO DA VIDA ÚTIL DOS EDIFÍCIOS

Tabela 3.1 - Integração do planeamento da vida útil na actividade de projecto 21
Tabela 3.2 - Valores de desvio em relação à condição de referência 27
Tabela 3.3 - Factores modificadores 28

4. O MÉTODO FACTORIAL NO CONTEXTO PORTUGUÊS

Tabela 4.1 - Índices aplicáveis ao Factor A 34
Tabela 4.2 - Índices aplicáveis ao Factor B 37
Tabela 4.3 - Áreas funcionais e seus objectivos 40
Tabela 4.4 - Índices aplicáveis ao Factor C 42
Tabela 4.5 - Classificação dos locais interiores segundo a exposição à humidade 44
Tabela 4.6 - Classificação dos locais em função da sua higrometria 45

Tabela 4.7 - Índices aplicáveis ao Factor D 46
Tabela 4.8 - Alterações do zonamento climático de Inverno em função da altitude dos locais (Portugal continental) 48
Tabela 4.9 - Alterações do zonamento climático de Verão em função da altitude dos locais (Portugal continental) 48
Tabela 4.10 - Zonamento de Portugal continental em função da precipitação média anual 49
Tabela 4.11 - Definição das atmosferas exteriores em função dos índices de poluição do ar e da influência marítima 50
Tabela 4.12 - Índices aplicáveis ao Factor E 51
Tabela 4.13 - Valores máximos de radiação global incidente sobre superfícies exteriores em Portugal continental 53
Tabela 4.14 - Valores do coeficiente de absorção da radiação solar em função da cor 53
Tabela 4.15 - Zonamento segundo a acção do vento definido pelo RSA 55
Tabela 4.16 - Classificação UPEC: descrição das classes 57
Tabela 4.17 - Classificação UPEC: níveis das classes 58
Tabela 4.18 - Classificação mínima UPEC dos produtos a aplicar segundo os locais 59
Tabela 4.19 - Áreas de actividade face à acção dos choques decorrentes da ocupação normal 60
Tabela 4.20 - Energia de choque* em ensaios de revestimento de fachada 60
Tabela 4.21 - Classes de exposição das fachadas aos choques exteriores decorrentes da ocupação Normal 61
Tabela 4.22 - Índices aplicáveis ao Factor F 61
Tabela 4.23 - Classes de facilidade de reparação segundo a classificação reVETIR 63
Tabela 4.24 - Classes de necessidades de manutenção segundo a classificação reVETIR 64
Tabela 4.25 - Índices aplicáveis ao Factor G 64
Tabela 4.26 – Matriz de Durabilidade 65
Tabela 4.27 – Condições genéricas do Projecto A 67
Tabela 4.28 – Condições genéricas do Projecto B 67
Tabela 4.29 – Condições específicas dos locais interiores 68
Tabela 4.30 – Características específicas do Produto 1 68
Tabela 4.31 – Características específicas do Produto 2 69
Tabela 4.32 - Projecto A: Índices aplicáveis aos produtos 1 e 2 70
Tabela 4.33 - Projecto B: Índices aplicáveis aos produtos 1 e 2 71
Tabela 4.34 – Projecto A: VUE dos Produtos 1 e 2 72
Tabela 4.35 – Projecto B: VUE dos Produtos 1 e 2 72

1. INTRODUÇÃO

1.1. O PATRIMÓNIO EDIFICADO EM PORTUGAL

O património arquitectónico edificado, "*ao possuir uma articulação privilegiada com o espaço da cidade e um significado denso acumulado ao longo dos séculos*" [18], tem a capacidade de trazer até nós a memória de um povo e de determinada época.

Embora se verifique, actualmente, uma crescente preocupação com a qualidade das construções, "*o parque imobiliário português apresenta problemas de degradação construtiva e funcional, em certos casos de alguma gravidade, derivados do reduzido investimento na sua manutenção periódica ao longo de várias décadas e dos erros e atropelos que têm sido cometidos no processo de construção*" [60].

De acordo com os resultados publicados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) nos resultados definitivos dos Censos 2001 [109], o estado de conservação dos alojamentos apresentava-se da seguinte forma:

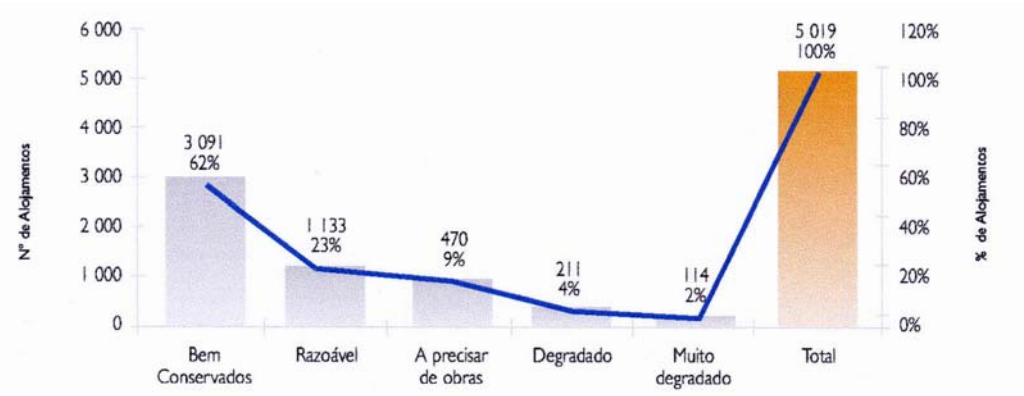


Figura 1.1 - Estado de conservação dos alojamentos em Portugal [57]

O estado de degradação dos edifícios, em Portugal, pode ser explicado pelo reduzido investimento na sua conservação e manutenção.

De acordo com o relatório publicado pelo Ministério das Obras Públicas, Transportes e Habitação [57], Portugal, quando comparado com os restantes países do espaço económico europeu, apresenta o valor de investimento em recuperação mais baixo, sendo o valor desse investimento 5,66% do total do investimento na construção.

Apresenta-se de seguida na tabela 1.1 a proporção de investimentos em construção na Europa no ano de 2000.

Tabela 1.1 - Investimentos em construção na Europa no ano de 2000 [57]

País	Novas construções (habitação)	Reabilitação
Áustria	23,98%	32,14%
Bélgica	26,72%	31,47%
Dinamarca	12,94%	36,47%
Finlândia	19,70%	31,82%
França	21,97%	41,16%
Alemanha	27,99%	37,36%
Irlanda	34,01%	21,77%
Itália	17,23%	46,30%
Holanda	19,44%	37,96%
Noruega	17,93%	38,62%
Espanha	34,16%	22,45%
Suécia	11,04%	50,00%
Suiça	29,26%	23, 33%
Grã-Bretanha	13,32%	41,39%
Portugal	49,06%	5,66%
Média Europeia	23,92%	33,19%

Ao contrário do que aconteceu durante a segunda metade dos anos 90, período no qual o sector da construção em Portugal cresceu a uma taxa de mais de 10 vezes a média da União Europeia [100], assistimos hoje, de um modo lento mas progressivo à alteração da filosofia e política do sector da construção em Portugal.

De acordo com a Secretaria de Estado e da Habitação [57], o estado actual do património edificado em Portugal é o resultado *da "política seguida nos últimos anos de incentivo à construção e à aquisição de casa própria (…). Esta política conduziu ao abandono dos grandes centros urbanos para as áreas periféricas, onde a construção nova prolifera, conduzindo à consequente degradação e abandono de milhares de fogos inseridos no património edificado dos centros urbanos*".

Deste modo, torna-se relevante, para além de aumentar os investimentos na conservação e reabilitação dos edifícios, incrementar noções de qualidade e de sustentabilidade das construções, as quais devem assentar em princípios de planeamento da vida útil dos edifícios.

1.2. A ARQUITECTURA E A DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES

O Movimento Moderno introduziu alterações radicais no modo de pensar e conceber as cidades e os edifícios e introduziu uma nova base teórica para compreender as funções em arquitectura e urbanismo, que resultou numa ruptura clara com conceitos passados [97].

A arquitectura actual caracteriza-se pela adopção de formas dinâmicas que maximizem os efeitos visuais.

Este conceito tem conduzido a que os Arquitectos recorram ao uso de novos materiais e de novas técnicas construtivas como meio de possibilitar arquitecturas mais inventivas e tecnicamente inteligentes.

Figura 1.2 - "Allianz Arena": perspectiva global do edifício, Munique, Alemanha Herzog & De Meuron

Figura 1.3 - "Allianz Arena": perspectiva parcial do edifício, Munique, Alemanha Herzog & De Meuron

Figura 1.4 - "Allianz Arena": perspectiva nocturna do edifício, Munique, Alemanha Herzog & De Meuron

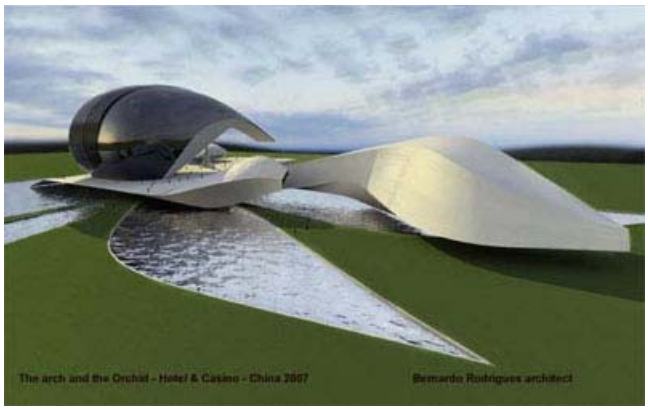


Figura 1.5 - "O arco e a orquídea": perspectiva global do edifício, Pequim, China
Bernardo Rodrigues

Figura 1.6 - "O arco e a orquídea": perspectiva parcial do edifício, Pequim, China
Bernardo Rodrigues

O conhecimento pouco aprofundado sobre as características inerentes dos produtos da construção e dos comportamentos destes ao longo do tempo tem conduzido, em grande parte, a inúmeras patologias e ao deficiente desempenho das construções [43].

Com o intuito de colmatar esta lacuna têm vindo a ser desenvolvidos, a nível internacional, vários documentos técnicos no sentido do planeamento da vida útil das edificações, nomeadamente, através de métodos de previsão do tempo de vida útil dos produtos da construção.

Neste sentido, considera-se que esta temática deve ser encarada pelos técnicos projectistas como critério de projecto.

1.3. MOTIVAÇÃO PARA O TEMA E OBJECTIVO DO TRABALHO

O tema da durabilidade das construções tem sido uma constante preocupação e objecto de diversos estudos, directivas, normas e/ou especificações.

Até há algumas décadas atrás, "*a garantia da durabilidade das construções era conseguida pela adopção de soluções construtivas tradicionais, com provas dadas no passado*" [17].

A introdução de novos produtos e/ou sistemas na actividade da construção tem obrigado a um rápido desenvolvimento da temática da durabilidade e da previsão do tempo de vida útil dos produtos da construção com o intuito de avaliar qual o seu desempenho ao longo do tempo de serviço.

"*Assiste-se hoje a desenvolvimentos importantes no sentido de possibilitar projectar o desempenho funcional dum edifício ao nível da sua durabilidade, ou seja, da mesma forma que se dimensiona o comportamento estrutural, térmico ou acústico, também é possível dimensionar a durabilidade*" [6].

Sendo na fase de projecto que se definem quais os produtos a aplicar numa construção, a selecção de uma adequada solução construtiva e o conhecimento do desempenho dos produtos ganham contornos de grande relevância.

O recurso a metodologias de previsão da vida útil dos produtos da construção no sentido de avaliar, em anos de serviço, o seu desempenho nos edifícios tem permitido seleccionar alternativas ao nível da concepção de edifícios.

No sentido de integrar a durabilidade como critério de projecto, este trabalho baseia-se na metodologia de previsão da vida útil dos produtos da construção sugerida pela norma ISO 15686-1 [81] contextualizada à realidade portuguesa.

É objectivo deste trabalho especificar e concretizar os factores modificadores propostos no Método Factorial, no contexto português, através de considerações e classificações que se entendem relevantes para uma correcta previsão do tempo de vida útil de determinado produto da construção.

Através da concretização dos factores modificadores, para Portugal, pretende-se também contribuir para a especificação do tema no nosso pais, nomeadamente na regulamentação da durabilidade e manutenção das construções proposta como nova matéria no documento de revisão do Regulamento Geral das Edificações Urbanas [16].

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma:

Capítulo 1 Introdução;
Capítulo 2 Durabilidade das construções;
Capítulo 3 Planeamento da vida útil dos edifícios;
Capítulo 4 O método factorial no contexto português;
Capítulo 5 A durabilidade das construções na proposta de revisão do RGEU;
Capítulo 6 Conclusões.

O presente capítulo apresenta algumas considerações gerais sobre o estado do património edificado no nosso país e enquadra a problemática da durabilidade das construções na actividade de projecto justificando a escolha do tema. Indicam-se de seguida os principais objectivos do trabalho e apresenta-se a sua estrutura.

No segundo capítulo desenvolve-se o conceito de durabilidade, apresenta-se a evolução da temática e seu enquadramento normativo a nível internacional e nacional. Expõem-se classificações, descrevem-se os parâmetros a considerar na avaliação da durabilidade e define-se o conceito de "*Fim da Vida Útil*" dos produtos da construção e dos edifícios.

Com o intuito de integrar a durabilidade como critério de projecto, apresenta-se no terceiro capítulo a metodologia para o planeamento da vida útil dos edifícios e dos produtos da construção proposta pela norma ISO 15686-1 [81].

Neste sentido, apresentam-se as etapas a considerar na actividade de projecto e quais os aspectos que podem afectar o prognóstico.

Descreve-se a metodologia proposta na referida norma e os parâmetros a considerar na estimativa do tempo de vida útil de determinado produto da construção sob determinadas condições específicas (Método Factorial).

No quarto capítulo os factores modificadores são contextualizados à realidade portuguesa de modo a serem utilizados no Método Factorial.

Para os produtos da construção que se encontram no âmbito de cada factor é efectuada uma avaliação do índice de durabilidade através de um enquadramento normativo. O resultado é expresso em tabelas de classificação. Ao conjunto das tabelas classificativas denominou-se de Matriz de Durabilidade.

Neste capítulo apresentam-se ainda exemplos de aplicação da previsão da vida útil de dois produtos da construção, em duas situações distintas, segundo o Método Factorial.

Com o intuito de contribuir para a regulamentação da temática em Portugal, desenvolvem-se no capítulo 5 considerações e sugestões à proposta para a durabilidade das construções apresentada como nova matéria no documento proposto para Regulamento Geral das Edificações Urbanas [16].

O capítulo 6 sintetiza as principais conclusões do trabalho e expressa as dificuldades sentidas na contextualização e aplicação da metodologia.

São também apresentadas as principais sugestões e os futuros desenvolvimentos que se consideram mais pertinentes para o tema em estudo.

É ainda apresentado um anexo com os termos e definições adoptadas pela ISO 15686-1 [81].

2. DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES

2.1. CONCEITO DE DURABILIDADE

A resistência, às diferentes condições atmosféricas e a sua capacidade de duração quando exposto aos agentes de degradação, foi definindo e classificando a durabilidade de determinado produto da construção possibilitando a escolha de este ou daquele material de acordo com o seu desempenho e sua capacidade de duração ao longo do tempo, ou seja, com o seu tempo de serviço.

Apesar de intrinsecamente ligados, os termos durabilidade e tempo de serviço não se igualam e apresentam-se distintamente definidos em diversos documentos.

Na norma internacional ISO 15686-1 [81] (*Buildings and constructed assets – Service life planning: general principles*) os termos durabilidade (*durability*) e tempo de serviço (*service life*), são descritos, respectivamente, do seguinte modo:

"*capacidade de um edifício ou de uma parte de um edifício desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo sob determinadas condições de serviço*".

"*período de tempo após conclusão da construção, em que o edifício ou os seus elementos igualam ou excedem os requisitos mínimos de desempenho*".

Na norma Canadiana S478-95 (*Guideline on Durability in Buildings*) [96], os mesmos termos são definidos respectivamente como:

"*capacidade de um edifício ou de qualquer componente do edifício de desempenhar as funções requeridas (requisitos mínimos) em condições de serviço, durante um intervalo de tempo, sem qualquer custo imprevisto, de manutenção ou de reparação"*.

"período de tempo durante o qual qualquer edifício ou componente do edifício, desempenham as funções requeridas (requisitos mínimos) sem qualquer custo imprevisto, de manutenção ou de reparação".

Na norma Americana ASTM E632 (*Standard Practice for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life Building Components and Materials*) [78], o termo durabilidade é definido como:

"capacidade de manter um produto, componente, sistema ou construção em serviço durante um período definido de tempo".

No mesmo documento, tempo de serviço (*service life*), é definido como:

"período de tempo, depois da instalação, durante o qual todas as propriedades do material ou componente do edifício, excedem os valores mínimos aceitáveis, quando sujeitos à manutenção adequada".

No documento da EOTA GD 002 (*Assumption of Working Life of Construction Products in Guidelines for European Technical Approvals*) [30], a definição para o termo vida útil (*working life*) traduz-se como:

"período de tempo durante o qual o desempenho dos produtos se mantêm a um nível compatível com a satisfação dos requisitos essenciais".

De acordo com as definições apresentadas, entende-se que o estudo da durabilidade *"exige um conhecimento apropriado das propriedades dos materiais e componentes da construção e das características dos ambientes a que estes vão estar sujeitos"* [17;81], de modo a permitir que um edifício ou parte do edifício desempenhe eficazmente, quando exposto aos agentes e mecanismos de degradação, as funções para o qual foi previsto.

Deste modo, torna-se então necessário considerar e caracterizar um conjunto de condições e factores que vão ter implicações no desempenho ao longo do tempo, quer nos produtos aplicados à construção, quer à globalidade do edifício.

2.2. EVOLUÇÃO DO TEMA

O tema da durabilidade das construções tem sido, ao longo da história da Humanidade, uma constante preocupação.

Neste sentido, a escolha de determinado produto da construção era efectuada pela sua aptidão para determinado uso.

Com a introdução de novos produtos e técnicas construtivas e com a utilização de inúmeros produtos num mesmo edifício, tem-se vindo a assistir a um desconhecimento das interacções entre os mesmos, tendo como consequência a redução da durabilidade do edifício.

Segundo o grupo de trabalho CIB-W94 (*Design for Durability*) [70] "*a maioria das falhas na durabilidade dependem do facto de não se conhecer o desempenho de determinados componentes ou materiais*" e pelo facto de, quando conhecido esse desempenho, este só se encontrar disponível em documentos técnicos, por norma de difícil acesso, e onde a informação não se encontra convenientemente tratada e sistematizada para uso frequente, fácil e eficaz aos projectistas.

Tem sido neste sentido, na tentativa de sistematizar e de normalizar a temática da durabilidade, entendida como critério de projecto, nomeadamente na previsão do tempo de vida útil dos produtos da construção, que se tem vindo a desenvolver, ao longo das últimas três décadas, a

nível internacional, encontros e congressos com o objectivo de debater os principais aspectos do tema.

De seguida, listam-se algumas dessas actividades internacionais.

Em 1989 é publicado pelo RILEM um documento que sugere algumas recomendações para a Previsão do Tempo de Vida Útil dos Edifícios (*Prediction of Service life of Buildings Materials and Components*).

A maior parte das actividades sofreram um grande desenvolvimento logo a seguir ao Congresso em Ambiente e Desenvolvimento (*Conference on Environnement and Development - UNCED*) que teve lugar no Rio de Janeiro, Brasil em 1992.

Em consequência deste congresso, é apresentada, em 1999, a "*Agenda 21*" [45] desenvolvida pelo *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB), que tem por objecto a sustentabilidade do desenvolvimento global.

Foram criados, dentro do CIB, alguns grupos de trabalho para o tema específico, nomeadamente:

CIB-W60	Conceito de desempenho no edifício (*Performance Concept in Building*);
CIB-W70	Gestão, manutenção e modernização nas instalações dos edifícios (*Management, Maintenance and Modernisation of Building Facilities*);
CIB-W80	Previsão do tempo de vida útil dos materiais e componentes dos edifícios (*Prediction of service life of building materials and components*);
CIB-W94	Projecto para a durabilidade (*Design for Durability*).

Da fusão entre o grupo de trabalho do CIB-W80 e do Comité técnico TC 59 do *International Union Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures* (RILEM), surge um novo grupo o CIB W 80/RILEM 175-SLM que desenvolve estudos no tema Metodologias para o Tempo de Serviço (*Service life Methodologies*).

De acordo com o relatório nº 294 do CIB [49], este documento constitui o ponto de partida para o desenvolvimento das normas que abordam o planeamento do tempo de vida útil das construções elaboradas pela *Internacional Organização for Standardization* (ISO).

As preocupações da ISO com o tema datam de 1984 aquando da necessidade da elaboração da norma ISO 6241 [84]. Nesta norma apresentam-se quais os factores que devem ser considerados no desempenho dos edifícios.

O grupo de trabalho TC59 (*Building Construction*) do RILEM pelo sub comité SC14 (*Design Life),* iniciou estudos específicos e exclusivos na área conduzindo à elaboração de novas normas ISO para o planeamento do tempo de vida útil das componentes e materiais dos edifícios, nomeadamente ISO 15686 [81;82;83;85].

Em 1988, surge na Europa a *Directiva dos Produtos para a Construção* (CPD) - Directiva 89/106/CE [15], onde são apresentados e definidos os *Requisitos Essenciais* que as construções devem respeitar durante o período de vida para o qual foram concebidas.

Em consequência desta Directiva foi estabelecida a *European Organization for Technical Approvall* (EOTA).

Esta organização tem vindo a publicar estudos, baseados em documentos elaborados pelo RILEM e pela ISO, para a avaliação do tempo de serviço dos materiais relativamente à durabilidade, nomeadamente o *Guidance Document 002* (GDOO2) [30] e o *Guidance Document 003 (GD003)* [29].

Em muitos outros países tem existido uma preocupação crescente, no sentido de estabelecer regulamentos e normas, com o intuito de prever a durabilidade dos produtos das construções e consequentemente do tempo de serviço dos edifícios.

Neste sentido surge na Nova Zelândia, em 1992, o *New Zealand Building Code* [103], no Reino Unido, também em 1992, sob a forma de norma o *Guide to Durability of Buildings and Buildings Elements, Products and Components* (BS 7543) [80] e no Canadá, em 1995, também sob a forma de norma o *Guideline on Durability in buildings* (S478-9514) [96].

No Japão, o tema tem sido objecto de estudo há já algumas décadas.

A publicação de um guia que estabelecesse os princípios para a previsão da durabilidade e do tempo de serviço dos materiais dos edifícios, da gestão e planeamento dos mesmos, data de 1989, data em que foi concluída a redacção do *Principal Guide for Service Life Planning of Buildings* [1].

Tendo sido um dos primeiros documentos com a preocupação de regular e demonstrar os conceitos fundamentais da durabilidade, em cada fase do ciclo de vida das construções e numa abordagem do desempenho global dos edifícios, este guia funcionou como o ponto de partida para muitas das normas que abordam o tema a nível internacional.

A mesma preocupação tem sido manifestada em congressos e conferências internacionais nomeadamente no ciclo de congressos "*Durability of Buildings Materials and Components*" (DBMC) levados a cabo pelo CIB, RILEM, ASTM International Standards, entre outros.

Em Portugal, a temática tem sido apresentada em alguns congressos e conferências nacionais, nos quais se tem pretendido demonstrar a crescente preocupação com esta problemática.

Actualmente, Portugal não possui regulamentação específica à durabilidade das construções. A abordagem a esta temática encontra-se prevista na proposta de revisão do Regulamento Geral das Edificações Urbanas [16] pelo que no, capítulo 5 deste trabalho, serão efectuadas algumas considerações e sugestões ao proposto.

2.3. INDICADORES DE DURABILIDADE

Os estudos e investigações da quantificação do tempo de vida útil dos produtos da construção e das construções têm vindo a ser traduzidos em diversos documentos.

Apresentam-se de seguida algumas tabelas com indicadores de durabilidade sugeridos por algumas normas internacionais. As referidas tabelas expressam esses indicadores em função de determinados parâmetros, nomeadamente, em função da durabilidade das construções e da facilidade de reparação e/ou substituição dos produtos (tabela 2.1) [30], em função da vida de projecto do edifício (tabela 2.2) [81], em função da categoria de projecto (tabela 2.3) [96] e em função do uso do edifício (tabela 2.4) [1].

Pretende-se, com a sua apresentação, identificar que, apesar dos critérios gerais de classificação serem distintos, os valores mínimos sugeridos para a vida de projecto e para a vida útil dos produtos da construção são semelhantes.

De acordo com o documento GD002 da EOTA [30] "*as indicações dadas para o tempo de serviço de um produto da construção não devem ser entendidas como a garantia dada pelo fabricante mas devem ser encaradas, e unicamente, como uma forma de escolher correctamente os produtos relativamente ao que é esperado como economicamente razoável para o tempo de serviço*".

Tabela 2.1 - Vida útil dos produtos em função da durabilidade das construções [30]

Durabilidade das construções		Durabilidade dos produtos da construção (em anos)		
		Categoria		
Categoria	Anos	Facilmente reparável ou substituível	Reparável ou Substituível	Para toda a vida da construção (2)
Pequena	10	10 (1)	10	10
Média	25	10 (1)	25	25
Normal	50	10 (1)	25	50
Longa	100	10 (1)	25	100

1) Em casos excepcionais e justificados, isto é, para determinado produto de reparação prevê-se um tempo de serviço de 3 a 6 anos (quando em concordância com EOTA TB ou CEN, respectivamente).
2) Quando não são reparáveis, substituídos facilmente ou substituídos com mais algum esforço.

Os valores apresentados na ISO 15686-1 [81] definem que a vida útil de um edifício é limitada pela degradação dos elementos da construção que não são passíveis de serem substituídos ou cuja substituição seja demasiado dispendiosa tornando-se provavelmente incomportável ao longo do ciclo de vida do edifício.

Tabela 2.2 – Valores mínimos do tempo de vida útil estimada para os produtos da construção [81]

Vida de projecto do edifício	Elementos inacessíveis ou estruturais	Elementos cuja substituição é difícil ou dispendiosa	Elementos substituíveis do edifício	Instalações e equipamentos
Ilimitada	Ilimitada	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

1) Alguns dos elementos de fácil substituição (pintura de paredes exteriores) poderão ter uma durabilidade inferior - 3 a 6 anos.
2) A vida ILIMITADA deve ser utilizada apenas em alguns casos porque reduz significativamente as opções de projecto.

Segundo a norma canadiana S478-95 [96], as especificações da vida útil do projecto (*Design Service Life*) devem ser estabelecidas segundo o tipo de categoria que é pretendido para o edifício em questão.

Tabela 2.3 - Categorias para a vida de projecto [96]

Categoria	Vida útil de projecto	Exemplos
Temporária	Até 10 anos	▪ Construções não permanentes (salas de escritórios); ▪ Edifícios de exposições temporárias.
Vida Média	entre 25 e 49 anos	▪ Maior parte dos edifícios industriais e a maioria das estruturas para estacionamento[1].
Vida Longa	entre os 50 e os 99 anos	▪ Maioria dos edifícios residenciais, comerciais e edifícios de escritórios; edifícios de cuidados de saúde e educacionais; estruturas de aparcamento por baixo de edifícios projectados para um tempo de serviço mais longo[1].
Permanente	≥ 100 anos	▪ Edifícios monumentais (museus nacionais, galerias de arte, arquivos); Edifícios patrimoniais[2].

1) As estruturas para estacionamentos devem possuir um tempo de serviço de projecto pelo menos igual ao edifício que as serve, excepto as estruturas para estacionamento que se enquadrem na categoria de edifícios "vida longa", que podem ser projectadas para um tempo de "vida média" desde que não se encontrem localizadas directamente sob super-estruturas pertencentes à categoria de "vida longa" ou desde que a deterioração das estruturas de estacionamento não afectem o desempenho do edifício. Ver norma CSA- S413.

2) Os edifícios não são projectados como estruturas patrimoniais, mas poderá ser-lhes atribuída essa designação devido ao seu significado histórico. Um dos objectivos de aplicar esta designação aos edifícios é o de assegurar que a partir daí, serão preservados e permanentemente vigiados. Os conceitos contidos neste documento constituirão um auxílio ao estabelecimento de uma manutenção e uma reparação adequadas para esses edifícios.

A tabela de classificação do tempo de vida útil para as construções proposta pelo *Principal Guide for Service Life Planning of Japan* [1], recomenda valores médios para o tempo de serviço dos elementos que fazem parte da construção em função do tipo de uso atribuído ao edifício.

Tabela 2.4 - Vida útil de projecto solicitada aos produtos da construção [1]

Tipo de elemento	Uso do edifício			
	Habitação	Escritórios	Hospitais	Escolas
Todo o Edifício	62	53	55	44
Cobertura plana	26	24	32	23
Cobertura inclinada	43	41	46	38
Sistema de fachada	48	42	43	34
Janela	45	35	32	29
Porta interior	39	30	36	26
Compartimentação	48	35	43	30
Elementos metálicos de amarração	32	22	21	24
Ar condicionado	40	31	24	26
Torneiras	23	17	15	18

Estando a durabilidade das construções dependente da durabilidade dos produtos da construção as classificações apresentadas devem ser entendidas como ferramenta indicadora do tempo de serviço das construções e/ou dos produtos aplicáveis às construções e não como classificações estanques.

2.4. AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE

A avaliação da durabilidade e/ou previsão do tempo de vida útil dos produtos da construção pode basear-se em modelos experimentais e em modelos teóricos (físicos ou matemáticos).

Na previsão da vida útil de cada produto da construção devem ser considerados os modelos que se adeqúem melhor à sua natureza e à sua utilização, sendo para isso necessário recorrer a uma rigorosa definição das funções e exigências que se lhe colocam.

2.4.1. Exigências de desempenho

A aptidão de desempenho de determinado produto da construção decorre da sua resposta às solicitações a que vai estar sujeito durante o seu período de vida e em condições normais de utilização.

Neste sentido, na avaliação do desempenho dos produtos da construção devem ser considerados os factores que afectam a durabilidade dos produtos da construção, tais como o clima, a agressividade do meio, as solicitações decorrentes da utilização, entre outras acções.

A figura que se apresenta a seguir pretende demonstrar, de forma hipotética, o desempenho ao longo do tempo de determinado componente em determinadas condições de serviço.

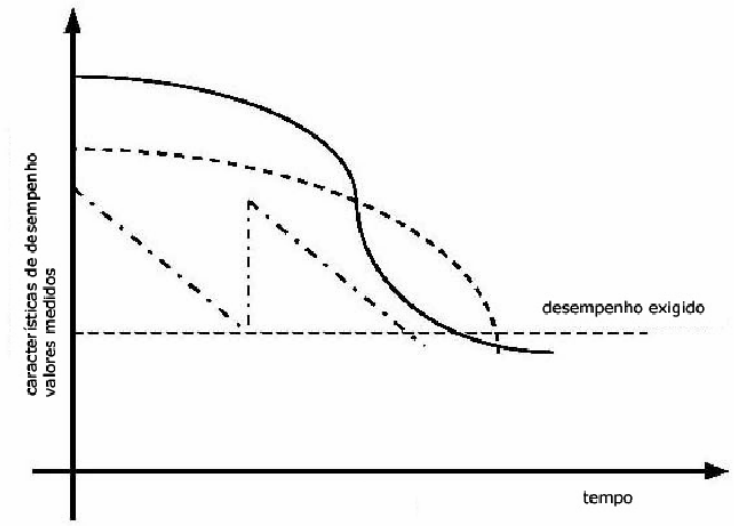


Figura 2.1 - Funções hipotéticas do desempenho ao longo do tempo [47]

"*Na construção actual, a industrialização e a diversidade de materiais e sistemas construtivos exigem uma selecção das soluções de forma a que garantam um determinado desempenho e evidenciem a aptidão dos sistemas para satisfazer um conjunto de exigências, definidas em normas, regulamentos e especificações técnicas*" [31]".

No sentido de regular as exigências funcionais dos produtos da construção são definidos na Directiva dos Produtos da Construção 89/106/CEE [15], seis *Requisitos Essenciais.* Estes requisitos, de acordo com a referida directiva "*constituem o conjunto de requisitos mínimos que as obras de construção devem respeitar de modo a poderem ser consideradas aptas ao uso durante o período de vida para o qual foram concebidas*".

Os *Requisitos Essenciais* definidos na referida directiva são os seguintes:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança contra incêndios;
- Higiene, saúde e ambiente;
- Segurança na utilização;
- Protecção contra o ruído;
- Economia de energia e retenção de calor.

Para além das exigências funcionais existem outro tipo de exigências que devem ser consideradas, nomeadamente:

- Conforto visual;
- Durabilidade;
- Adaptação à utilização normal;
- Manutenção e reparação.

De um modo geral, as exigências funcionais encontram-se reguladas. "*Em relação às restantes exigências a informação deverá ser recolhida, no caso da construção corrente, em normas, especificações ou outro documentos de carácter pré-normativo e no caso da construção inovadora, a partir de Directivas, Guias ou relatórios da UEAtc e de Guias EOTA*" [31].

2.4.2. Métodos de avaliação da durabilidade

Como já foi referido, os métodos para a avaliação da durabilidade de um produto da construção podem basear-se em modelos experimentais e/ou em modelos teóricos (físicos ou matemáticos) e pretendem prever a vida útil dos produtos da construção em condições padrão.

"A previsão da vida útil é, pela própria variabilidade e evolução do conceito, uma ciência relativa e não exacta. (…) No entanto, para determinado produto ou componente da construção, há sempre um vasto conjunto de exigências a satisfazer." [68].

A identificação e quantificação dos fenómenos que contribuem para a deterioração dos produtos da construção têm conduzido ao desenvolvimento de outros métodos de avaliação da durabilidade dos produtos com o intuito de estimar, sob determinadas condições específicas, o desempenho da exigência de durabilidade de determinado produto da construção.

Neste sentido, destaca-se neste trabalho, o método de estimativa sugerido norma ISO 15686-1 [81] (Método Factorial).

2.5. AGENTES DE DEGRADAÇÃO

O processo de degradação apresenta-se pela "*alteração ao longo do tempo da composição, microestrutura e propriedades de um produto que resulta numa redução do seu desempenho*" [81].

Estando a durabilidade dos produtos da construção influenciada por um conjunto de acções, isoladas e/ou combinadas, torna-se necessário identificar quais os agentes de degradação que actuam sobre um edifício ou parte de um edifício e que afectam negativamente o seu desempenho.

Pelo facto da degradação compreender interacções complexas entre um ou mais factores e pelo facto da actuação conjunta desses factores acelerar o processo de envelhecimento, a análise dos agentes de degradação não deverá ser efectuada de modo isolado.

"*Quando expostos aos factores de degradação, ou às solicitações normais decorrentes do uso, os materiais vão sofrendo alterações, apresentando, normalmente, uma sucessiva perda de funcionalidade*" [68].

No capítulo 4 deste trabalho serão analisados os factores que podem afectar o desempenho dos produtos da construção e consequentemente o tempo de vida útil das construções.

Na tabela que se segue, (tabela 2.5), identificam-se os agentes de degradação que podem afectar o tempo de vida útil dos produtos da construção de acordo com a proposta da norma ISO 6241 [84].

Tabela 2.5 - Agentes de degradação [84]

Natureza	Classe	Exemplos
Mecânica	▪ Gravitacionais	▪ Acções permanentes, sobrecarga, acção da neve.
	▪ Forças aplicadas e deformações impostas ou restringidas	▪ Expansão e contracção, formação de gelo.
	▪ Energia cinética	▪ Impactos, choque hidráulico
	▪ Vibrações e ruídos	▪ Vibrações devidas a tráfego ou equipamentos
Electromagnética	▪ Radiação	▪ Solar, UV, radioactividade
	▪ Electricidade	▪ Reacções electrolíticas, iluminação eléctrica
	▪ Magnetismo	▪ Campos magnéticos
Térmica	▪ Níveis extremos ou variações acentuadas de temperatura	▪ Calor, geada, choque térmico, fogo
Química	▪ Água e solventes	▪ Humidade do ar, humidade do solo, precipitação, álcool
	▪ Agentes oxidantes	▪ Oxigénio, desinfectantes
	▪ Agentes redutores	▪ Sulfuretos, amoníaco
	▪ Ácidos	▪ Ácido carbónico, excrementos de pássaros
	▪ Bases	▪ Cimento, hidróxidos, cal
	▪ Sais	▪ Nitratos, fosfatos, cloretos, gesso
	▪ Substâncias quimicamente neutras	▪ Gordura, óleo, calcário
Biológica	▪ Plantas e micróbios	▪ Bactérias, bolores, fungos, raízes
	▪ Animais	▪ Roedores, térmitas, vermes, pássaros

2.6. FIM DA VIDA ÚTIL

O fim da vida útil de determinado produto da construção é determinado pela perda de aptidão de desempenhar satisfatoriamente as suas funções, devido a alterações ao nível de desempenho exigido, relativamente ao uso para que se destina.

Sendo o conjunto de exigências a satisfazer para determinado produto da construção bastante alargado, torna-se difícil determinar o fim da sua vida útil.

De um modo geral "*considera-se que se atingiu o limite de durabilidade do componente quando determinado fenómeno de degradação (ou a acção conjugada de vários fenómenos) que agem sobre determinado elemento conduzem à ultrapassagem de determinado estado limite previamente definido. Esta tarefa não é fácil (os próprios critérios do que é aceitável mudam ao longo do tempo) e a forma de definir os estados limite pode variar consoante se considerem exigências de segurança, de funcionalidade ou de aparência*" [36].

Para além do fim da vida da útil se dar por perda de aptidão do produto, há que ter em consideração que se poderá verificar também uma situação de obsolescência, isto é, o produto deixar de desempenhar satisfatoriamente as suas funções, não porque tenha perdido as suas aptidões mas pelo facto de terem ocorrido alterações ao nível do desempenho exigido.

Podemos distinguir três tipos de obsolescência: a funcional, a tecnológica e a económica. A tabela que se segue (tabela 2.6) apresenta a ocorrência típica e exemplos dos distintos tipos de obsolescência.

Tabela 2.6 - Tipos de obsolescência [81]

Tipo de obsolescência	Ocorrência típica	Exemplos
Funcional	A função em causa já não é requerida.	Processo industrial obsoleto, instalações desnecessárias, divisória removida, etc.
Tecnológica	Alternativas actuais com um melhor desempenho, mudança de padrões de uso.	Mudança do isolamento térmico para um melhor desempenho, mudança para caixilharias mais estanques.
Económica	Item ainda totalmente funcional mas menos eficiente e económico que novas alternativas.	Mudança do sistema de aquecimento.

3. PLANEAMENTO DA VIDA ÚTIL DOS EDIFÍCIOS

3.1. CONSIDERAÇÕES

A previsão da vida útil de um edifício ou de parte de um edifício tem sido, ao longo dos anos, objecto e tema de diversos estudos, os quais têm vindo a ser expressos e sintetizados em normas e regulamentos específicos a nível internacional.

"*O estudo da durabilidade das construções, entendida como a capacidade de um edifício ou de parte de um edifício de desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo, sob determinadas condições de serviço, exige um conhecimento aprofundado das propriedades dos materiais e componentes da construção e das características dos ambientes a que estes estão sujeitos*" [17;81].

Conforme já foi referido no capítulo anterior, a durabilidade das construções, até há três ou quatro décadas atrás, estava associada à resistência e à estabilidade de determinado edifício. Actualmente, com a introdução de novos materiais e novas tecnologias aplicadas à actividade da construção, a questão da durabilidade das construções coloca-se com outra pertinência pelo facto do desempenho das novas soluções não ser conhecido.

"*Numa altura em que o projecto dos edifícios caminha em direcção a uma progressiva especialização"* [17] e as preocupações ambientais são mais presentes, nomeadamente a adequada utilização dos recursos existentes, conceber as construções com durabilidade coloca-se com maior premência.

Neste sentido, considera-se importante que a temática da durabilidade seja introduzida de uma forma sistemática nos procedimentos de projecto pelo que, neste capítulo, se aborda a metodologia de planeamento da vida útil de um edifício ("*Service Life Planning*") proposta pela norma ISO 15686-1 [81]. A proposta apresentada na norma "*baseia-se em trabalhos do CIB/RILEM, em estudos realizados em vários países, nomeadamente os publicados no Reino Unido, Japão, Canadá e nos Estados Unidos da América*" [81].

A temática da durabilidade das construções tem sofrido, nos últimos anos, um considerável desenvolvimento pelo que a terminologia utilizada tem passado por uma evolução significativa. Devido ao facto da maioria dos documentos técnicos e científicos se encontrarem definidos noutras línguas, considerou-se necessário apresentar uma tradução dos termos e definições propostos na ISO 15686-1 [81]. A proposta traduzida é apresentada no Anexo deste trabalho.

3.2. PROPOSTA DA NORMA ISO 15686

3.2.1. Introdução

O planeamento da vida útil de um edifício na fase de projecto é um procedimento que pretende integrar a problemática da durabilidade nas escolhas de projecto e garantir, dentro do

possível, que a vida útil de um edifício iguale ou exceda a vida útil considerada como base na fase de projecto tendo em conta os custos do ciclo de vida do edifício ("*life cycle costs*"). A esta duração de vida considerada como base na fase de projecto chama-se "*vida de projecto*".

A motivação para a produção desta norma residiu na necessidade de prever e controlar os custos da propriedade que o proprietário teria ao longo da vida útil do seu edifício tendo como objectivo a redução do custo da propriedade. Segundo a metodologia, a redução de custos, é obtida através da avaliação da durabilidade, segundo pormenorização e especificação adequada para determinado produto aplicado no edifício. A avaliação da durabilidade dos produtos da construção permite também prever quais as necessidades de manutenção, dando origem a um plano de manutenção e segundo este prever quais os encargos ao longo da vida útil do edifício.

A primeira parte da norma (ISO 15686–1:2000 [81]) fornece uma metodologia para estimar o tempo de vida útil de um edifício ou parte de um edifício considerando as acções de manutenção e reparação dos produtos da construção aplicados no edifício. Deste modo, a metodologia constitui uma ferramenta que permite comparar, na fase de projecto, diferentes soluções construtivas e verificar se o desempenho dos produtos aplicados se mantém aceitável ao longo da vida útil estimada. Para elaborar um correcto planeamento torna-se necessário a sistematização das circunstâncias específicas em que se insere cada construção de modo a assegurar, com o maior realismo, que o tempo de vida útil do edifício seja, no mínimo, igual à vida do projecto, ou seja, à "*vida útil considerada pelo projectista como base para as suas especificações*" [81].

Segundo a norma ISO 15686-1 [81] o tempo de vida útil de um edifício ou de parte de um edifício "é o período de tempo, após a conclusão da obra, durante o qual é atingido ou excedido o desempenho que lhe é exigido, procedendo-se a uma manutenção de rotina".

De acordo com esta definição, para o planeamento, torna-se então necessário considerar e caracterizar um conjunto de condições e factores que vão ter implicações no desempenho ao longo do tempo, quer nos produtos aplicados à construção, quer à globalidade do edifício, nomeadamente a acção dos agentes de degradação.

Deste modo, é objectivo deste capítulo dar a conhecer os princípios gerais da metodologia proposta para que seja possível aproximar, com maior exactidão, a metodologia de planeamento da vida útil de um edifício às circunstâncias específicas portuguesas que se apresentam no capítulo 4.

3.2.2. Âmbito de aplicação

A metodologia de planeamento para a vida útil de um edifício pode ser aplicada a edifícios novos e a edifícios existentes, contudo em edifícios existentes a avaliação da durabilidade dos produtos da construção aplicar-se-á, principalmente, à vida útil residual dos produtos que não irão ser substituídos.

Tendo em conta que na actividade de reabilitação de edifícios considerados históricos as necessidades de preservar determinadas características e autenticidades podem sobrepor-se às

preocupações de durabilidade, encontram-se excluídos do âmbito de aplicação os edifícios classificados como históricos.

3.2.3. Integração do planeamento da vida útil na actividade de projecto

Como já foi referido, o objectivo do planeamento da vida útil de um edifício é o de garantir, com a maior exactidão possível, que a vida de útil estimada iguale ou exceda a vida de projecto.

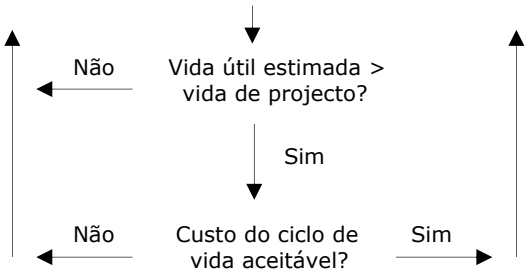
Como a duração da vida útil de um edifício não pode ser conhecida, com rigor, o objectivo consiste em fazer um prognóstico fiável usando os dados disponíveis, de modo a obter a combinação mais vantajosa dos custos iniciais, de manutenção e de exploração ao longo da vida útil do edifício.

O resultado pretendido na fase do planeamento deve corresponder a um conjunto de valores previstos para a vida útil dos diversos produtos da construção e a uma projecção das necessidades de manutenção (reparação e/ou substituição) que devem ser expressas numa calendarização.

O planeamento da vida útil, integrado como critério de projecto, torna-se um procedimento bastante vantajoso pelo que se apresenta o esquema representativo dessa integração proposto na norma.

Tabela 3.1 - Integração do planeamento da vida útil na actividade de projecto [81]

1ª FASE	2ª FASE	3ª FASE	4ª FASE	5ª FASE
Programa Base	**Estudo Prévio**	**Projecto**	**Estimativa da Vida Útil**	**Preparação de documentação**
• Desempenho e garantias requeridas; • Definição da vida de projecto do edifício; • Disponibilidades orçamentais.	• Identificar a vida de projecto das diversas partes do edifício; • Identificar os parâmetros de desempenho e manutenção; • Estimativa dos custos iniciais; • Ensaio de produtos especificamente concebidos para essa obra. (eventualmente)	• Base do projecto e especificações; • Disponibilidade de dados de investigação para elaborar prognósticos; • Estimativa de custos detalhada	• Identificar dados de ensaio; • Identificar dados inapropriados ou limitados; • Identificar vidas úteis de referência e factores a aplicar; • Verificar se as especificações dão resposta aos critérios de desempenho e manutenção.	• Instruções de execução; • Instruções de manutenção e exploração; • Instruções de demolição e substituição.



3.2.3.1. Etapas a considerar no projecto

3.2.3.1.1. 1ª Fase - Programa Base

Nesta fase deverão ser discutidas entre o dono de obra e o projectista determinadas condições decisivas em todo o processo projectual pelo que deverá ser estabelecido o seguinte:

a) A vida de projecto do edifício e o desempenho funcional requerido de todas as suas partes ao longo desse período de tempo;

b) Critérios mensuráveis de desempenho funcional, incluindo uma definição dos níveis não aceitáveis desse desempenho que implicarão a substituição do item em causa;

c) Quais as partes do edifício que deverão ser reparáveis, susceptíveis de manutenção ou substituíveis ao longo da vida de projecto do edifício.

3.2.3.1.2. 2ª Fase - Estudo Prévio

Nesta fase as escolhas de projecto deverão verificar:

a) Se a vida de projecto pode ser alcançada no âmbito dos condicionamentos do projecto (disponibilidades orçamentais, prazo de execução, exigências de desempenho, manutenção e características especificas do local);

b) Se o projecto satisfaz as exigências de desempenho definidas pelo cliente, na fase de programa (por exemplo, para componentes não substituíveis);

c) Se foi tido em consideração que acções de substituição, manutenção ou melhoria não deverão causar interrupções desnecessárias na utilização do edifício (elementos inacessíveis ou dificilmente acessíveis deverão ter uma vida útil pelo menos igual é do edifício).

Como consequência destas verificações poderá haver necessidade de rever determinadas exigências definidas na 1ª Fase e/ou rever as opções do projecto.

3.2.3.1.3. 3ª Fase - Projecto

A selecção por parte dos projectistas dos produtos a aplicar num edifício é definida com maior rigor nesta fase pelo que o cumprimento do desempenho requerido deverá ser verificado. Para uma correcta verificação deverá ser tido em conta que o desempenho, ao longo tempo, da construção depende:

- Das condições ambientais;
- Do projecto e da qualidade das suas especificações;
- Do tipo de materiais escolhidos;
- Do nível de qualidade da execução;
- Das acções de manutenção levadas a cabo;
- Do uso.

Salienta-se que *"a interface entre diferentes materiais e componentes é uma característica crítica para o desempenho do conjunto, na medida em que, para um determinado material ou componente, as características dos restantes elementos do edifício determinam, em grande parte, as condições ambientais a que o primeiro vai estar sujeito. Assim, as interfaces serão um importante aspecto a ter em conta na avaliação do desempenho esperado para o conjunto*" [17].

3.2.3.1.4. 4ª Fase - Estimativa da vida útil

Nesta fase deverá ser verificado se as escolhas efectuadas na fase anterior salvaguardam a vida de projecto definida nas 1ª e 2ª fases.

Se a vida útil estimada for igual ou superior à vida de projecto definida e se o custo do ciclo de vida da edificação for aceitável poderá passar-se para a 5ª fase. Se a vida útil estimada for inferior à vida de projecto ou se o custo do ciclo de vida não for aceitável, deverão ser revistos os procedimentos e escolhas efectuadas na 3ª fase.

3.2.3.1.5. 5ª Fase – Preparação de documentação

Esta fase representa o cumprimento total da integração do planeamento da vida útil nas diferentes fases de projecto e traduz-se pela preparação de toda a documentação de projecto necessária para a execução da obra.

3.2.4. Estimativa da vida útil das construções

O objectivo da estimativa da vida útil de um edifício é verificar se o edifício excede a vida de projecto, com alguma fiabilidade. Para isso a estimativa deverá:

- Reduzir as incertezas;
- Procurar utilizar dados disponíveis de qualidade reconhecida;
- Ter em conta a variabilidade;
- Ser usado para servir de orientação e não de prescrição.

Na avaliação do tempo de vida útil das construções é necessário ter em consideração um grande número de parâmetros pelo que a precisão e fiabilidade da estimativa pode nem sempre atingir o rigor desejado.

Estando a fiabilidade da estimativa dependente do tipo de dados disponíveis e da sua sistematização, é recomendável avaliar a necessidade de considerar a incerteza da previsão como um dado para o planeamento da vida útil. De um modo geral, é aceitável um nível mais baixo de fiabilidade da previsão para os produtos da construção reparáveis e/ou substituíveis. Tendo em consideração que a vida útil dos edifícios é limitada pela degradação dos elementos da construção não substituíveis, para os elementos cuja vida útil deva igualar a vida útil do edifício, torna-se muito importante elaborar uma estimativa muito fiável.

De modo a cobrir os possíveis erros de previsão, as soluções construtivas adoptadas deverão ser aquelas para as quais as estimativas da vida útil determinem uma duração algo superior à vida de projecto. No que se refere à variabilidade de comportamentos, é considerado previsível a existência de alguma variabilidade no desempenho e na duração da vida útil de soluções construtivas idênticas.

Pelo exposto, salienta-se que as previsões deverão ser encaradas como indicativas e orientadoras e que os planos de manutenção estabelecidos com base nessas previsões deverão ser actualizados à medida que se vai conhecendo mais informação sobre o desempenho do edifício e dos seus constituintes.

3.2.5. Método Factorial

O Método Factorial proposto pela ISO 15686 – 1 [81] permite uma estimativa da vida útil de um determinado produto da construção sob determinadas condições.

Partindo de uma duração da vida útil de referência, esperada em condições padrão, obtém-se uma estimativa da vida útil para as condições particulares pretendidas através da multiplicação da vida útil de referência por uma série de factores relacionados com diversos aspectos determinantes para a durabilidade.

Os factores a considerar são os seguintes:

Factor A – Qualidade do produto de construção
Factor B – Nível de qualidade do projecto
Factor C – Nível de qualidade da execução
Factor D – Características do ambiente interior
Factor E – Características do ambiente exterior
Factor F – Características do uso
Factor G – Nível de manutenção

O método para estimar a vida útil de determinado produto da construção expressa-se na seguinte fórmula:

Vida útil estimada (VUE) = Vida útil de referência (VUR) x A x B x C x D x E x F x G

3.2.5.1. Vida útil de referência

A previsão da vida útil de um determinado produto de construção diz respeito a um determinado conjunto de condições as quais raramente coincidirão, exactamente, com as condições de serviço.

À "*vida útil padrão que serve de base para a estimativa da vida útil de um edifício ou de uma parte do edifício*" [81] denomina-se de "*vida útil de referência*".

Os dados disponíveis para usar na previsão poderão ser provenientes da observação ou medição do desempenho em ensaios de curta ou longa duração, em laboratório ou em serviço. Sempre que possível o valor da vida útil de referência deverá ser obtido através da metodologia de previsão da vida útil sugerida pela norma, a qual se apresenta na figura 3.1.

Independentemente do método utilizado para chegar a uma previsão da vida útil, deverão ser considerados alguns aspectos que são sempre relevantes para essa avaliação, nomeadamente:

a) Os agentes de degradação;
b) Os efeitos da intensidade e da variação da acção desses agentes;
c) A sobreposição dos efeitos da acção de vários deles.

Para o planeamento da vida útil, os agentes de degradação a considerar são aqueles que provocam uma degradação gradual ao longo da vida útil do produto da construção. Causas acidentais de degradação total súbita não se enquadram no âmbito da metodologia [81].

Diferentes produtos "*vão estar sujeitos a diferentes agentes de degradação. Deste modo, torna-se fundamental identificar, para cada elemento em estudo, qual ou quais os agentes relevantes. Serão considerados relevantes os agentes que actuem na construção (ou parte da construção) e que possam dar início a um dos possíveis mecanismos de degradação dessa construção*" [17]. Quando identificados esses agentes, deverá ser determinada a sua intensidade e variação, bem como os valores máximos, médios, mínimos e periodicidade de actuação.

Pela raridade de actuação isolada de um único agente de degradação, deverão também ser considerados, caso se conheça, os dados de acção combinada de dois ou mais agentes.

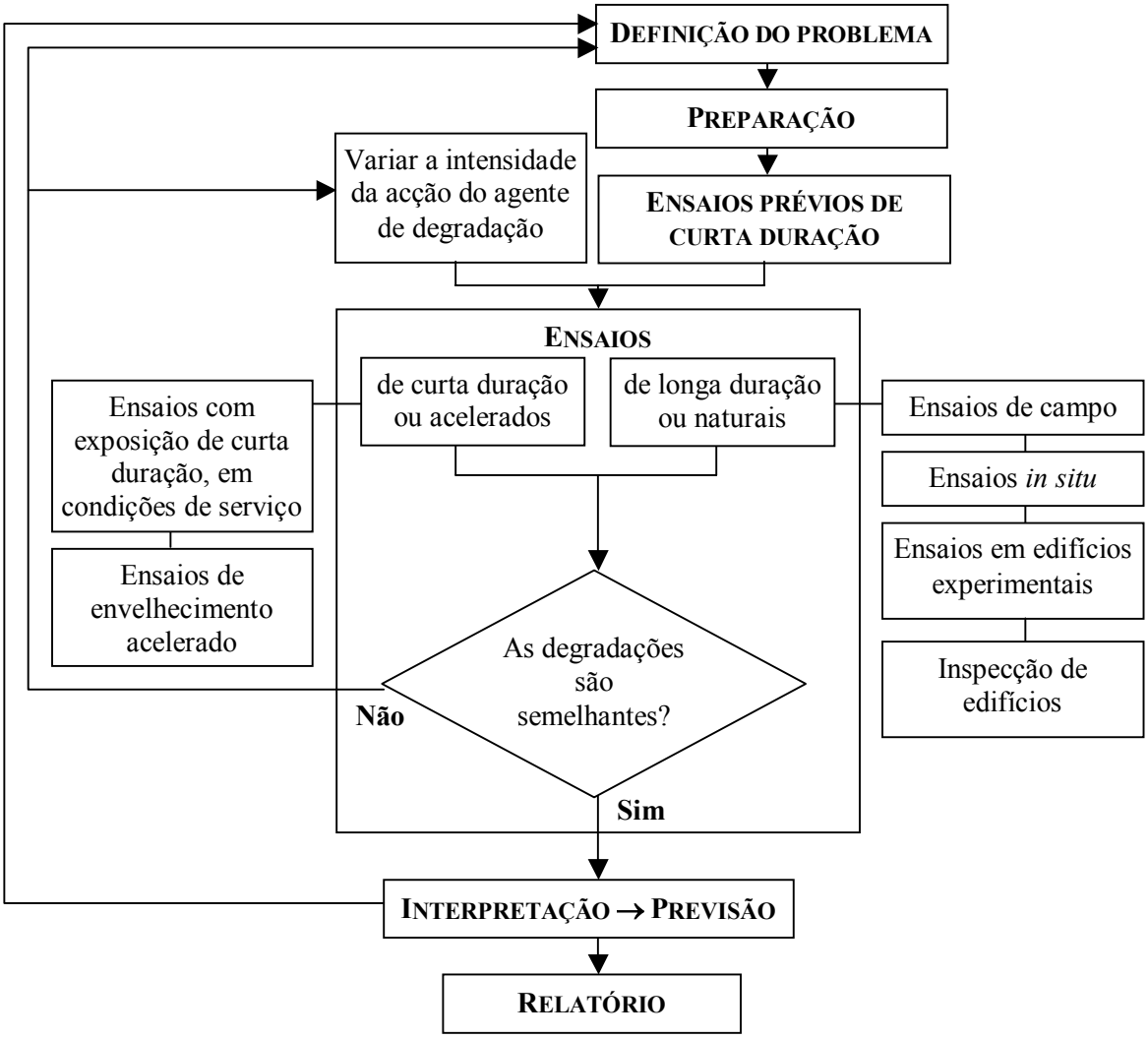


Figura 3.1 - Metodologia para a previsão do tempo de vida útil [17]

Da adequação do valor da vida útil de referência depende a fiabilidade do valor a calcular no Método Factorial pelo que, não sendo possível determinar o valor da vida útil de referência segundo a metodologia descrita, o valor a considerar para a vida útil de referência deverá, segundo a norma, ser baseado no seguinte:

a) Dados fornecidos pelo fabricante ou resultados de um laboratório de ensaios (para um produto novo, normalmente, apenas se tem acesso a dados do fabricante);

b) Dados de experiências anteriores ou observações de construções similares ou que se encontram em condições similares;

c) Informação contida em Documentos de Homologação ou outra documentação desse tipo;

d) Informação recolhida em bibliografia relacionada com o tema da durabilidade.

Quando os dados utilizados forem fornecidos pelos fabricantes ou fornecedores deverá tentar-se conhecer as condições relativas às suas previsões e quais os métodos utilizados para que não se duplique a quantificação do efeito de determinadas variáveis.

"*Tanto quanto possível, o valor da vida útil de referência deverá aplicar-se a condições ambientais próximas ou comparáveis com as especificas da situação a estimar. Assim, os factores a adoptar na estimativa serão o mais próximos possível da unidade, minimizando os erros introduzidos pelo método*" [17].

No sentido de sistematizar a vida útil de referência dos produtos da construção, tem vindo a ser desenvolvido pela "*Housing Corporation",* nomeadamente através do grupo de trabalho *"Building LifePlans"* (BLP), uma base de dados que permite identificar a vida útil de referência de mais de 900 produtos da construção. Estando esta base de dados disponível para consulta on-line [102], considera-se esta ferramenta bastante útil principalmente quando não se consegue, por algum motivo, obter o valor da vida útil de referência através da metodologia de previsão da vida útil sugerida pela norma ISO 15686-1 [81].

3.2.5.2. Factores modificadores

De modo a contextualizar um produto da construção a determinadas condições específicas, para os factores modificadores a norma prevê uma classificação em três níveis de acordo com o grau de influência que esta vai exercer sobre esse mesmo produto. Os valores sugeridos representam um desvio em relação às condições de referência (vida útil de referência) e, por isso, apresentam-se sempre próximos do valor 1,0.

Os valores sugeridos pela norma ISO 15686–1 [81] são os seguintes:

Tabela 3.2 - Valores de desvio em relação à condição de referência

Valor	Desvio em relação à condição de referência
0,8	Quando o factor tem uma influência negativa sobre o elemento em estudo.
1,0	Quando o factor não apresenta desvio em relação à condição de referência.
1,2	Quando o factor tem influência positiva sobre o elemento em estudo.

A classificação dos níveis de influência em relação às condições de referência deverá ser efectuada com o cuidado de não duplicar a contabilização da influência de uma determinada condição.

Apresentam-se de seguida as descrições dos factores modificadores propostos na norma 15686-1 [81].

Tabela 3.3 - Factores modificadores

Factor A	**Qualidade do produto de construção** Representa a qualidade dos materiais ou componentes, nas condições em que são fornecidos à obra, segundo as especificações do projectista.
Factor B	**Nível de qualidade do projecto** Exprime o nível de qualidade do projecto. Este factor tem a ver com a adequação da escolha de uma solução construtiva específica, das medidas de protecção previstas, etc.
Factor C	**Nível de qualidade da execução** Refere-se à qualidade da execução. A avaliação deste factor deverá reflectir o grau de confiança da mão-de-obra mas também a existência ou não de uma fiscalização rigorosa.
Factor D	**Características do ambiente interior** Refere-se às características do ambiente interior.
Factor E	**Características do ambiente exterior** Refere-se às características do ambiente exterior.
Factor F	**Características do uso** Reflecte o efeito do uso na degradação do material ou componente.
Factor G	**Nível de manutenção** Refere-se à manutenção e deve dar conta da probabilidade da existência de uma manutenção adequada.

3.2.6. Conclusão

A integração da problemática da durabilidade na fase de projecto pretende minimizar os custos da propriedade e garantir, ao longo do tempo de vida útil, a qualidade das construções.

Neste sentido torna-se importante encarar a durabilidade como critério de projecto. Para tal é necessário identificar as condições e acções que podem provocar desvios às condições padrão dos produtos da construção.

No capítulo seguinte, propõe-se uma abordagem quantificável para os factores modificadores apresentados em 3.2.6.2 com o intuito de aproximar e aplicar à realidade portuguesa o planeamento da vida útil de um edifício proposto pela norma ISO 15686-1 [81].

4. O MÉTODO FACTORIAL NO CONTEXTO PORTUGUÊS

4.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objectivo a elaboração de uma tabela síntese, denominada como Matriz de Durabilidade, com os Índices aplicáveis a cada um dos Factores Modificadores a considerar no Método Factorial segundo o proposto pela norma ISO 15686–1 [81].

Os Índices aplicáveis ao respectivo Factor que serão apresentados na Matriz de Durabilidade baseiam-se na análise de diversos documentos, nacionais e europeus, e pretendem adaptar ao contexto português a proposta da referida norma. Na ausência de regulamentação portuguesa no âmbito das classificações a considerar, serão apresentadas classificações baseadas em documentos normativos europeus, principalmente em documentos franceses "*por servir de base a muita da documentação nacional e europeia que se tem vindo a realizar e ter uma grande tradição de aplicação em Portugal sobretudo na área da construção*" [62].

A abordagem pretende ser mais um contributo para o estudo da durabilidade da construção "*entendida como a capacidade de um edifício ou de parte do edifício de desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo, sob determinadas condições de serviço (…)"* [81].

Os Índices aplicáveis a cada Factor pretendem ser, na medida do possível, generalistas de modo a simplificar a sua utilização na prática e consequentemente ser mais realista o seu emprego por parte dos técnicos projectistas, pelo que podem, em alguns casos, não abranger a totalidade das solicitações e exigências a que os produtos podem estar sujeitos por se entenderem como condições de menor relevância para a atribuição do respectivo Índice.

Assim, nas considerações a cada Factor Modificador são evidenciados os parâmetros que se consideram mais pertinentes para a adaptação a Portugal da metodologia de planeamento da vida útil de um edifício na fase de projecto proposta pela ISO 15686–1 [81].

A escala de valores a atribuir a cada factor (0,8/1,0/1,2), denominados neste trabalho como índices aplicáveis, encontra-se de acordo com a referida norma conforme descrito no sub-capítulo 3.2.5.2 e apresentado na tabela 3.2. Será de referir que após a publicação desta norma são diversos os artigos a nível internacional que apresentam propostas para escalas com mais valores a atribuir e consequentemente com intervalos menores entre os mesmos.

O presente trabalho, de acordo com o referido, pretende ser um contributo para a introdução do Método Factorial no meio técnico português responsável pela selecção dos produtos a utilizar na construção. Assim, entende-se por conveniente nesta fase ainda inicial de utilização corrente deste tipo de métodos, simplificar e generalizar, mesmo que a consequência seja reduzir o rigor desejado, visto acreditar-se que a estimativa será mesmo assim uma forte aproximação à real vida útil dos produtos, na medida em que a vida útil de referência está sujeita a desvios significativos da realidade visto ser indicada com base em condições padrão, agravado pelo facto dessas condições nem sempre serem as nacionais.

A metodologia apresentada pressupõe uma correcta selecção exigencial dos produtos de construção a utilizar segundo as classificações e informação técnica disponíveis.

Conforme referido no capítulo 3, será de salientar que o Método Factorial tem como objectivo obter resultados para a Vida Útil Estimada dos produtos a utilizar em determinada construção, sendo que, a precisão e fiabilidade dessa estimativa, dado o número de parâmetros a considerar e a variabilidade própria dos edifícios, pode nem sempre atingir a precisão que procuramos. Assim, a fiabilidade da estimativa depende principalmente dos dados disponíveis e das simplificações assumidas [17].

De qualquer modo, apesar da variabilidade referida, é objectivo deste capítulo obter uma Matriz de Durabilidade para o contexto português que saliente os principais parâmetros influentes sobre os Factores Modificadores, mesmo que, em alguns casos específicos, os Índices aplicáveis possuam um elevado grau de sensibilidade na sua atribuição podendo ser interpretados como arbitrários. Espera-se que, a curto prazo, este tipo de métodos sejam utilizados na maioria dos projectos de modo a permitir detectar os principais desvios da realidade e consequentemente afinar critérios e valores a atribuir aos factores modificadores em Portugal.

Os utilizadores desta Matriz deverão ter consciência que, ao tratar-se de uma estimativa com princípios globalizantes, existem sempre casos particulares que não podem ser analisados segundo matrizes generalistas. Contudo, não devem ser estes casos particulares o motivo para que as mesmas não sejam criadas no intuito de responderem à generalidade das situações e, deste modo, permitirem uma análise mais rigorosa do respectivo tema.

O Método Factorial no contexto português, desenvolvido neste capítulo, não pretende obter valores absolutos e totalmente fiáveis da vida útil de cada produto, mas sim servir sobretudo para a comparação de soluções alternativas para uma determinada situação específica.

A avaliação de cada Factor estrutura-se da seguinte forma:

1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO:
Definição dos produtos que estão no âmbito do Factor Modificador e que, consequentemente, devem ser avaliados segundo a respectiva tabela dos Índices Aplicáveis;

2. CONSIDERAÇÕES:
Contextualização à realidade portuguesa do Factor Modificador a avaliar;

3. CLASSIFICAÇÃO:
Apresentação ou adaptação das classificações existentes aplicáveis a cada Factor Modificador com vista à sistematização dos parâmetros influentes;

4. ÍNDICES APLICÁVEIS:
Atribuição dos Índices Aplicáveis a cada Factor Modificador segundo os critérios enunciados nos pontos anteriores.

4.2. FACTORES MODIFICADORES

4.2.1. Factor A – Qualidade do produto de construção

4.2.1.1. Âmbito de aplicação

A avaliação da qualidade dos produtos deverá ser efectuada para todos os componentes, materiais ou sistemas utilizados na construção em análise.

4.2.1.2. Considerações

Os edifícios devem ser concebidos e realizados de modo a satisfazerem diversas exigências.

A verificação da qualidade do produto a aplicar é indispensável para atingir níveis de satisfação de acordo com os requisitos exigidos ou pretendidos, pelo que deverá constar das especificações do projectista.

Será de salientar que deverão ser assegurados os meios de transporte e depósito em obra que garantam a manutenção das características do material ou componente até ao momento da sua aplicação.

Neste sentido, foi transposta para a ordem jurídica interna através do Decreto-Lei 113/93 [21] de 10 de Abril, actualizado por três Decretos-Lei posteriores, a Directiva europeia 89/106/CEE [15] que regula a qualidade dos produtos a aplicar nas construções na União Europeia, na Turquia ou num Estado subscritor do Acordo sobre o Espaço Económico Europeu.

4.2.1.3. Classificação da qualidade do produto

A transposição da directiva europeia para regulamentação interna "*visa definir os procedimentos a adoptar com vista a garantir que os produtos de construção se revelem adequados ao fim a que se destinam, de modo que os empreendimentos em que venham a ser aplicados satisfaçam as exigências essenciais*" [21].

De acordo com o D.L. 4/2007 [21], as construções devem, em condições normais de manutenção, ser satisfatórias durante um período de vida útil economicamente razoável.

Segundo o mesmo documento para além de determinados aspectos económicos, de segurança e de durabilidade, as construções devem garantir um conjunto de seis exigências denominadas como exigências essenciais.

As exigências essenciais das construções são as seguintes:

1. Resistência Mecânica;
2. Segurança contra Incêndio;
3. Higiene, Saúde e Ambiente;
4. Segurança na Utilização;
5. Conforto Acústico;
6. Economia de Energia e Isolamento Térmico.

De acordo com a Directiva europeia 89/106/CEE [15], *"o comprovativo da conformidade para com os requisitos essenciais pode ser emitido pelo próprio fabricante (declaração do fabricante) ou por organismo notificado (organismo de certificação), dependendo do sistema de comprovação que estiver definido para o produto em causa. Poderão ainda participar na comprovação da conformidade outros organismos notificados (laboratórios ou organismos de inspecção)"*.

DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE CE

CERÂMICA DO FUTURO, S.A
Sede e Local de Produção:
Rua da Esperança
0000 - 000 CIDADE INDUSTRIAL
Telefone: +351 123 456789 Fax: +351 123 456790
Email: ceramica@competitiva.pt

Pavimento Cerâmico Prensado
Grupo: BI_a (Norma EN 14411 Anexo G)
Aplicação: Exterior / Interior
Tipo: Pavimento Vidrado

CE

NP EN 14411: 2003
PRODUTO: Pavimentos Cerâmicos Prensados
UTILIZAÇÃO: Interior e/ou exterior

2003

CERÂMICA DO FUTURO, S.A
Coimbra - Portugal

Características	Valores Declarados	Método de Ensaio
Reacção ao Fogo	Classe $A1_a$	S/ Ensaio (Decisão 96/603/CE)
Força de Ruptura	> 1200 N	EN ISO 10545-4
Escorregamento (Coef. de atrito)	> R20	DIN 51130
Anti derrapagem (Para circulação de veículos)	NPD	----
Resistência ao gelo	Cumpre	EN ISO 10545-12

Os produtos cumprem os requisitos essenciais da Directiva 89/106/CE.
Esta declaração é baseada no cumprimento integral da norma europeia de especificação de produto EN 14411.

O Responsável

Director Comercial
(Nome)

Figura 4.1 - Exemplo de declaração de conformidade CE do fabricante [2]

De modo a ser possível as construções garantirem as exigências referidas, é indispensável a atribuição da marcação CE nos produtos de modo a possibilitar a verificação da sua aptidão para o uso a que se destinam.

Figura 4.2 - Símbolo da Marcação CE [21]

A marcação CE é um sistema de comprovação da conformidade dos produtos marcados com Requisitos Essenciais necessário para a circulação de determinados produtos dentro do Espaço Económico Europeu e sendo obrigatória *"sobrepõe-se aos sistemas de certificação dos produtos actualmente em vigor. Não é uma marca de qualidade como a marca* "Produto Certificado*" mas sim um* "livre-trânsito*" para a circulação dos produtos no Mercado Europeu"* [2].

Para os produtos certificados com a marca *"Produto Certificado"* e para as empresas certificadas pela norma ISO 9001 [2] as exigências da marcação CE são cumpridas pelo que *"as marcas de qualidade actualmente existentes continuarão a ser utilizadas em paralelo com a marcação CE e permitirão a distinção no mercado dos produtos de maior qualidade"* [2].

A aposição da marcação CE significa que os produtos de construção foram objecto de uma declaração de conformidade CE.

Alguns tipos de produtos, listados pela Comissão Europeia, considerados menos importantes no que respeita aos aspectos de saúde e segurança, podem ser aplicados nas construções sem a marcação CE desde que:

a) acompanhados de uma declaração de conformidade com as boas práticas técnicas;
b) satisfaçam as disposições nacionais relativas à certificação obrigatória até que as especificações técnicas europeias obriguem à aposição da marcação CE.

Para além dos produtos controlados e certificados, com marcação ou sem marcação CE, existe um conjunto de produtos que são produzidos no local da obra, ou seja, produtos produzidos *"in situ"*. Para estes produtos, aos quais não são exigidos certificados de qualidade, a garantia da sua aptidão para o uso a que se destinam depende do controlo e do rigor da fiscalização técnica da obra onde vão ser aplicados.

Mesmo que estes produtos respeitem as especificações do projectista o resultado final pode não ser o ideal tendo em conta que Portugal continua a carecer de mão-de-obra especializada e de uma rigorosa fiscalização na maioria das obras.

4.2.1.4. Factor A – Índices aplicáveis

Segundo o exposto, para a avaliação da qualidade do produto de construção, opta-se por classificar os produtos segundo o nível de controlo de qualidade a que estão sujeitos. Deste modo, os produtos de construção podem ser classificados da seguinte forma:

Tabela 4.1 - Índices aplicáveis ao Factor A

Classificação segundo o fornecimento do produto à obra	Índice aplicável
Com declaração de conformidade CE e Certificado de Qualidade	1,2
Com declaração de conformidade CE emitida pelo fabricante ou com Certificado de Qualidade	1,0
Sem declaração de conformidade CE e sem Certificação	0,8

4.2.2. Factor B – Nível de qualidade do projecto

4.2.2.1. Âmbito de aplicação

A avaliação do nível de qualidade do projecto deverá ser considerada para todos os produtos utilizados na construção.

4.2.2.2. Considerações

A classificação deste factor traduz a avaliação das indicações e recomendações técnicas, elaboradas por todos os projectistas envolvidos, para a instalação e aplicação dos produtos de construção, sejam componentes, sistemas ou materiais produzidos "in situ", bem como medidas de protecção preventivas, para uma adequada solução construtiva.

Assumindo como válido o estudo europeu [12] que atribui uma percentagem elevada (42%) das patologias das construções às incorrecções e deficiências de projecto (Figura 4.3), a avaliação da adequada solução construtiva a adoptar para uma construção ganha contornos de grande relevância.

Neste sentido cabe aos técnicos projectistas a responsabilidade de produzirem as peças escritas e desenhadas que permitam a correcta execução do que projectam.

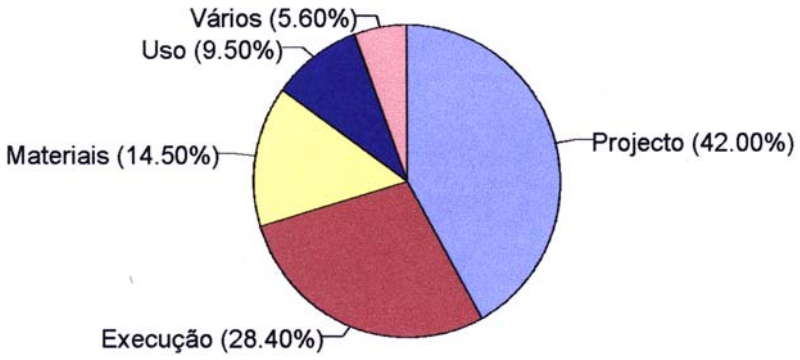


Figura 4.3 - Causas de patologias (valores médios europeus) [12]

4.2.2.3. Classificação da qualidade do projecto

Em Portugal, os projectos de execução de arquitectura e das várias especialidades ainda não são encarados como elementos indispensáveis à realização de uma obra de qualidade pela maioria dos intervenientes da construção, apesar de serem obrigatórios na legislação portuguesa desde o ano 2001 [25].

"A expressão projecto *aplica-se muitas vezes a simples estudos prévios ou ante-projectos, que por si só não permitem garantir uma boa execução (...)"* [98].

A entrada em vigor em 2001 do D.L. 555/99 [25], diploma que regula o regime jurídico da urbanização e da edificação, trouxe uma melhoria ao nível da qualidade da generalidade dos projectos, mais especificamente ao projecto de arquitectura, ao incluir como elemento de instrução do processo de licenciamento os pormenores construtivos a esclarecer a *"(...) solução construtiva adoptada para as paredes exteriores do edifício e a sua articulação com a cobertura, vãos de iluminação/ventilação e de acesso, bem como com o pavimento exterior envolvente."* [63].

Apesar de se ter verificado, a partir da aplicação desta exigência, uma melhoria do nível de projecto e consequente melhoria na qualidade dos edifícios, a qualidade da generalidade dos projectos ainda se encontra muito aquém do nível recomendado.

Por outro lado, será de referir que durante o corrente ano de 2007, encontra-se ainda em discussão na Assembleia da República a revogação do D.L. 73/73 [98], diploma que regula a qualificação dos técnicos responsáveis pela elaboração de projectos de obras sujeitas a licenciamento, pelo que, conforme já assumido por todas as associações e ordens que representam os grupos profissionais abrangidos, trata-se de uma legislação completamente descontextualizada da realidade actual. *"(…) a progressiva inadequação das normas à realidade existente acaba por produzir lesões ao interesse público na qualidade, técnica e estética, durabilidade e funcionalidade das edificações."* [98].

A insuficiente qualidade da generalidade dos projectos em Portugal encontra-se também *"(…) fortemente condicionada pela inexistência ou pelo baixo nível exigencial de documentação normativa ou pró-normativa, em particular aquela que noutros países mais desenvolvidos assume a forma de códigos de boa prática, como é o caso dos "code of pratice" ingleses e dos "document technique unifié" (DTU) franceses*" [43].

Sob a forma de uma aplicação muito alargada, as Recomendações Técnicas de Habitação Social [27] são o documento português que se aproxima mais a este conceito. No referido documento, as recomendações destinam-se a servir de guia para a elaboração de projectos e não introduzem constrangimentos significativos de concepção.

As recomendações propostas [27] distribuem-se por cinco capítulos e dizem respeito, nomeadamente:

1. Promoção habitacional;
2. Empreendimento habitacional;
3. Edifício;
4. Construção;
5. Instalações e equipamentos.

No referido documento recomenda-se que os projectos possuam uma clara identificação das soluções construtivas segundo a descrição sistemática da construção segundo os seguintes itens:

1. Características gerais da construção;
2. Elementos primários
(fundações, estruturas, paredes exteriores e interiores, pavimentos, escadas e cobertura);
3. Elementos secundários
(caixilharias exteriores e interiores, portas interiores, guardas, tectos suspensos, lanternins e outros elementos secundários da cobertura);
4. Equipamento fixo da habitação;
5. Acabamentos
(revestimentos de paredes, pavimentos, rodapés, escadas e rampas, tectos e coberturas);
6. Instalações.

Neste sentido, considera-se essencial a elaboração do projecto de execução de arquitectura e das várias especialidades de modo a que seja possível garantir, por parte dos técnicos, uma melhor qualidade dos projectos que produzem de modo a serem a ferramenta de salvaguarda para a qualidade das construções.

Apesar de se encontrar descrita na legislação portuguesa [25] a obrigatoriedade da apresentação do projecto de execução de arquitectura e das várias especialidades 60 dias após o início da execução das obras, a sua apresentação raramente é exigida. O artigo 80º, ponto 4, do D.L. 555/99 [25] define o seguinte:

"No prazo de 60 dias a contar do início dos trabalhos relativos às operações urbanísticas referidas nas alíneas c) e d) do nº 2 e c) e d) do nº 3 do artigo 4º deve o promotor da obra apresentar na câmara municipal cópia do projecto de execução de arquitectura e das várias especialidades salvo nos casos de escassa relevância urbanística em que tal seja dispensado por regulamento municipal." [25].

As referidas alíneas abrangem praticamente a totalidade das obras estando dispensadas apenas as obras de urbanização e *"(…) as obras de alteração no interior de edifícios não classificados ou suas fracções que não impliquem modificações da estrutura resistente dos edifícios, das cérceas, das fachadas e da forma dos telhados."* [25].

4.2.2.4. Factor B – Índices aplicáveis

Para a avaliação da qualidade do nível de projecto opta-se por distinguir os projectos segundo o grau de informação que fornecem à obra. Deste modo, o nível da qualidade de projecto pode ser classificado da seguinte forma:

Tabela 4.2 - Índices aplicáveis ao Factor B

Níveis de qualidade do projecto	Índice aplicável
• Projecto sem cumprimento do artigo 80º do D.L. 555/99	0,8
• Projecto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução memória descritiva com descrição sistemática das principais soluções construtivas adoptadas	1,0
• Projecto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução os Desenhos à escala adequada ao trabalho a executar em obra, a definição de todos os produtos a aplicar, bem como, Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas	1,2

4.2.3. Factor C – Nível de qualidade da execução

4.2.3.1. Âmbito de aplicação

A avaliação do nível de qualidade da execução deverá ser considerado para todos os produtos utilizados na construção.

4.2.3.2. Considerações

O nível da qualidade da execução em Portugal não tem acompanhado a evolução do desenvolvimento tecnológico e da divulgação de conhecimentos técnico-científicos.

"*Uma das principais causas da falta de qualidade na construção reside no facto da generalidade dos donos de obra privilegiarem a componente preço em detrimento da qualidade, ou seja, mais o custo inicial do produto da construção e menos o custo global associado ao período de vida útil do bem.*" [77].

Outro factor que contribui para a baixa qualidade da construção está relacionado com a especulação do sector imobiliário sentido nas últimas duas décadas. "*A particularidade da situação incentivou a entrada no sector de empresários e/ou grupos de pessoas com o objectivo de obter rapidamente mais valias (…)*". [19]

Se a estes factores juntarmos a "*(…) complexidade crescente das construções, a falta de sistematização do conhecimento, a inexistência de um sistema efectivo de garantias e de seguros, a velocidade exigida ao processo de construção, as novas preocupações arquitectónicas, a aplicação de novos materiais (…)*" [113] temos então descritos alguns dos principais problemas do panorama actual das construções em Portugal.

4.2.3.3. Classificação da qualidade da execução

A execução de uma construção pressupõe um conjunto de elementos e tarefas que envolve diversos intervenientes.

Em comunicação apresentada no 2º Congresso Nacional de Construção [19], a causa das falhas mais frequentes durante o processo de construção resultam das seguintes hipóteses:

1. Defeitos de mão-de-obra e nível de qualificação da mão-de-obra;
2. Erros de concepção e de escolha dos produtos e materiais;
3. Falta de preparação de obra;
4. Distribuição dos documentos;
5. Comunicação entre os intervenientes;
6. Relações contratuais e responsabilidades;
7. Aprovisionamentos.

De acordo com o descrito verifica-se que a falta de qualidade na execução das construções provém do nível de qualificação da mão-de-obra, do nível de qualidade do projecto (abordado no §4.2.2) e do nível da gestão técnica em obra.

Assim, os índices aplicáveis a este factor serão atribuídos em função das classificações atribuídas à qualificação da mão-de-obra e ao nível da gestão técnica em obra.

4.2.3.3.1. Qualificação da mão-de-obra

Segundo o Departamento de estudos, prospectiva e planeamento do Ministério da Segurança Social e do Trabalho [77] "(…) *das 36 753 empresas de construção existentes, 82,7% empregam menos de 10 pessoas, tendo a sua estrutura um nível de qualificação extremamente deficiente, dado que o pessoal não qualificado representa 28,4% do total, sendo o somatório dos quadros médios e superiores igual a 5,5% do total. Revela-se ainda que em termos de habilitações 50,6% dos trabalhadores tem, no máximo, 4 anos de escolaridade*."

Assim, de um modo geral em Portugal, o nível de qualificação da mão-de-obra das empresas de construção é extremamente reduzido.

Este panorama, além de dificultar a introdução de novas tecnologias, tem contribuído significativamente para a falta de qualidade na execução das obras.

Deste modo torna-se indispensável, para a análise deste factor, distinguir o nível de qualificação da mão-de-obra, pelo que a mão-de-obra será classificada como qualificada ou não qualificada, sendo que para ser considerada qualificada deverá garantir pelo menos o seguinte:

- o quadro de pessoal activo para as tarefas necessárias à aplicação de determinado produto em obra possui formação profissional específica nessa área de trabalho, pelo que tem conhecimentos técnicos que garantem os procedimentos correctos para a realização das respectivas tarefas;

- o quadro de pessoal activo em determinada tarefa tem como coordenador um elemento que, além de possuir formação profissional específica nessa área de trabalho, possui formação suficiente para garantir uma correcta interpretação dos projectos.

4.2.3.3.2. Gestão técnica em obra

Conforme referido, a garantia da qualidade de execução, além de depender da qualificação da mão-de-obra, depende significativamente do apoio conjunto e coordenado dos serviços técnicos em obra de modo a acompanharem devidamente os trabalhos a executar.

A gestão técnica em fase de execução da obra abarca diversas áreas de trabalho distribuídas por vários técnicos com distintas responsabilidades. Serão de salientar, de acordo com a terminologia corrente e actual, a direcção técnica da obra, a fiscalização da obra, a gestão da obra e a assistência técnica em obra.

Estas áreas de trabalho técnico em obra e respectivas terminologias serão provavelmente alteradas a curto prazo visto ser aguardada a revogação do DL 73/73. De acordo com as propostas de revisão para este Decreto-Lei, é já possível prever que as funções inseridas na fase do processo construtivo serão reguladas de modo significativamente distinto do actual [98].

Com vista a clarificar estas funções e as suas relações têm sido publicados diversos artigos. Em comunicação apresentada no 2º congresso nacional da construção (Construção 2004) [39], foi proposta uma subdivisão segundo a óptica da clarificação de interesses. Assim, entendem os seus autores que *"a forma de clarificação dessas relações é consubstanciada através da implementação de procedimentos que se podem subdividir em grupos afins a que se convencionou atribuir a denominação de Áreas Funcionais ou Áreas Prestativas."*

Apresenta-se na tabela seguinte a subdivisão em sete áreas funcionais sugerida no documento referido.

Tabela 4.3 - Áreas funcionais e seus objectivos [39]

Área Funcional	Objectivos
Conformidade	Implementar mecanismos destinados a "garantir" a igualdade entre o projecto e a obra e garantir que a totalidade do projecto é executado.
Economia	Tratar das questões relacionadas com os custos e facturação e integrar procedimentos relacionados com o registo e tratamento de informação.
Planeamento	Tratar das questões relacionadas com os prazos e encerrar um conjunto de procedimentos destinados a conhecer, controlar e prever a evolução da obra no tempo.
Informação/Projecto	Garantir a condução e registo de toda a informação: arquivos de obra (projectos, correspondência, …) reuniões, gestão de assuntos e emissão de relatório síntese.
Licenciamento/Contrato	Conduzir, registar e implementar actos administrativos.
Segurança	Motivar e implementar o Plano de Segurança.
Garantia da Qualidade	Implementar mecanismos de garantia da qualidade através de procedimentos preconizados nas outras áreas funcionais e que se resumem na Garantia da qualidade dos serviços de fiscalização e na Qualidade dos trabalhos de obra.

Em Portugal, pode considerar-se como habitual a contratação da direcção técnica da obra e da assistência técnica da mesma. As razões para estes serviços serem frequentemente contratados estão directamente relacionadas com a obrigatoriedade na legislação nacional da existência de um director técnico de obra, normalmente a cargo do empreiteiro, e com a inclusão, por parte dos projectistas, da assistência técnica em obra nos honorários dos respectivos projectos.

Normalmente, nas obras apoiadas apenas por estes dois serviços técnicos, ou seja, nas obras de pequena e média dimensão, a assistência técnica desenvolvida pelos projectistas cinge-se apenas ao esclarecimento de dúvidas e omissões do respectivo projecto, enquanto a direcção técnica cumpre os actos burocráticos previstos na legislação, tais como o preenchimento do livro de obra, pelo que a prestação destes dois serviços é claramente insuficiente para a satisfação dos objectivos definidos na tabela apresentada (tabela 4.3).

De modo a garantir a eliminação da maioria das falhas mais frequentes durante o processo de construção, referidas no sub-capítulo 4.2.3.4, nomeadamente, a preparação de obra, a distribuição dos documentos, a comunicação entre os intervenientes, as relações contratuais e a definição rigorosa de responsabilidades, bem como tornar eficaz o esclarecimento das dúvidas colocadas pelos coordenadores das equipas de trabalho (ver §4.2.3.3.1) e garantir a execução da obra em conformidade com os projectos executados, é indispensável a existência da fiscalização de obra e da gestão de obra.

Tendo em conta que neste trabalho o conceito de gestão de obra está associado principalmente às áreas funcionais definidas na tabela 4.3 como "Economia", "Planeamento", "Informação/Projecto" e "Licenciamento/Contrato", apesar de indispensáveis para a satisfação de algumas vertentes da obra, nomeadamente na orçamentação e calendarização, entende-se por conveniente destacar a actividade da Fiscalização, visto ser a área de intervenção, durante o processo de construção, que tem como competência principal defender os *lícitos interesses do dono-de-obra* [39] pelo que contempla a seu cargo as principais áreas funcionais do ponto de vista da garantia da qualidade da obra.

Assim, visto as áreas funcionais em questão ("Conformidade", "Segurança" e "Garantia da Qualidade"), abarcarem trabalhos que implicam um acompanhamento extremamente próximo da obra, este serviço será classificado segundo a regularidade desse mesmo acompanhamento.

O nível de acompanhamento necessário por parte de todos os serviços técnicos referidos depende da dimensão e do tipo de obra em estudo, pelo que, relativamente à Fiscalização, a distinção será efectuada apenas segundo três parâmetros de âmbito geral. Assim, a Fiscalização será considerada como ausente se não for contratada pelo dono-de-obra, como regular se a contratação deste serviço incluir a deslocação diária à obra e como pontual se for contratada mas as deslocações à obra não forem diárias. Será de salientar que dependentemente do tipo e dimensão da obra, a calendarização contratada entre o dono-de-obra implica variações significativas na disponibilidade de tempo para satisfazer as necessidades deste serviço, podendo ser necessária a permanência da Fiscalização em obra durante o horário completo dos trabalhos na mesma.

Assim, conforme referido, a Fiscalização será classificada como ausente, pontual e regular segundo os pressupostos definidos partindo do princípio que a disponibilidade de tempo necessário será ajustada às variáveis referidas de modo a garantir a satisfação dos objectivos definidos na tabela 4.3.

4.2.3.4. Factor C – Índices aplicáveis

Segundo o exposto, para a avaliação da qualidade da execução, optou-se então por salientar o nível de qualificação da mão-de-obra e a regularidade da fiscalização em obra.

Tabela 4.4 - Índices aplicáveis ao Factor C

		Qualificação da mão-de-obra	
		Qualificada	Não qualificada
Regularidade da fiscalização em obra	Regular	1,2	1,0
	Pontual	1,0	0,8
	Ausente	1,0	0,8

4.2.4. Factor D – Características do ambiente interior

4.2.4.1. Âmbito de aplicação

A avaliação das características do ambiente interior terá relevância para todos os produtos de construção que após a sua aplicação tenham contacto permanente com o interior dos edifícios.

Para os restantes produtos da construção deverá ser aplicado o índice 1,0 por se considerar que as características deste factor têm uma influência pouco relevante na estimativa do seu tempo de vida útil.

4.2.4.2. Considerações

As solicitações higrotérmicas são responsáveis pelas principais acções a que os produtos estão sujeitos quando relacionados directamente com o ambiente interior.

"A manifestação de humidades nos edifícios dá, em regra, lugar a graves perturbações funcionais, causando redução apreciável da durabilidade dos materiais (…)" [61].

As formas de manifestação das humidades nos edifícios são diversas, mas relativamente à caracterização do ambiente interior e sua influência sobre a durabilidade dos produtos de construção serão de destacar as seguintes:

"*– humidade de condensação - proveniente do vapor de água que se condensa nos paramentos expostos ou no interior dos elementos de construção";*

- humidade devida a fenómenos de higroscopicidade" [61].

"O conhecimento das características higroscópicas dos materiais permite efectuar a escolha mais conveniente em função das condições termo-higrométricas do ambiente em que se prevê a utilização." [53]. Apesar do presente estudo pressupor a correcta selecção exigencial dos produtos a

utilizar, o conhecimento actual das propriedades higrotérmicas dos mesmos é ainda limitada, pelo que, relativamente ao efeito destas acções, é irreal considerar que uma correcta selecção eliminará as consequências negativas, do ponto de vista da durabilidade, que estas solicitações provocam.

Por outro lado, será de salientar que a selecção de produtos com características higroscópicas mais favoráveis à durabilidade do mesmo, podendo até serem considerados não-higroscópicos, conduzem ao aumento do risco de ocorrências de condensações, visto poderem reduzir significativamente a *inércia hígrica* desses locais interiores [32].

Assim, tendo em conta que a acção da humidade nos produtos de construção pode conduzir a variações dimensionais e a modificações das propriedades químicas, físicas e/ou biológicas, e que, no mesmo edifício, existem locais com exposição à humidade completamente distintos, considera-se a actividade desta acção sobre os produtos como a característica mais relevante para a avaliação da influência do ambiente interior sobre a vida útil dos produtos.

Para essa avaliação, torna-se necessário distinguir os produtos que sofrem uma influência significativa desta acção dos restantes. *"A Higroscopicidade é um parâmetro que caracteriza a capacidade de determinado material para fixar água por adsorção e de a restituir ao ambiente em que se encontra, em função das variações de temperatura e de pressão parcial de vapor de água."* [33]. *"Um material diz-se higroscópico quando o seu teor de humidade varia em função da humidade relativa do ar."* [53]. Alguns produtos, apesar de higroscópicos na sua base passam a ser considerados como não-higroscópicos segundo o seu acabamento superficial, tais como os elementos cerâmicos vitrificados. As madeiras e os rebocos, apesar de higroscópicos, podem não estar em contacto directo com o ambiente interior consoante o tipo de vernizes e pinturas aplicadas, mas será de salientar o referido relativamente à redução da *inércia hígrica*.

Tendo em conta o exposto, torna-se necessária a classificação dos ambientes interiores segundo à acção da humidade.

4.2.4.3. Classificação dos espaços interiores em função da sua exposição à humidade

A humidade relativa do ar no interior dos edifícios resulta, principalmente, do equilíbrio entre a produção de vapor de água no seu interior e o seu caudal de ventilação.

Segundo a produção de vapor de água em determinado espaço interior, a sua taxa horária de renovação de ar, a sua consequente higrometria, bem como segundo a exposição das suas paredes à água no decurso da utilização normal e dos métodos utilizados na limpeza e conservação das mesmas, é possível classificar os locais interiores de acordo com a seguinte tabela.

Tabela 4.5 - Classificação dos locais interiores segundo a exposição à humidade [2]

Tipo de local	Higrometria do local	Exposição das paredes à água	Conservação – limpeza	Alguns exemplos dos locais
EA Locais secos ou pouco húmidos	Higrometria fraca	As paredes não são expostas à água	A água intervém apenas para conservação e limpeza, mas nunca sob a forma de jactos de água. A limpeza é feita com métodos não agressivos.	Locais normalmente ventilados e aquecidos: • Quartos; • Escritórios; • Espaços de circulação.
EB Locais medianamente húmidos	Higrometria média	No decurso da utilização do local, a água intervém pontualmente sob a forma de jactos de água descontínuos sem escorrimento.	A água intervém apenas para conservação e limpeza, mas nunca sob a forma de jactos de água sob pressão. A limpeza é feita segundo métodos e com meios não agressivos.	Locais normalmente ventilados e aquecidos: Locais de uso colectivo: • Sala de aulas. Locais de uso privado: • Locais com um ponto de água (cozinhas e instalações sanitárias); • Cave aquecida; • Cozinha privada.
EB+ Locais privados Locais húmidos de uso privado	Higrometria forte	No decurso da utilização do local, a água é projectada de vez em quando sobre pelo menos uma parede (escorrimento).	A água intervém apenas para conservação e limpeza, mas nunca sob a forma de jactos de água. A limpeza é feita segundo métodos e com meios não agressivos.	Locais normalmente ventilados e aquecidos: • Quarto de banho com um chuveiro e/ou banheira; • Cave não aquecida, garagem; • Chuveiro ou quarto de banho privado em locais de acolhimento público: hotéis, lares de idosos, hospitais; • Sanitários de escritório para o uso privado.
EB++ Locais colectivos Locais húmidos de uso colectivo	Higrometria forte	No decurso da utilização do local, a água intervém sob a forma de projecção ou escorrimentos e actua de forma descontínua durante períodos mais longos que no caso EB+ privativo. O acumulado dos tempos de escorrimento em cada 24h não ultrapassa as 3h.	A água intervém apenas para conservação e limpeza. Apenas é admissível a limpeza a jactos de água quando a concepção global do local, pavimento incluído, é adequada (ex: sifão de pavimento,…) excluindo a limpeza a jacto de alta pressão. A limpeza (de frequência geralmente diária) é feita com produtos de 5<pH<9 a uma temperatura ≤ 40ºC.	• Chuveiro individual de uso colectivo em locais tipo internatos, fábricas; • Vestiários colectivos, sem comunicação directa com um local do tipo EC; • Cozinhas colectivas * em função do tipo de conservação e limpeza; • Locais húmidos de uso privado, com jacto de hidromassagem no chuveiro e/ou banheira; • Lavandarias colectivas sem carácter comercial (escola, hotel, centro de férias,…); • Sanitários públicos em locais do tipo: escolas, hotéis, aeroportos,….
EC Locais muito húmidos em ambiente não agressivo	Higrometria muito forte	A água intervém de forma quase contínua no estado líquido, pelo menos, sobre uma parede.	É admissível a limpeza com jactos de alta pressão. A limpeza (de frequência geralmente diária) pode ser feita com produtos agressivos (alcalinos, ácidos com cloro,…) e /ou a uma temperatura ≤ 60ºC. Os revestimentos de acabamento das paredes do local e das interfaces (mástiques, guarnições de juntas,...) devem ser compatíveis com a agressividade dos produtos de conservação (pH), da limpeza (pressão dos aparelhos) e da temperatura.	• Chuveiros colectivos, com várias pessoas no local ao mesmo tempo: estádios, ginásios,…; • Cozinhas colectivas * e sanitários acessíveis ao público, se estiver prevista limpeza a jacto de alta pressão e/ou com produtos agressivos; • Lavandarias colectivas com carácter comercial e destinadas a uso intensivo; • Lavandaria central de hospital; • Centro aquático, piscina (excepto as paredes do tanque), incluindo locais de comunicação directa com o tanque.

* Cozinhas colectivas são locais onde são preparadas refeições ou alimentos que são consumidos no local.

Tendo em conta que um dos parâmetros da classificação apresentada é a higrometria do local, torna-se necessária a apresentação da classificação dos locais segundo a sua higrometria.

A "(…) *higrometria traduz o aumento da pressão do vapor de água no interior de um local em relação ao exterior e, consequentemente, define o gradiente de pressão de vapor de água a que se encontra submetida a sua envolvente. O valor deste parâmetro corresponde à relação entre a produção de vapor de água no interior de um local e o caudal de ventilação.*" [33]

A classificação apresentada encontra-se baseada no Cahier 3335 do CSTB [9].

Tabela 4.6 - Classificação dos locais em função da sua higrometria [2]

Classe	Higrometria	Tipos de locais
Fraca higrometria	≤ 2,5 g/m^3	Locais equipados com ventilação mecânica controlada e sistemas próprios para a exaustão dos pontos de produção de vapor de água.
Média higrometria	> 2,5 g/m^3 e ≤ 5 g/m^3	Locais não sobreocupados, correctamente aquecidos e ventilados.
Forte higrometria	> 5 g/m^3 e ≤ 7,5 g/m^3	Locais com ventilação deficiente ou sobreocupados.
Muito forte higrometria	> 7,5 g/m^3	Locais especiais onde a actividade desenvolvida mantém uma humidade relativa elevada.

4.2.4.4. Factor D – Índices aplicáveis

Apresentam-se de seguida os índices aplicáveis segundo a higroscopicidade dos produtos e a sua exposição à humidade nos locais interiores.

Os produtos higroscópicos aplicados em ambientes interiores que provoquem frequentemente uma fixação de água por adsorção nos mesmos estão sujeitos a significativas alterações das suas características iniciais e, consequentemente, a uma redução substancial da sua vida útil de referência. Para estes mesmos produtos, quando aplicados em locais não sujeitos a este tipo de acção provocada pelo vapor de água, pode ser considerado que a sua vida útil estimada será superior à de referência visto a vida útil de referência dos produtos pressupor situações padrão e estar frequentemente baseada em médias. Apesar das considerações referidas quanto à dificuldade de selecção dos produtos de acordo com estas acções, normalmente, segundo uma correcta selecção exigencial, estes produtos não são aplicados em locais classificados como EC.

Será de salientar que relativamente aos produtos não-higroscópicos a atribuição do índice 1,0 para todos os locais baseia-se no princípio de que esses produtos não são sujeitos a uma influência relevante segundo a sua exposição à humidade, pelo que, independentemente do local da sua aplicação no interior dos edifícios, mantêm inalterada a sua vida útil de referência.

Tabela 4.7 - Índices aplicáveis ao Factor D

Higroscopicidade do produto	Exposição à humidade em locais interiores				
	EA	**EB**	**EB+**	**EB++**	**EC**
Higroscópicos	1,2	1,0	0,8	0,8	---
Não-higroscópicos	1,0	1,0	1,0	1,0*	1,0*

* Relativamente aos índices aplicáveis aos produtos não-higroscópicos em locais dos tipos EB++ e EC, será de referir que alguns produtos, tais como os metais, apesar de não-higroscópicos e partindo do pressuposto de uma correcta selecção exigencial, serão sujeitos a uma humidade superficial muito elevada, pelo que para este tipo de produtos (não-higroscópicos mas particularmente susceptíveis à humidade superficial) colocados nestes locais deverá considerar-se o índice 0,8.

4.2.5. Factor E – Características do ambiente exterior

4.2.5.1. Âmbito de aplicação

Na avaliação das características do ambiente exterior deverão ser considerados todos os produtos da construção que após a sua aplicação tenham contacto permanente com o exterior.

Para os restantes produtos da construção deverá ser aplicado o índice 1,0 por se considerar que as características deste factor têm uma influência pouco relevante na estimativa do seu tempo de vida útil.

4.2.5.2. Considerações

As solicitações a que os produtos da construção aplicados na envolvente exterior dos edifícios estão sujeitos são inúmeras e determinado produto pode estar sujeito, com maior incidência, a um determinado tipo de solicitação.

Por esta diversidade, opta-se por incluir na matriz de durabilidade as solicitações apresentadas na ISO 15686-4, documento que sugere uma avaliação que pretende, de modo genérico e sistemático, considerar as solicitações permanentes e de grande relevância na degradação de todo o tipo de produtos aplicados na envolvente exterior [40]. Deste modo, são apresentadas na tabela com os Índices aplicáveis as acções consideradas como as mais relevantes, ou seja as solicitações higrotérmicas temperatura e precipitação bem como a poluição e a influência marítima.

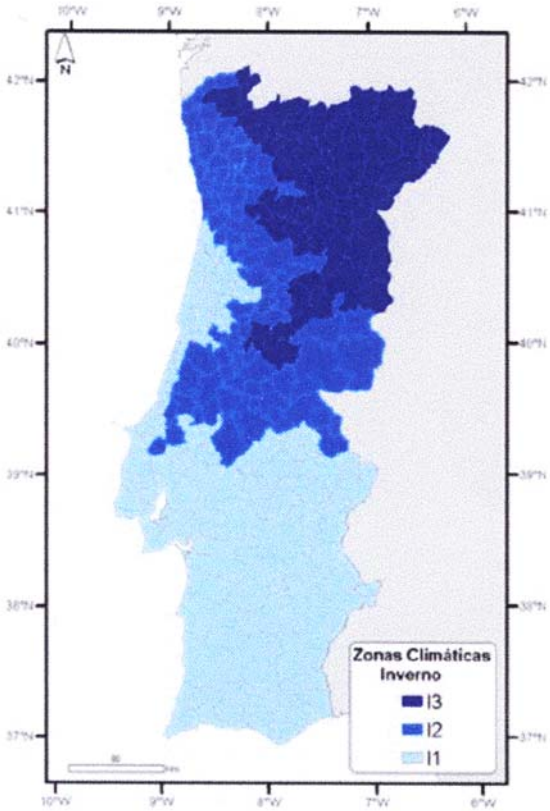
Conforme referido na introdução deste capítulo (§4.1), pretende-se apresentar classificações abrangentes à generalidade das situações, mas será de salientar, principalmente neste Factor, que

existem outro tipo de acções, combinadas ou não, que podem afectar o tempo de vida útil dos produtos da construção.

A avaliação das características do ambiente exterior reporta-se exclusivamente a Portugal continental pelo facto da informação que caracteriza os arquipélagos ser diminuta face à informação existente para o Continente, pelo que seria limitativo, do ponto de vista das classificações a utilizar, incluir os arquipélagos [3;108;112].

4.2.5.3. Classificação dos ambientes exteriores segundo o factor climático temperatura

De acordo com o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [26], Anexo III, o País é dividido em três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de Verão (V1, V2 e V3).



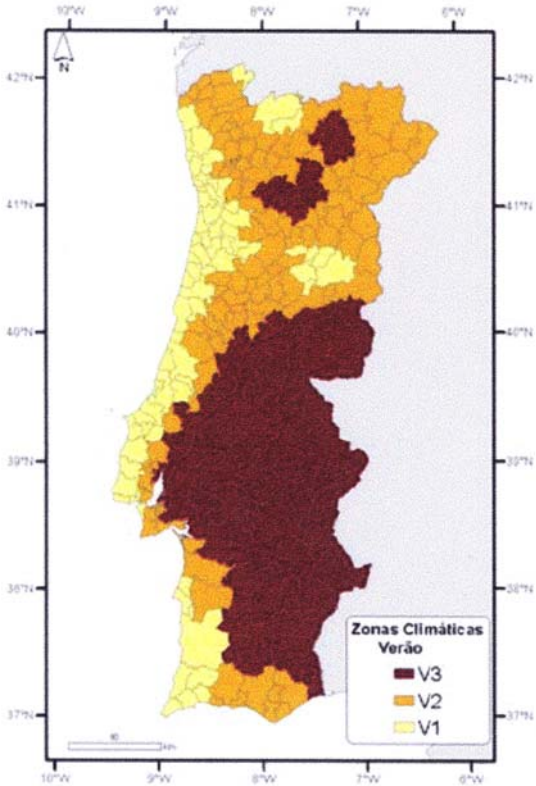


Figura 4.4 - Zonamento climático de Inverno em Portugal continental [26] (esquerda)

Figura 4.5 - Zonamento climático de Verão em Portugal continental [26] (direita)

A discriminação do zonamento climático por concelhos pode ser visualizada no RCCTE, Anexo III, Quadro III.1.

A altitude dos locais pode alterar os valores da classificação base do zonamento climático pelo que terá de ser verificada a variação destes zonamentos base em função da altitude.

Tabela 4.8 - Alterações do zonamento climático de Inverno em função da altitude dos locais (Portugal continental) [26]

Zona climática de Inverno do concelho (segundo o Quadro III.1 do Anexo A do RCCTE [1])	Altitude (z), dos locais (m)					
	z > 400 e z ≤ 600		z > 600 e z ≤ 1000		z > 1000	
	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus dias (ºC.dias) / Duração da estação de aquecimento (meses)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus dias (ºC.dias) / Duração da estação de aquecimento (meses)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus dias (ºC.dias) / Duração da estação de aquecimento (meses)
I1	I2	$\frac{z + 1\,500}{6{,}7}$	I3	$\frac{z + 1\,700}{7{,}3}$	I3	$\frac{z + 1\,700}{7{,}3}$
I2	I2	Quadro III.1	I3	$\frac{z + 1\,700}{7{,}3}$	I3	$\frac{z + 1\,700}{7{,}3}$
I3	I3	Quadro III.1	I3	Quadro III.1	I3	$\frac{z + 1\,700}{7{,}3}$

Tabela 4.9 - Alterações do zonamento climático de Verão em função da altitude dos locais (Portugal continental) [26]

Zona climática de Verão do concelho (segundo o Quadro III.1 do Anexo A do RCCTE [1])	Altitude (z), dos locais (m)							
	z > 600 e z ≤ 800		z > 800 e z ≤ 1000		z > 1000 e z ≤ 1200		z > 1200	
	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (ºC.dias)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (ºC.dias)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (ºC.dias)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (ºC.dias)
V1	V1	Quadro III.1	V1	30	V1	29	V1	27
V2	V2	Quadro III.1	V1	31	V1	29	V1	27
V3	V2	33	V1	31	V1	29	V1	27

"A precipitação média anual em Portugal continental é cerca de 900 mm apresentando grande variabilidade espacial, com os maiores valores observados no Minho (3000 mm), e os menores, inferiores a 400 mm, numa região restrita da Beira Interior (a sul do Douro) e mais extensivamente no interior do Alentejo, com valores inferiores a 600 mm." [112].

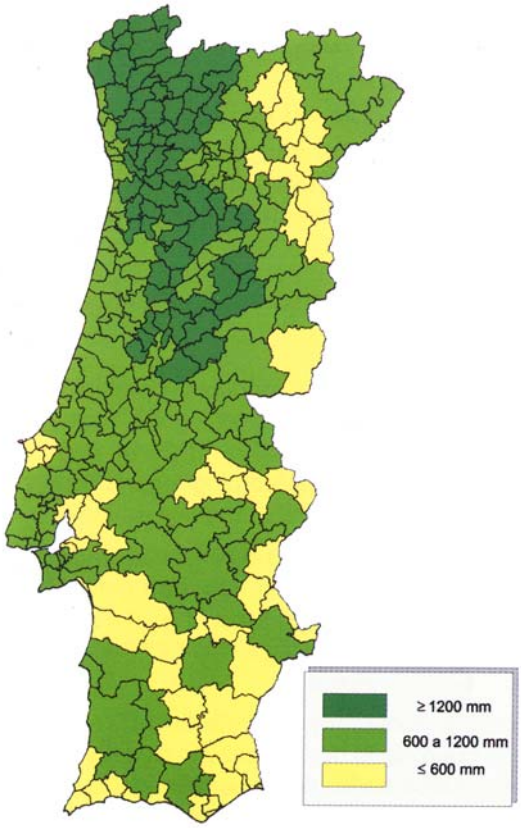


Figura 4.6 - Distribuição da quantidade de precipitação Portugal continental [3]

De acordo com a figura anterior, Portugal continental é dividido em três zonas de precipitação distintas e nos seguintes intervalos:

Tabela 4.10 - Zonamento de Portugal continental em função da precipitação média anual

Zonas de precipitação para Portugal continental		
P1	**P2**	**P3**
Pouco pluvioso	Moderadamente pluvioso	Muito pluvioso
≤ 600 mm	600 a 1200 mm	≥ 1200 mm

4.2.5.5. Classificação dos ambientes exteriores segundo as solicitações face à poluição e à influência marítima

De modo a avaliar as solicitações face à poluição e à influência marítima a que os produtos estão sujeitos apresenta-se a classificação proposta pela Association Française de Normalisation (AFNOR) [91]. A proposta divide as atmosferas exteriores em dois grupos de acordo com a sua exposição à água da chuva (protegida e não protegida).

Tendo em conta que a exposição dos produtos à precipitação será considerada independentemente na tabela com os Índices a aplicar a este Factor (tabela 4.12), de modo a não duplicar a influência do mesmo factor, a classificação proposta pela AFNOR [91] será adaptada com o intuito de descrever apenas os diferentes tipos de atmosferas exteriores sem distinção da sua exposição à água. Assim, pelo exposto, a nomenclatura das atmosferas encontra-se renomeada.

Tabela 4.11 - Definição das atmosferas exteriores em função dos índices de poluição do ar e da influência marítima [91] – adaptado

Atmosfera	Definição da atmosfera
E1	Atmosfera rural não poluída. Meio correspondente ao exterior das construções situadas em zonas rurais sem presença de poluição particular.
E2	Atmosfera normal urbana ou industrial. Meio correspondente ao exterior das construções situadas em pequenos ou médios aglomerados e/ou em zonas de desenvolvimento industrial que comportem uma ou várias produções de gases e fumos, mas que não contenham forte teor em compostos químicos.
E3	Atmosfera severa urbana ou industrial. Meio correspondente ao exterior das construções situadas em importantes aglomerados e/ou numa zona de desenvolvimento industrial. O aumento da agressividade é devida à presença de compostos químicos contínuos ou interrompidos sem que estes sejam de forte teor e de corrosão com importância.
E4	Atmosfera das construções situadas entre os 10 e os 20 km do litoral.
E5	Atmosfera das construções situadas entre os 3 e os 10 km do litoral.
E6	Atmosfera das construções situadas a menos de 3 km do litoral.
E7	Atmosfera mista normal: combinação das atmosferas E2 e E6.
E8	Atmosfera mista severa: combinação das atmosferas E3 e E6.
E9	Atmosfera agressiva: combinação das atmosferas E3 e E6 com agressividade agravada por factores climáticos.

4.2.5.6. Factor E – Índices aplicáveis

Apresentam-se de seguida os índices aplicáveis em função das características do ambiente exterior segundo as principais solicitações referidas, ou seja, segundo a temperatura, a precipitação, a poluição e a influência marítima a que o produto de construção está exposto.

Será de referir, relativamente às atmosferas exteriores, que a atmosfera E9 não influi nos índices visto os principais factores climáticos estarem já a intervir no índice a aplicar, pelo que a sua influência é considerada como E8.

Tabela 4.12 - Índices aplicáveis ao Factor E

		Atmosfera	Zona Climática de Verão								
			V1			V2			V3		
Precipitação			P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Zona climática de Inverno	I1	E1*, E1+E4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0
		E2*, E2+E4	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,2	1,0	0,8
		E3*, E3+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E1+E5, E2+E5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
		E3+E5, E1+E6, E7	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8
		E8, E9	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	I2	E1*, E1+E4	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		E2*, E2+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
		E3*, E3+E4	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E1+E5, E2+E5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E3+E5, E1+E6, E7	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		E8, E9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	I3	E1*, E1+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
		E2*, E2+E4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
		E3*, E3+E4	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		E1+E5, E2+E5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E3+E5, E1+E6, E7	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		E8, E9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

* Deverá subentender-se que as construções estão situadas a mais de 20km do litoral

4.2.5.7. Outras solicitações a considerar no projecto

Conforme referido nas considerações relativas a este factor (§4.2.5.2), será de salientar que além das acções consideradas na tabela 4.12, existem outro tipo de acções, combinadas ou não, que podem afectar o tempo de vida útil dos produtos da construção.

A exposição dos produtos a este tipo de acções, nomeadamente à acção da radiação solar, à acção combinada temperatura/geada e à acção combinada vento/precipitação devem também ser consideradas no projecto. Apesar de estas acções não serem consideradas pela ISO 15686-4 como as mais relevantes na avaliação das características do ambiente exterior no âmbito da sua influência sobre a durabilidade dos produtos de construção, opta-se por apresentar meios de avaliação

relativos a estas acções, no intuito de sensibilizar os projectistas para eventuais situações pontuais em que o edifício possa encontrar-se, desfavoráveis à vida útil dos produtos, bem como salientar que algumas opções de projecto podem influenciar significativamente na durabilidade dos produtos, nomeadamente a cor das superfícies exteriores e sua relação com a implantação do edifício.

4.2.5.7.1. Acção da radiação solar

Estando a envolvente exterior dos edifícios sujeita a amplitudes térmicas que podem ser, ao longo do ano, superiores a 50ºC, estas encontram-se sujeitas a uma série de patologias, nomeadamente a tensões e deformações, que podem ser elevadas, consoante o tipo de movimentos e as propriedades físicas dos produtos de construção.

Para além da temperatura exterior de projecto, na avaliação dos ambientes exteriores deverá ser também ponderada a intensidade de radiação solar a que os produtos vão estar sujeitos tendo em conta que a superfície exterior de um produto exposto à radiação solar vai apresentar valores de temperatura superiores à temperatura ambiente (temperatura exterior de projecto).

A figura que se segue pretende demonstrar quais as zonas de Portugal continental onde a incidência da radiação solar é mais significativa.

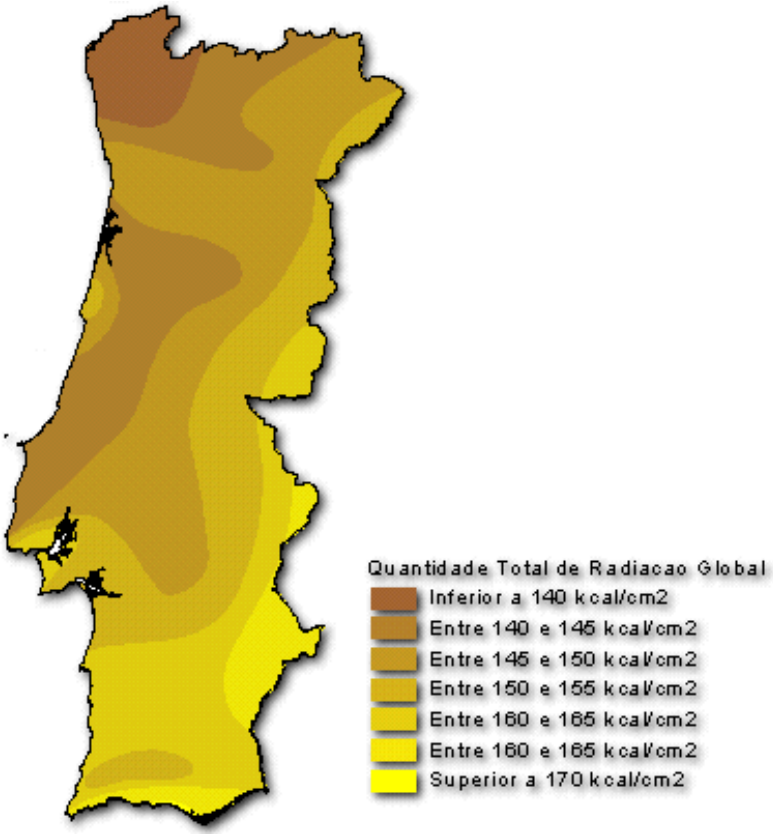


Figura 4.7 - Radiação solar média anual em Portugal continental [108]

De um modo geral, para Portugal continental, os valores máximos de radiação global incidente sobre superfícies exteriores são os seguintes:

Tabela 4.13 - Valores máximos de radiação global incidente sobre superfícies exteriores em Portugal continental [2]

Estações do ano	Radiação solar global máxima - R [W/m2]						
	Orientação						
	N	E	SE	S	SO	O	H*
Inverno	90	680	940	1050	920	670	750
Primavera/Outono	150	720	980	790	940	700	----
Verão	180	900	880	460	800	780	1100

* Superfície horizontal, com inclinação entre 0º e 15º.

Salienta-se ainda o facto do coeficiente de absorção da radiação solar ser essencialmente condicionado pela cor da superfície exposta do produto utilizado, pelo que se torna de grande relevância, para uma maior durabilidade, a escolha da cor na fase de projecto tendo em consideração os seguintes valores.

Tabela 4.14 - Valores do coeficiente de absorção da radiação solar em função da cor [2]

Cor da superfície	Valor do coeficiente de absorção da radiação solar
Branco	0,2 a 0,3
Amarelo, cor-de-laranja, Vermelho claro	0,3 a 0,5
Vermelho escuro, Verde claro, Azul claro	0,5 a 0,7
Castanho, Verde escuro, Azul vivo, Azul escuro	0,7 a 0,9
Castanho escuro, Preto	0,9 a 1,0

Segundo o exposto, se os produtos da construção que estão no âmbito da caracterização do Factor E obtiverem um resultado para a sua vida útil estimada pouco superior ao mínimo estipulado, deverá ser considerado como critério de projecto o seguinte:

- para produtos com vida útil estimada aceitável mas muito próximo do período mínimo a considerar, quando em análise para aplicação em zona de insolação solar igual ou superior a 150 Kcal/cm^2 não deverão ser seleccionados se possuírem um coeficiente de absorção da radiação solar igual ou superior a 0,7 [2], excepto se estes estiverem protegidos pelo efeito de sombreamento, por outros edifícios ou por elementos da própria construção, ou se estiverem exclusivamente expostos ao quadrante solar norte.

4.2.5.7.2. Acção combinada temperatura/geada

O conhecimento da gelividade da zona pode ser determinante do ponto de vista da durabilidade uma vez que os valores de resistência ao gelo variam de produto para produto. Tendo em conta que o presente trabalho pressupõe uma correcta selecção exigencial, de acordo com o definido na introdução deste capítulo, a influência negativa desta acção será desde logo moderada.

De qualquer modo será de referir que a acção combinada temperatura/geada pode ser relevante para determinados tipos de produtos da construção, nomeadamente para produtos com *porosidade aberta*, ou seja, produtos com vazios abertos ligados directamente à superfície [53], tais como a grande parte dos elementos cerâmicos e pétreos.

Apresenta-se de seguida a figura 4.8 na qual se podem verificar intervalos definidos pelo número de dias no ano com geada em Portugal continental.

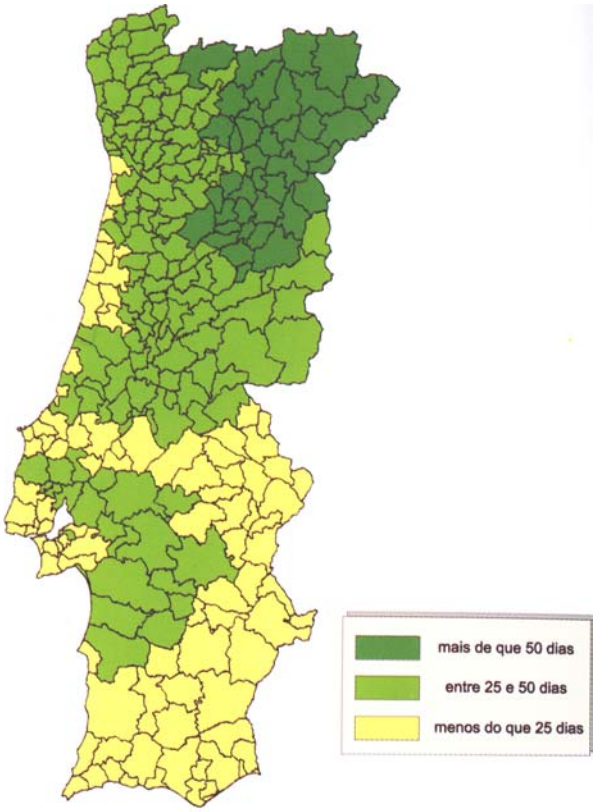


Figura 4.8 - Número médio anual de dias com geada [3]

Segundo o exposto, se os produtos da construção que estão no âmbito da caracterização do Factor E obtiverem um resultado para a sua vida útil estimada pouco superior ao mínimo estipulado, deverá ser considerado como critério de projecto o seguinte:

- para produtos com vida útil estimada aceitável mas muito próximo do período mínimo a considerar, quando em análise para aplicação em concelhos com número médio anual superior a 50 dias com geada, não deverão ser seleccionados se a *porosidade aberta* for uma das suas características, excepto se estes estiverem previstos apenas para locais exteriores mas protegidos da geada, tais como os aplicados em algumas superfícies das varandas.

4.2.5.7.3. Acção combinada vento/precipitação

A acção do vento em Portugal encontra-se caracterizada no RSA [22], estando a caracterização descrita em função do Zonamento do Território e da Rugosidade Aerodinâmica do Solo.

Segundo o RSA [22] o território nacional encontra-se dividido em duas zonas distintas.

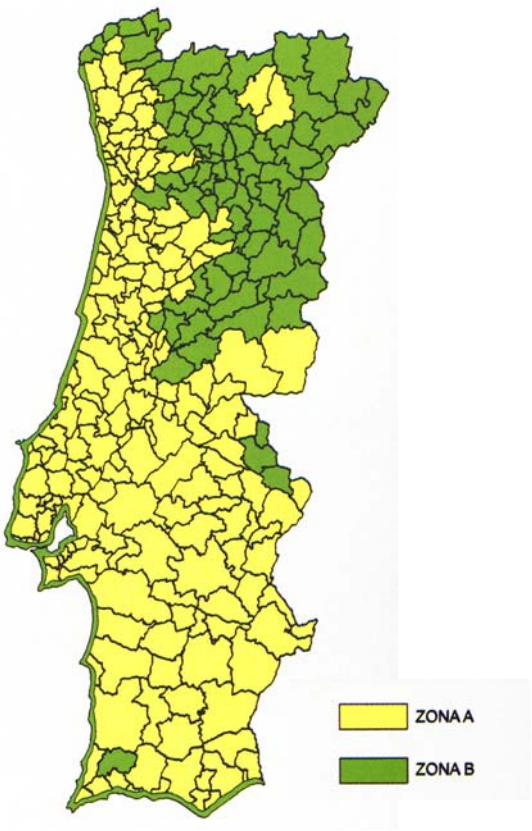


Figura 4.9 - Zonamento do território de Portugal Continental em função da acção do vento segundo o RSA [3]

Tabela 4.15 - Zonamento segundo a acção do vento definido pelo RSA [22]

Zona A	A generalidade do território, com excepção das regiões pertencentes à zona B
Zona B	Os arquipélagos dos Açores e da Madeira e as regiões do continente situadas numa faixa costeira com 5 km de largura ou a altitudes superiores a 600 m.

A classificação dos ambientes exteriores segundo o factor climático precipitação encontra-se descrita no sub-capítulo 4.2.5.4.

Tendo em conta que a interacção dos factores de degradação acentua o efeito do envelhecimento dos produtos de construção e que a acção do vento pode desencadear e/ou acelerar a acção desses mesmos mecanismos de degradação, considera-se importante identificar as construções que se implantam em condições mais desfavoráveis no que concerne à combinação do vento com a precipitação.

Segundo o exposto, se os produtos da construção que estão no âmbito da caracterização do Factor E obtiverem um resultado para a sua vida útil estimada pouco superior ao mínimo estipulado, deverá ser considerado como critério de projecto o seguinte:

- para produtos com vida útil estimada aceitável mas muito próximo do período mínimo a considerar, quando em análise para aplicação em zona B segundo a figura 4.9 e a tabela 4.15 e em zona P3 segundo a figura 4.6 e a tabela 4.10, não deverão ser seleccionados se forem considerados produtos susceptíveis à acção combinada vento/precipitação.

- para produtos com vida útil estimada aceitável mas muito próximo do período mínimo a considerar, quando em análise para aplicação na zona B segundo a figura 4.9 e a tabela 4.15 e em zona P2 (moderadamente pluvioso) segundo a figura 4.6 e a tabela 4.10, deverá ser efectuada nova estimativa da vida útil para os produtos considerados como susceptíveis à acção combinada vento/precipitação, dando entrada na tabela 4.12 como se estivessem em análise para a zona P3 (muito pluvioso). Se o índice aplicável no factor em análise (factor E) já for 0,8 dando entrada como zona P2, ficará ao critério do projectista a selecção do produto em análise, mas deverá ter consciência que será conveniente optar por outro produto ou melhorar as características do que se encontra em análise de modo a reduzir a sua susceptibilidade a pelo menos uma das condições a que estará sujeito.

4.2.6. Factor F – Características do uso

4.2.6.1. Âmbito de aplicação

Na avaliação das características do uso deverão ser considerados todos os produtos da construção que sejam sujeitos a distintas acções de desgaste consoante o uso do local onde sejam aplicados.

Para os restantes produtos da construção, ou seja, para os que não estão sujeitos a distintas acções de desgaste consoante o uso do local, deverá ser aplicado o índice 1,0 visto as características deste factor não terem influência na estimativa do seu tempo de vida útil.

4.2.6.2. Considerações

A selecção exigencial dos produtos a utilizar deverá incluir a sua adequação ao uso. A correcta selecção segundo as características do uso é fundamental para a durabilidade dos produtos de

construção, pelo que o índice a aplicar a este factor será na sequência da verificação dessa mesma selecção.

Deste modo, para cada produto no âmbito de aplicação deste factor, será necessário comparar as características do produto seleccionado com as características mínimas exigíveis para o caso particular em estudo.

4.2.6.3. Classificações de adequação ao uso

No intuito de exemplificar produtos com acções de desgaste relevantes pelo efeito de uso corrente, indicam-se de seguida as classificações aplicáveis aos seguintes produtos:

- Revestimentos de pavimento;
- Revestimentos de paredes exteriores.

4.2.6.3.1. Revestimentos de pavimento

A classificação UPEC [11] é um método genérico, aplicável a todo o tipo de produtos de revestimento de pavimento e a todo o tipo de edifícios, que tenta garantir, através de operações de limpeza normais, que os pavimentos se conservem de modo satisfatório sem grande deterioração e com uma alteração progressiva e limitada do seu aspecto inicial.

Cada letra da sigla da classificação caracteriza uma classe de acordo com o seguinte:

Tabela 4.16 - Classificação UPEC: descrição das classes [2;11]

Classe	Descrição
Classe U	Traduz os efeitos do uso de circulação no local: A noção que está implícita nesta classe é mais ampla que a resistência à abrasão. Para o efeito são consideradas as alterações de aspecto (perda de brilho), de desgaste (perda de matéria) e outros processos diversos.
Classe P	Punçoamento (resistência mecânica): Traduz essencialmente as acções mecânicas do mobiliário (efeito estático, arrastamento ou rolagem) e dos objectos (choques).
Classe E	Caracteriza a frequência da presença da água e da humidade sob o piso: frequência da acção da água no pavimento, nomeadamente a relacionada com a utilização.
Classe C	Caracteriza a resistência aos agentes físico-químicos e manchas: caracteriza a incidência destes produtos na durabilidade dos revestimentos de piso.

A cada classe é atribuído um índice numérico (ou alfanumérico), que aumenta de acordo com a severidade do uso de um determinado local ou com o nível de desempenho atingido por determinado produto.

De um modo sistemático a classificação pretende indicar quais os níveis de exigência que os revestimentos de piso devem satisfazer, ou seja, quais os níveis mínimos de desempenho que o revestimento de piso deverá possuir para ser aplicado em determinada situação específica segundo o uso previsto para esse local.

Tabela 4.17 - Classificação UPEC: níveis das classes [2;11]

Classe	Nível	Atribuição dos locais
Classe U	U2 e U2s	Classificação de locais de utilização doméstica (ou privada)
	U3, U3s e U4	Classificação de locais de utilização pública ou colectiva
Classe P	P2	Locais onde não são previsíveis acções muito intensas: cargas estáticas limitadas a 20 kg/cm^2, sem rolagem, excepto de objectos tais como os utilizados nos locais de habitação
	P3	Locais tipo escritórios equipados com cadeiras de roletes, corredores (principalmente nos hospitais) ou circulação de porta paletes e locais submetidos a esforços de intensidade considerável
	P4	Locais P3 sujeitos a rolagem pesada (por exemplo equipamento de manutenção)
	P4s	Locais, com excepção dos locais industriais, submetidos a todo o tipo de cargas, fixas ou móveis
Classe E	E1	Presença de água ocasional; utilização a seco e limpeza a húmido
	E2	Presença de água frequente mas não sistemática: utilização húmida, limpeza por lavagem
	E3	Presença de água frequente prolongada; utilização e lavagem quase se confundem
Classe C	C0	Nestes locais tais produtos não são normalmente utilizados (ex: átrios de entrada)
	C1	Locais onde o contacto com o solo é acidental (ex. restaurantes)
	C2	Locais onde os produtos são correntemente manipulados (ex: cozinhas)

Apresenta-se de seguida a classificação mínima que os produtos devem possuir para serem aplicados em determinado local em função dos seus critérios de uso.

Tabela 4.18 - Classificação mínima UPEC dos produtos a aplicar segundo os locais [11] - parcial

Locais	**Classificação mínima**			
Edifícios Unifamiliares	U	P	E	C
Entradas	U2s	P2	E1	C0
Cozinhas	U3	P2	E2	C2
Instalações sanitárias	U2	P2	E3	C1
Quartos	U2	P2	E1	C0
Terraços e/ou varandas	U3	P3	E3	C2
Edifícios Colectivos	U	P	E	C
Átrios de entrada	U4	P2	E2	C0
Patamares e escadas	U3	P2	E1	C0
Espaços exteriores	U4	P3	E3	C2
Edifícios comerciais	U	P	E	C
Espaço comercial com pouco movimento	U3s	P2	E2	C1
Espaço comercial com frequência moderada	U4	P3	E3	C2
Espaço comercial em áreas alimentares	U4	P3	E2	C2
Hipermercados	U4	P4s	E3	C2
Galerias de centros comerciais	U4	P3	E3	C2
Edifícios civis ou administrativos, públicos ou privados	U	P	E	C
Espaços colectivos	U3	P3	E1	C0
Salas de reunião e/ou conferências	U3	P2	E1	C0
Salas de reunião públicas	U3s	P3	E1	C1
Restaurantes	U3s	P3	E1	C1
Salas polivalentes	U3s	P3	E2	C1
Átrios de circulação pública	U4	P3	E3	C1
Cozinhas colectivas e anexos de utilização normal ou moderada	U4	P3	E3	C2
Cozinhas colectivas e anexos de utilização intensa	U4	P4s	E3	C2
Edifícios hospitalares	U	P	E	C
Instalações sanitárias colectivas	U3	P3	E2	C2
Quarto do tipo corrente	U3	P3	E3	C2
Salas de atendimento	U4	P4	E3	C2

4.2.6.3.2. Revestimentos de paredes exteriores

Os choques decorrentes da ocupação normal são a principal causa de desgaste produzido nos revestimentos de paredes exteriores.

A variação da exposição à acção dos choques dos revestimentos exteriores varia de edifício para edifício e depende essencialmente da área de actividade do edifício e do tipo de ocupação (privada ou pública).

De modo a verificar qual a exposição à acção dos choques em paredes exteriores, o CSTB [2] classifica os edifícios em quatro classes distintas.

Tabela 4.19 - Áreas de actividade face à acção dos choques decorrentes da ocupação normal [2]

Área de Actividade	Acesso privado	Acesso público
Sem via pedonal nem área de recreio	AA1	AA3
Com via pedonal ou área de recreio	AA2	AA4

"O comportamento aos choques dos revestimentos de paredes pode ser avaliado através de ensaios de choque. Estes ensaios são normalmente realizados por impacto pendular de corpos convencionais, cuja energia de choque (expressa em joules) é condicionada pela altura de queda do corpo de ensaio. Os corpos convencionais designam-se de corpos moles, que pretendem simular, por exemplo, o choque de pessoas contra o elemento a ensaiar, e corpos duros, que pretendem representar objectos leves não deformáveis, tais como peças de mobiliário ou de limpeza, que podem chocar contra o elemento a ensaiar." [2].

Tabela 4.20 - Energia de choque* em ensaios de revestimento de fachada [2]

Classe de exposição aos choques - Q	**Corpo de choque***	**Energia de choque* [J]**	
		Elemento de difícil substituição	**Elemento de fácil substituição**
Q1	M 50	---	---
	M 3	10	3
	D 1	---	---
	D 0,5	3	1
Q2	M 50	---	
	M 3	60	20
	D 1	---	---
	D 0,5	3	1
Q3	M 50	300	100
	M 3	60	20
	D 1	---	---
	D 0,5	3	1
Q4	M 50	400	130
	M 3	60	20
	D 1	10	3
	D 0,5	---	---

* A energia de choque está directamente relacionada com a altura de queda do corpo de choque.

As classes de exposição à acção dos choques exteriores são normalmente expressas em função da posição da fachada relativamente ao pavimento exterior.

Apresenta-se de seguida a classificação em função da exposição das fachadas aos choques exteriores decorrentes da ocupação normal descrita no documento de referência [2].

Tabela 4.21 - Classes de exposição das fachadas aos choques exteriores decorrentes da ocupação normal [2]

Situação da fachada	Tipo de áreas de actividade (AAi)			
	AA1	AA2	AA3	AA4
Em piso elevado (altura >2,5 m)	Q1	Q1	Q1	Q1*
Em rés-do-chão sobrelevado (altura ≥1 m)	Q1	Q1	Q2	Q2
Recuada	Q1	Q1	Q2	Q3
Em rés-do-chão	Q2	Q3	Q3	Q4

* Nos casos em que a área de actividade AA4 corresponde a uma "área de recreio com bola", a classe a adoptar é Q2 até uma altura de 6 m.

Salienta-se que a existência de elementos de protecção do tipo muros, guarda-corpos ou algum tipo de vegetação podem proteger as fachadas face aos choques.

4.2.6.4. Factor F – Índices aplicáveis

Apresentam-se de seguida os índices aplicáveis segundo a adequação ao uso do produto seleccionado de acordo com os pressupostos definidos, ou seja, segundo a verificação da classificação atribuída ao produto de construção e sua confrontação com a respectiva classificação exigencial.

Tabela 4.22 - Índices aplicáveis ao Factor F

Classificação do produto segundo a sua adequação ao uso	Índice aplicável
Possui classificação superior à exigida em todos os níveis	1,2
Possui a classificação mínima exigida	1,0
Inexistência de classificação de adequação ao uso aplicável ao produto	0,8

4.2.7. Factor G – Nível de manutenção

4.2.7.1. Âmbito de aplicação

A avaliação do nível de manutenção deverá ser considerada para todos os produtos de construção acessíveis a acções de manutenção, reparação e/ou substituição.

Para os restantes produtos da construção deverá ser aplicado o índice 1,0 partindo do pressuposto que não serão sujeitos a este tipo de acções.

4.2.7.2. Considerações

O nível de manutenção deve considerar um conjunto de acções aplicado aos produtos da construção, preventivos ou não, de modo a permitir que estes desempenhem a sua função de um modo satisfatório durante o período de vida para o qual são previstos na fase de projecto.

Os produtos de construção, submetidos a acções decorrentes da utilização normal, devem apresentar, durante a totalidade do seu tempo de vida útil, um aspecto idêntico ao inicial, mesmo que para tal sejam necessárias intervenções de manutenção, de reparação e/ou de substituição parcial de acordo com o definido pelo fabricante.

A periodicidade destas intervenções está frequentemente relacionada com a agressividade do meio em que os produtos da construção vão estar inseridos e com a intensidade das solicitações a que os mesmos vão estar sujeitos (ver §4.2.4, §4.2.5 e §4.2.6).

Com vista a avaliar o nível de manutenção dos produtos de construção e suas consequências na durabilidade dos mesmos, torna-se então necessário agrupar os produtos segundo as suas necessidades de manutenção bem como segundo a facilidade de reparação ou substituição parcial.

4.2.7.3. Classificação do nível de manutenção

Entende-se por acções de manutenção, de acordo com a Directiva Europeia dos Produtos da Construção [15], operações de limpeza, incluindo lavagens, reparações e substituições de determinados produtos da construção.

Deste modo, para permitir avaliar a necessidade de manutenção e a facilidade de reparação, foi adoptada a classificação reVETIR proposta pelo Centre Scientifique et Tecnhique du Bâtiment (CSTB) [4].

A referida classificação é divisível em dois grupos:

GRUPO I referente às duas primeiras letras "r" e "e" onde se avalia a conservação;

GRUPO II referente às restantes cinco letras "V", "E" , "T", "I" e "R" onde se avalia a aptidão de utilização em diferentes circunstâncias.

As características avaliadas são as seguintes:

GRUPO I

r – Facilidade de reparação;

e - Necessidades de manutenção.

GRUPO II

V - Resistência ao vento;

E - Estanquidade à água;

T - Resistência aos choques;

I - Reacção ao fogo;

R - Resistência térmica.

A proposta é específica para a avaliação de sistemas de isolamento térmico de fachadas pelo exterior, mas a especificidade da avaliação a este tipo de sistema reside nos critérios apresentados no Grupo II.

Os critérios de avaliação pertencentes ao Grupo I referem-se a uma classificação de âmbito mais genérico e que por isso são passíveis de aplicação a diferentes produtos da construção. Assim sendo, para o presente estudo só serão considerados os critérios referentes ao Grupo I.

4.2.7.3.1. Facilidade de Reparação (r)

Este critério caracteriza a facilidade de reparar e/ou substituir pontualmente um produto da construção.

Tabela 4.23 - Classes de facilidade de reparação segundo a classificação reVETIR [4]

Classe de reparação	Descrição do tipo de reparação
r1	Se a reparação é difícil e necessita de produtos ou componentes específicos
r2	Se a reparação é fácil mas necessita de produtos ou componentes específicos ou se a reparação é difícil mas pode ser efectuada com os produtos correntes no mercado
r3	Se a reparação é fácil e pode ser realizada com os produtos correntes no mercado, mas necessita de intervenção além da zona a reparar
r4	Se a reparação é fácil e pode ser realizada com produtos correntes no mercado e sem necessitar de intervenção além da zona a reparar

4.2.7.3.2. Necessidades de Manutenção (e)

Este critério caracteriza as necessidades de conservação/manutenção de um produto da construção.

Tabela 4.24 - Classes de necessidades de manutenção segundo a classificação reVETIR [4]

Classe de manutenção	Descrição do tipo de manutenção
e1	Se necessitar de manutenção frequente (intervalos de tempo entre os 3 e os 10 anos)
e2	Se necessitar de manutenção normal (intervalos de tempo entre os 10 e os 20 anos)
e3	Se necessitar de manutenção espaçada (intervalos de tempo iguais ou superiores a 20 anos)
e4	Se as intervenções necessárias forem apenas a lavagem periódica (intervalos de tempo iguais ou superiores a 10 anos)

4.2.7.4. Factor G – Índices aplicáveis

Apresentam-se de seguida os índices aplicáveis em função das necessidades de reparação e das necessidades de manutenção do produto de construção, tendo como pressuposto que quanto mais elevadas forem essas necessidades maior será a probabilidade de não serem satisfeitas pelo(s) proprietário(s) e consequentemente menor será o tempo de vida útil desses mesmos produtos.

Tabela 4.25 - Índices aplicáveis ao Factor G

Classe de manutenção - e	Classe de reparação - r			
	R1	**r2**	**r3**	**r4**
e1	0,8	0,8	0,8	1,0
e2	0,8	0,8	1,0	1,2
e3	0,8	1,0	1,2	1,2
e4	0,8	1,0	1,2	1,2

4.3. MATRIZ DE DURABILIDADE

Apresenta-se de seguida a tabela síntese (tabela 4.26), denominada como matriz de durabilidade, que inclui todos os índices propostos como aplicáveis aos factores modificadores no contexto português.

Tabela 4.26 – Matriz de Durabilidade

QUALIDADE	Factor A	**Classificação segundo o fornecimento do produto à obra**	Índice aplicável
		Com declaração de conformidade CE e Certificado de Qualidade	1,2
		Com declaração de conformidade CE emitida pelo fabricante ou com Certificado de Qualidade	1,0
		Sem declaração de conformidade CE e sem Certificação	0,8
	Factor B	**Níveis de qualidade do projecto**	Índice aplicável
		Projecto sem cumprimento do artigo 80º do D.L. 555/99	0,8
		Projecto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução memória descritiva com descrição sistemática das principais soluções construtivas adoptadas	1,0
		Projecto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução os Desenhos à escala adequada ao trabalho a executar em obra, a definição de todos os produtos a aplicar, bem como, Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas	1,2

				Qualificação da mão-de-obra	
				Qualificada	Não qualificada
QUALIDADE	Factor C	**Regularidade da fiscalização em obra**	Regular	1,2	1,0
			Pontual	1,0	0,8
			Ausente	1,0	0,8

			Exposição à humidade em locais interiores				
		Higroscopicidade	EA	EB	EB+	EB++	EC
AMBIENTE	Factor D	Higroscópicos	1,2	1,0	0,8	0,8	---
		Não-Higroscópicos	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

					Zona Climática de Verão								
					V1			V2			V3		
		Precipitação			P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
AMBIENTE	Factor E	**Zona climática de Inverno**	I1	E1*, E1+E4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0
				E2*, E2+E4	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,2	1,0	0,8
				E3*, E3+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
				E1+E5, E2+E5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
				E3+E5, E1+E6, E7	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8
				E8, E9	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			I2	E1*, E1+E4	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
				E2*, E2+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
				E3*, E3+E4	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
				E1+E5, E2+E5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
				E3+E5, E1+E6, E7	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
				E8, E9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			I3	E1*, E1+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
				E2*, E2+E4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
				E3*, E3+E4	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
				E1+E5, E2+E5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
				E3+E5, E1+E6, E7	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
				E8, E9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

CONDIÇÕES OPERACIONAIS	FACTOR F	**Classificação do produto segundo a sua adequação ao uso**	Índice aplicável
		Possui classificação superior à exigida em todos os níveis	1,2
		Possui a classificação mínima exigida	1,0
		Inexistência de classificação de adequação ao uso aplicável ao produto	0,8

			Classe de reparação - r			
		Classe de manutenção - e	r1	r2	r3	r4
CONDIÇÕES OPERACIONAIS	FACTOR G	e1	0,8	0,8	0,8	1,0
		e2	0,8	0,8	1,0	1,2
		e3	0,8	1,0	1,2	1,2
		e4	0,8	1,0	1,2	1,2

* Deverá subentender-se que as construções estão situadas a mais de 20km do litoral

4.4. APLICAÇÃO DO MÉTODO FACTORIAL

4.4.1. Balizamento dos casos a estudar

O presente sub-capítulo pretende demonstrar a aplicação do Método Factorial contextualizado à realidade portuguesa e pressupõe, conforme referido na introdução deste capítulo (§ 4.1), uma correcta selecção exigencial dos produtos de construção a utilizar segundo as classificações e informação técnica disponíveis.

Assim, com o intuito de demonstrar de forma abreviada a aplicabilidade do Método Factorial, serão estimadas as vidas úteis de apenas dois produtos aplicados em dois projectos distintos. A forma de apresentação destes casos, através de tabelas resumo, pretende evidenciar que após executada essa base de trabalho será extremamente simples a aplicação deste Método.

De modo a salientar a influência de um factor apenas sobre o resultado da Vida Útil Estimada de um produto, opta-se por apresentar dois projectos com todas as condições equivalentes excepto a sua localização. Assim, as diferentes localizações irão alterar apenas as características do ambiente exterior e consequentemente o índice aplicável ao factor E (tabelas 4.32 e 4.33).

Da extensa lista de opções de produtos utilizados na construção, tendo em conta que os revestimentos de paredes exteriores são significativamente sujeitos à degradação, pelo que a sua durabilidade, assim como a de outros produtos, assume uma importância preponderante, os dois produtos a seleccionar destinam-se ao revestimento de *fachadas ventiladas*.

Tendo em conta que a estimativa do tempo de vida útil das construções, integrada na fase de projecto, actualmente apenas se verifica nos projectos de edifícios para os quais se pretende uma elevada qualidade global, opta-se por considerar nestes casos em estudo o índice mais favorável para os três factores do grupo qualidade. Assim, será aplicado o índice 1,2 nos factores relativos à qualidade do produto de construção (factor A), ao nível de qualidade do projecto (factor B) e ao nível de qualidade da execução (factor C). Será de referir que esta opção favorece significativamente os resultados da vida útil.

Relativamente à vida de projecto do edifício, opta-se por considerar uma duração de 60 anos visto, de acordo com o referido neste trabalho, ser o mínimo recomendável para o tipo de edifícios que serão avaliados (tabelas 4.27 e 4.28).

4.4.2. Condições dos Projectos em estudo

Conforme referido, os dois projectos têm as mesmas condições genéricas com excepção da sua localização. Assim, o factor variável entre os dois projectos será o Ambiente Exterior de modo salientar a diferença de resultados entre os locais portugueses mais e menos favoráveis do ponto de vista da sua influência no dimensionamento da durabilidade.

As duas tabelas seguintes resumem as condições genéricas dos dois projectos necessárias à aplicação do Método Factorial.

Se o produto a avaliar se destinar à aplicação no interior do edifício, além das condições genéricas do projecto, será necessário definir as condições específicas do local interior de acordo com a tabela 4.29.

Tabela 4.27 – Condições genéricas do Projecto A

Projecto A	Denominação	Edifício Multifamiliar na Foz do Porto.
	Localização	Av. Brasil, Foz, Porto.
	Pisos	R/C + 7.
	Tipo de Implantação	Isolada.
	Terreno envolvente	Não possui. Relação directa com a via pública.
	Usos	Comércio no R/C e Habitação nos pisos restantes.
	Qualidade do Projecto	De acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução os Desenhos à escala adequada ao trabalho a executar em obra, a definição de todos os produtos a aplicar, bem como, Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas.
	Mão-de-Obra e Fiscalização	Prevista Mão-de-Obra Qualificada e Fiscalização Regular.
	Vida de projecto do edifício	60 Anos.
	Produto a seleccionar	Revestimento de *fachada ventilada* nos pisos de habitação.

Tabela 4.28 – Condições genéricas do Projecto B

Projecto B	Denominação	Edifício Multifamiliar em Grândola.
	Localização	Rua D. Nuno Álvares Pereira, Grândola.
	Pisos	Igual à situação A.
	Tipo de Implantação	Igual à situação A.
	Terreno envolvente	Igual à situação A.
	Usos	Igual à situação A.
	Qualidade do Projecto	Conforme a situação A.
	Mão-de-Obra e Fiscalização	Conforme a situação A.
	Vida de projecto do edifício	Conforme a situação A.
	Produto a seleccionar	O mesmo da situação A.

Tabela 4.29 – Condições específicas dos locais interiores

Projecto ___	Local Interior	Identificar o local
	Usos	Definir os usos previstos para o local
	Tipo de local	Ver tabela 4.6
	Exposição das paredes à água	Ver tabela 4.5
	Métodos de Conservação	Ver tabela 4.5
	Informações complementares	Caso sejam necessárias para a respectiva classificação de adequação ao uso.

4.4.3. Características dos Produtos

Os produtos escolhidos para o estudo destes casos específicos, além de aplicáveis como revestimentos em *fachada ventilada*, têm disponível a informação técnica necessária à utilização do Método Factorial.

O tempo de vida útil de referência para os produtos a avaliar está baseado em dados fornecidos pelos fabricantes, estando as condições relativas às suas previsões de acordo com ensaios de durabilidade normalizados nos países de origem.

Tabela 4.30 – Características específicas do Produto 1

Produto 1	Denominação	Eternit Glasal NT
	Descrição do produto	Placas de fibrocimento (sem amianto).
	Certificações e Marcações	Certificado pelas normas ISO 9001 e 14001 [105] e pelo CSTBat [8].
	Especificações Técnicas	Avis Technique 2/03 – 1008 [8].
	Domínios de emprego	Produto aplicável a fachadas [8].
	Propriedades do produto	Em conformidade com a norma NF EN 12467 [8;105]. Produto não-higroscópico.
	Adequação ao Uso	Classe Q1 segundo a norma P 08 302 [2;8].
	Durabilidade	Em conformidade com a norma NF EN 12467 [8;105]. Os resultados de ensaio de durabilidade satisfazem os critérios da norma, nomeadamente no que concerne à massa volúmica, características mecânicas e desempenho climático [8].
	Vida Útil de Referência (VUR)	30 anos [8].
	Manutenção e Reparação	O produto possui classificação reVETIR [4]. Classe de reparação em r2. Classe de manutenção e3.

Tabela 4.31 – Características específicas do Produto 2

Produto 2	Denominação	Luna Thermo-D
	Descrição do produto	Madeira modificada.
	Certificações e Marcações	Certificado pelo SKH com marca KOMO e marcação CE.
	Especificações Técnicas	Declaração SKH nº 32941/04 [116].
	Domínios de emprego	Produto aplicável a fachadas e a revestimento de pavimento [99].
	Propriedades do produto	Em conformidade com a norma BRL 0605 [79]. Produto higroscópico se não for aplicado produto de acabamento.
	Adequação ao Uso	Nos documentos consultados sobre este produto [79;99;116] não existem classificações de adequação ao uso aplicáveis.
	Durabilidade	Em conformidade com a norma EN 350-01 [79]. Os resultados de ensaio de durabilidade satisfazem os critérios da norma atingindo a Classe D2 (durável), considerada para aplicações exteriores sem necessitar de qualquer tratamento [79].
	Vida Útil de Referência (VUR)	10 anos se não for aplicado produto de acabamento. 30 a 40 anos* se for aplicado produto de acabamento [99].
	Manutenção e Reparação	A reparação deste tipo de produtos é fácil mas necessita de componentes específicos - equivale à classe r2 da reVETIR [4]. Para garantir a vida útil de referência de 30 a 40 anos necessita de manutenção regular, com intervalo de tempo entre os 2 e os 3 anos - equivale à classe e1 da reVETIR. Para garantir a vida útil de referência de 10 anos necessita de manutenção - equivale à classe e4 da reVETIR.

* Será aplicado produto de acabamento e será considerada uma VUR intermédia de 35 anos.

4.4.4. Índices aplicáveis aos produtos em estudo

Apresentam-se de seguida as tabelas 4.32 e 4.33 que resumem as condições dos projectos e as características dos produtos que influenciam na estimativa segundo o Método Factorial, bem como os respectivos Índices aplicáveis a cada Factor modificador.

Tabela 4.32 - Projecto A: Índices aplicáveis aos produtos 1 e 2

Factor modificador		Produto 1	Índice	Produto 2	Índice
Qualidade	**Factor A**	Produto certificado pela norma 9001, pelo que também satisfaz os *Requisitos Essenciais* da marcação CE.	1,2	Produto Certificado pelo SKH e marcação CE.	1,2
	Factor B	Projecto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução os Desenhos à escala adequada ao trabalho a executar em obra, a definição de todos os produtos a aplicar, bem como, Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas.	1,2	Projecto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução os Desenhos à escala adequada ao trabalho a executar em obra, a definição de todos os produtos a aplicar, bem como, Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas.	1,2
	Factor C	Mão-de-obra Qualificada. Fiscalização Regular.	1,2	Mão-de-obra Qualificada. Fiscalização Regular.	1,2
Ambiente	**Factor D**	Produto não-higroscópico. O produto a seleccionar para o projecto A não se encontra no âmbito de aplicação deste factor.	1,0	Produto higroscópico se não for aplicado produto de acabamento. O produto a seleccionar para o projecto A não se encontra no âmbito de aplicação deste factor.	1,0
	Factor E	Zona Climática*: I2, V1; Precipitação**: P2; Atmosfera***: E8.	**0,8**	Zona Climática*: I2, V1; Precipitação**: P2; Atmosfera***: E8.	**0,8**
Condições operacionais	**Factor F**	Classe Q1. Possui a classificação mínima exigida para a zona a aplicar no Projecto A****.	1,0	Inexistência de classificação de adequação ao uso aplicável ao produto.	0,8
	Factor G	Classe de reparação: r2; Classe de manutenção: e3.	1,0	Classe de reparação: r2; Classe de manutenção: e1.	0,8

* § 4.2.5.3
** § 4.2.5.4
*** § 4.2.5.5
**** § 4.2.6.3.2

Tabela 4.33 - Projecto B: Índices aplicáveis aos produtos 1 e 2

Factor modificador		Produto 1	Índice	Produto 2	Índice
Qualidade	**Factor A**	Produto certificado pela norma 9001, pelo que também satisfaz os *Requisitos Essenciais* da marcação CE.	1,2	Produto Certificado pelo SKH e marcação CE.	1,2
	Factor B	Projecto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução os Desenhos à escala adequada ao trabalho a executar em obra, a definição de todos os produtos a aplicar, bem como, Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas.	1,2	Projecto de acordo com D.L. 555/99 e Portaria 1110/2001 incluindo no Projecto de Execução os Desenhos à escala adequada ao trabalho a executar em obra, a definição de todos os produtos a aplicar, bem como, Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas.	1,2
	Factor C	Mão-de-obra Qualificada. Fiscalização Regular.	1,2	Mão-de-obra Qualificada. Fiscalização Regular.	1,2
Ambiente	**Factor D**	Produto não-higroscópico. O produto a seleccionar para o projecto B não se encontra no âmbito de aplicação deste factor.	1,0	Produto higroscópico se não for aplicado produto de acabamento. O produto a seleccionar para o projecto B não se encontra no âmbito de aplicação deste factor.	1,0
	Factor E	Zona Climática*: I1, V2; Precipitação**: P1; Atmosfera***: E2+E4.	**1,2**	Zona Climática*: I1, V2; Precipitação**: P1; Atmosfera***: E2+E4.	**1,2**
Condições operacionais	**Factor F**	Classe Q1. Possui a classificação mínima exigida para a zona a aplicar no Projecto B****.	1,0	Inexistência de classificação de adequação ao uso aplicável ao produto.	0,8
	Factor G	Classe de reparação: r2; Classe de manutenção: e3.	1,0	Classe de reparação: r2; Classe de manutenção: e1.	0,8

* § 4.2.5.3
** § 4.2.5.4
*** § 4.2.5.5
**** § 4.2.6.3.2

4.4.5. Aplicação do Método Factorial aos casos em estudo

Conforme apresentado no capítulo 3, a fórmula do Método Factorial expressa-se da seguinte forma:

VUE = VUR x Factor A x Factor B x Factor C x Factor D x Factor E x Factor F x Factor G

Deste modo, as Vidas Úteis Estimadas (VUE's) para os produtos 1 e 2, com as características definidas nas tabelas 4.30 e 4.31, aplicados nos projectos A e B, com as condições definidas nas tabelas 4.27 e 4.28, são as seguintes:

Tabela 4.34 – Projecto A: VUE dos Produtos 1 e 2

		VUR do produto (Anos)	VUE do produto (Anos)
Projecto A	**Produto 1**	30	30 x 1,2 x 1,2 x 1,2 x 1,0 x 0,8 x 1,0 x 1,0 = 41,5
	Produto 2	35	35 x 1,2 x 1,2 x 1,2 x 1,0 x 0,8 x 0,8 x 0,8 = 31,0

Tabela 4.35 – Projecto B: VUE dos Produtos 1 e 2

		VUR do produto (Anos)	VUE do produto (Anos)
Projecto B	**Produto 1**	30	30 x 1,2 x 1,2 x 1,2 x 1,0 x 1,2 x 1,0 x 1,0 = 62,2
	Produto 2	35	35 x 1,2 x 1,2 x 1,2 x 1,0 x 1,2 x 0,8 x 0,8 = 46,4

4.4.6. Durabilidade como critério dos projectos A e B

O estudo destes casos específicos pretendeu demonstrar o dimensionamento da durabilidade, de modo a participar como critério nesses projectos, para a selecção de um produto destinado a revestimento de fachada.

Considera-se conveniente relembrar que os valores obtidos são estimados pelo que devem ser interpretados como indicativos de uma probabilidade de ocorrência próxima dos mesmos.

Tendo em conta que a vida de projecto do edifício definida nas condições genéricas de ambos os casos em estudo é de 60 anos e que o revestimento de fachada é passível de substituição que apesar de dispendiosa pode ser comportável, de acordo com a tabela 2.2 este produto deverá ser considerado como elemento substituível, pelo que a sua Vida Útil Estimada deverá ser no mínimo de 40 anos.

4.4.6.1. Durabilidade como critério do projecto A

O produto 1 satisfaz o período mínimo de 40 anos mas encontra-se muito próximo desse valor. Tendo em conta que se trata de uma estimativa, *"(…) as soluções escolhidas deverão ser aquelas para as quais as estimativas da vida útil determinem uma duração algo superior (…) para cobrir os possíveis erros de previsão."* [17].

Assim, para a utilização do produto 1 no Projecto A, deverá ser dada especial atenção às outras solicitações do ambiente exterior a considerar no projecto (§4.2.5.7).

Tendo em conta que o edifício se situa em zona de insolação solar igual ou superior a 150Kcal/cm^2 (figura 4.7), agravado pelo facto de estar completamente desprotegida a fachada poente (marginal marítima), não devem ser seleccionadas as cores com coeficientes de absorção da radiação solar iguais ou superiores a 0,7 de acordo com a tabela 4.14.

Tendo em conta que o produto 1 é susceptível à acção combinada vento/precipitação e o edifício se situa em zona B (figura 4.9 e tabela 4.15) e em zona P2 (figura 4.6 e tabela 4.10) deverá ser efectuada nova estimativa da vida útil como se o edifício se situasse em zona P3 (§4.2.5.7.3).

De acordo com a tabela 4.32, o índice aplicável a este produto no factor E é de 0,8, pelo que, tendo em conta que já se trata do índice mínimo aplicável, a nova estimativa segundo a alteração de zona P2 para P3 obterá o mesmo resultado.

Assim, será conveniente optar por outro produto ou melhorar as características do que se encontra em análise de modo a reduzir a sua susceptibilidade a pelo menos uma das condições a que estará sujeito. A título de exemplo, poderá ser utilizada uma estrutura mais densa para a fixação deste revestimento (*fachada ventilada*) de modo a reduzir a sua susceptibilidade ao vento e, se conveniente, poderá ser utilizado com cores mais claras de modo a reduzir ainda mais o seu coeficiente de absorção da radiação solar de acordo com o referido.

O produto 2 não deverá ser utilizado visto não satisfazer o período mínimo de 40 anos.

4.4.6.2. Durabilidade como critério do projecto B

A estimativa da vida útil estimada para o produto 1 é superior a 60 anos, pelo que, antes de mais, será de salientar que este resultado é superior ao dobro da vida útil de referência. Assim, nestes casos devem ser colocadas reservas adicionais ao resultado, visto tratar-se de um método de estimativa e estar muito distante da durabilidade indicada para este produto em condições padrão.

De qualquer modo, este produto, além de satisfazer o período mínimo de 40 anos com uma margem para eventuais erros de previsão extremamente confortável, satisfaz o período mínimo definido para elementos cuja substituição é demasiado dispendiosa (ver tabela 2.2), ou seja, provavelmente incomportável, pelo que satisfaz também a vida de projecto do edifício.

Assim, tendo em conta que o revestimento de fachada é passível de substituição comportável mas considerada dispendiosa, a utilização do produto 1 no projecto B será extremamente conveniente mesmo que a sua durabilidade seja inferior ao resultado obtido, visto retardar a sua substituição relativamente ao período mínimo referido e consequentemente minimizar os custos da propriedade ao longo do ciclo de vida do edifício.

O produto 2 também satisfaz o período mínimo de 40 anos, pelo que, do ponto de vista da durabilidade, também é uma opção aceitável para o projecto B. Os seis anos a mais do resultado da Vida Útil Estimada para este produto, apesar de não ser uma margem muito segura, podem ser considerados como suficientes para salvaguardar possíveis erros de previsão.

De qualquer modo, como critério de projecto, não deverão ser esquecidos os custos de propriedade inerentes ao facto de o produto 2 necessitar de manutenção regular para garantir a vida útil de referência, conforme referido na tabela 4.31. Além disso, dado tratar-se de madeira modificada, o tratamento superficial seleccionado não deverá provocar um escurecimento muito significativo, visto o projecto B encontrar-se numa zona do continente com insolação solar entre as 160 e as 165 Kcal/cm^2 (ver §4.2.5.7.1).

4.4.7. Considerações à aplicação do método

Será de salientar que, conforme evidenciado nos casos estudados, as condições específicas de um projecto podem originar que um produto com Vida Útil de Referência (VUR) superior pode obter o mais baixo resultado na estimativa da sua Vida Útil (VUE), pelo que torna-se indispensável a utilização de métodos que permitam estimar a vida útil dos produtos para cada projecto específico.

Relativamente ao Método Factorial, será de referir que actualmente a principal dificuldade na sua aplicação será a execução do resumo das características de todos os produtos a estimar em fase de projecto para um edifício, visto a informação técnica disponível para os produtos comercializados em Portugal não se encontrar ainda suficientemente sistematizada e normalizada na sua apresentação. Esta dificuldade é agravada pelo facto das informações fornecidas pelos importadores nacionais encontrar-se frequentemente baseada no país de origem do produto e ainda mais quando apresentada de forma dispersa por diferentes documentos sobre esse mesmo produto. Esta dificuldade é facilmente perceptível nas tabelas 4.30 e 4.31 através das várias referências bibliográficas que as mesmas possuem.

Esta complexidade na consulta das características dos produtos de construção e respectivas classificações atribuídas, tem vindo a ser substancialmente reduzida através do constante aumento da disponibilização deste tipo de informação através da Internet, além de ter ainda como principais benefícios o facto de não estar confinada a Portugal e estar em permanente actualização.

5. A DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES NA PROPOSTA DE REVISÃO DO RGEU

5.1. INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos do século XX, Portugal deparou-se com um processo de edificação acelerado que configurou a imagem urbana actual do país.

A grande quantidade de novas edificações nem sempre, ou quase nunca, alcançaram os parâmetros de qualidade desejáveis e não corresponderam, na sua generalidade, às exigências da sociedade actual.

O Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) [24] que data de 1951 "(…) *encontra-se completamente desajustado dos padrões actuais de segurança, qualidade, ou mesmo urbanísticos e sofreu desde aquela data várias tentativas de actualização que resultaram em alterações pontuais e traduziram-se num conjunto de normas avulsas que rapidamente se desajustaram da realidade.*" [114].

Neste sentido o Governo português, através do Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes (CSOPT) redigiu a proposta de revisão do RGEU [16] que irá substituir integralmente o anterior. O diploma proposto pretende cobrir novas matérias, mais concretamente no que se refere à qualidade das construções, preocupação que já se encontra regulada em vários países.

De acordo com o descrito no *Portal do Governo*, "(…) *o novo RGEU para lá de considerar o alargamento do âmbito de aplicação quanto aos tipos de edifícios e à definição das intervenções, revela-se como um regulamento estruturante e ajustado à realidade actual, nomeadamente em aspectos que tocam a segurança, o ambiente, a energia, a sustentabilidade, vida útil, manutenção e durabilidade dos edifícios, a defesa do consumidor e a gestão da qualidade (…)*" [114] e pretende atingir "*elevados padrões de qualidade*".

5.2. OBJECTIVO

Este capítulo pretende oferecer um contributo para a regulamentação da durabilidade e manutenção das construções proposta como nova matéria no documento de revisão do RGEU [16] e tem por fundamento os capítulos anteriores do presente trabalho.

Esta abordagem pretende ser indicativa de um possível caminho a adoptar para a regulamentação da durabilidade das construções e fundamentar melhor a redacção do futuro diploma com o intuito de permitir que o projecto para a durabilidade seja passível de ser avaliado por entidade competente (visado), como acontece com outras áreas de projecto, como forma de garantir a qualidade nas construções.

Na análise, serão focados somente os artigos referentes à Vida Útil da Edificação (Artigo 119º) e à Concepção com Durabilidade (Artigo 120º) por serem artigos que abordam a temática presente neste trabalho e por se considerar que o exposto nos capítulos anteriores pode ser uma

mais valia para atingir o nível de qualidade das construções a que o documento de revisão [16] se propõe.

Os restantes artigos do Capítulo VII do referido documento, referentes à Manutenção (Artigo 121º) e a Intervenções extraordinárias (Artigo 122º), não serão abordados tendo em conta que a revisão propõe a elaboração de um Manual de Inspecção e Manutenção dos Edifícios (MIME) que não se encontra no âmbito do presente trabalho.

Deste modo considera-se pertinente a revisão dos Artigos 119º e 120º através de definições terminológicas precisas e da apresentação de classificações propostas no presente trabalho e/ou em outros documentos técnicos que abordem o tema.

5.3. ABORDAGEM AOS ARTIGOS 119º E 120º DA PROPOSTA DE REVISÃO DO RGEU

5.3.1. Artigo 119º - Vida Útil da Edificação

5.3.1.1. Artigo 119º: nº 1

"A vida útil de uma edificação, doravante também designada por VUE, corresponde ao período em que a respectiva estrutura não apresenta degradação dos materiais, em resultado das condições, que conduzam à redução da segurança estrutural inicial, nomeadamente nas secções críticas dos elementos estruturais principais." [16].

O conceito de vida útil de um edifício, ou de parte de um edifício, representa, de acordo com a norma ISO 15686-1 [81], o "(…) *período de tempo, após a conclusão da obra, durante o qual é atingido ou excedido o desempenho que lhes é exigido, procedendo-se a uma manutenção de rotina*". [17;81].

O tempo de vida útil de um edifício não se deve resumir exclusivamente ao desempenho da estrutura mas sim ao desempenho da generalidade do edifício.

Para elementos estruturais, o tempo de vida útil de elementos inacessíveis ou estruturais deverá ser sempre igual ao tempo de vida útil definido em projecto para a construção (tabela 2.2), tendo em conta que se torna inviável ou muito dispendioso proceder a acções de manutenção nestes elementos.

Pelo expresso sugere-se a alteração da redacção do Ponto 1 pela seguinte:

A vida útil de um edifício ou de uma parte de um edifício é o período de tempo, após a conclusão da obra, durante o qual é atingido ou excedido o desempenho que lhes é exigido, procedendo-se a uma manutenção de rotina, encontrando-se a vida útil de um edifício limitada pela degradação dos elementos de construção inacessíveis ou de difícil acesso, principalmente dos seus elementos estruturais.

5.3.1.2. Artigo 119º: nº 2

"Durante a vida útil de uma edificação devem realizar-se actividades de inspecção, manutenção e reparação, nomeadamente em relação aos diversos componentes da edificação que tenham durabilidade inferior à vida útil." [16].

Da leitura deste ponto subentende-se a preocupação de manter e/ou reparar os materiais e/ou componentes da construção que vão ficando, ao longo do tempo de serviço, com menor desempenho com o intuito de fazer coincidir o tempo de vida útil da edificação com o tempo de vida útil para o qual a edificação foi projectada (vida de projecto).

De acordo com o expresso sugere-se a alteração de "*durabilidade inferior à vida útil*" para vida útil estimada inferior à vida de projecto. Da alteração resulta a seguinte redacção:

Durante a vida útil de uma edificação devem realizar-se actividades de inspecção, manutenção e reparação, nomeadamente em relação aos diversos produtos da construção que tenham vida útil estimada inferior à vida de projecto.

5.3.1.3. Artigo 119º: nº 3

"A vida útil de cada componente da edificação deve ser definida pelo respectivo fabricante com base na degradação observada na experiência de utilização." [16].

Para cada produto da construção deverá ser indicado o tempo de vida útil de referência, ou seja, *"(…) a vida útil padrão que serve de base para a estimativa da vida útil de um edifício ou parte de um edifício (inseridos num contexto determinado)."* [17;81].

Essa informação deverá ser, de acordo com a norma ISO 15686-1 [81], baseada em:

- Dados fornecidos pelo fabricante ou resultados de um laboratório de ensaios;
- Dados de experiências anteriores ou observações de construções similares ou que se encontram em condições similares:
- Informação contida em documentos de Homologação ou outra documentação desse tipo;
- Informação recolhida em bibliografia relacionada com o tema da durabilidade.

Conforme expresso no capítulo 3 deste trabalho, sempre que possível o valor da vida útil de referência deverá ser obtida através da metodologia de previsão da vida útil sugerida pela norma ISO 15686-1 [81]. No caso de se utilizarem dados de referência fornecidos pelos fabricantes deverão tentar conhecer-se as condições relativas às suas previsões e quais os métodos utilizados.

De acordo com o expresso sugere-se a alteração de "*vida útil de cada componente*" para vida útil de referência de cada produto da construção. Da alteração resulta a seguinte redacção:

A vida útil de referência de determinado produto da construção deve ser definida pelo respectivo fabricante. Nestes casos, para produtos correntes da construção a indicação do tempo de vida útil de referência deve ser baseada na degradação observada e na experiência de utilização. Para novos produtos da construção a vida útil de referência deve ser obtida, preferencialmente, através da metodologia de previsão da vida útil definida pela norma ISO 15686-1 [81] (figura 3.1).

5.3.1.4. Artigo 119º: nº 4

"A VUE deve ser definida pelo dono de obra e caso tal não seja feito considera-se por defeito o valor de 50 anos." [16].

O tempo de vida útil de um edifício deverá compreender um tempo de serviço considerado "*economicamente razoável*" [30] e deverá ser definido de acordo com as exigências de desempenho de cada edifício.

Independentemente de quem é que deve determinar o tempo de vida útil do edifício ou de parte do edifício, chama-se à atenção para o "(…) *facto de poder não ser viável o cumprimento dos valores estabelecidos, nomeadamente, por não existirem no mercado produtos que satisfaçam essa exigência ou por razões económicas.*" [17;81].

A European Organisation for Technical Approvals (EOTA) propõe no guia GD002 [30] uma classificação para a durabilidade de produtos em função da durabilidade das construções na qual define como categoria "*normal*" uma vida de projecto de 50 anos. Tendo em consideração que a presente abordagem tem por fundamento a norma ISO 15686-1 [81] propõe-se que no Ponto 4 seja apresentada a tabela 2.2 deste trabalho, de modo a permitir seleccionar a vida de projecto pretendida para o edifício.

De acordo com o exposto sugere-se a seguinte redacção:

A vida útil de um edifício deve ser definida pelo dono de obra e caso tal não suceda deverá considerar-se a vida de projecto do edifício de 60 anos.

5.3.1.5. Artigo 119º: nº 5

"A adopção de uma VUE inferior a 50 anos só deve ser aceite em casos especiais e ser solicitada, à entidade licenciadora, mediante justificação." [16].

Considerando a duração mínima da vida de projecto definida no ponto anterior, considera-se importante definir o que são "*casos especiais*".

De acordo com o expresso sugere-se a alteração da vida de projecto de 50 anos para 60 anos. Da alteração resulta a seguinte redacção:

A adopção de uma vida útil inferior a 60 anos só deve ser aceite em casos especiais e ser solicitada, à entidade licenciadora, mediante justificação.

5.3.1.6. Artigo 119º: nº 6

"Numa intervenção do nível IV, a VUE após a intervenção deve ser definida pelo dono de obra, considerando-se na análise da durabilidade dos elementos reutilizados a degradação que estes apresentam à data da reabilitação." [16].

Como foi referido, na análise do Ponto 1, a vida útil de um edifício, ou de parte de um edifício, deverá ser prevista na fase de projecto (vida de projecto).

Nos casos de intervenção do nível IV, definidas no documento de revisão como "*intervenções em que Q>50% sendo que Q é a percentagem do custo Ci, da intervenção relativamente ao custo Cn, da construção de um edifício novo com uma área bruta idêntica à do edifício original, calculado com base nos preços por m^2 de área bruta de construção legalmente definidos"* [16], a vida de projecto deverá compreender a vida útil residual dos produtos que irão ser reutilizados de modo a permitir reajustar a vida de projecto.

Para o devido efeito, apresenta-se a definição de *Vida Útil Residual*:

"(…) *é o período de tempo restante entre o momento da análise e o final da vida útil prognosticada."* [17;81]

Neste sentido sugere-se a alteração da redacção proposta para a seguinte:

Numa intervenção do nível IV a vida de projecto após a intervenção deve ser definida pelo dono de obra e deverão ser indicados pelos projectistas os produtos da construção que irão ser reutilizados e qual a vida útil residual dos mesmos.

5.3.2. Artigo 120º - Concepção com Durabilidade

Conforme referido, as considerações e sugestões a tecer à proposta de revisão do Regulamento Geral das Edificações Urbanas [16] não contemplam as acções de manutenção que

devem ser efectuadas ao longo da vida útil das construções. Deste modo, encontram-se excluídos da seguinte análise os pontos 5, 6 e 7 do presente artigo por definirem procedimentos a aplicar ao Manual de Inspecções e Manutenção dos Edifícios (MIME).

Assim, estão incluídos na análise deste artigo apenas os pontos 1, 2, 3 e 4.

5.3.2.1. Artigo 120º: nº 1

"A concepção com durabilidade das novas edificações e das intervenções do nível IV, para a vida útil definida, exige que no projecto de execução sejam considerados os seguintes aspectos:

a) Concepção da estrutura para a vida da edificação;
b) Concepção que minimize os efeitos de degradação pelos agentes agressivos, nomeadamente os atmosféricos;
c) Especificação de concepções flexíveis que permitam a substituição fácil dos componentes com durabilidade inferior à VUE;
d) Especificação de condições de acesso que permitam realizar inspecções periódicas dos componentes mais degradáveis, bem como proceder a operações de manutenção e de limpeza necessárias à garantia da respectiva durabilidade." [16].

Considerar a durabilidade e integrá-la como critério de projecto tem por objectivo "(…) garantir que a vida útil estimada de um edifício iguale ou exceda a sua vida de projecto." [17;81].

Tendo em conta que a estimativa da vida útil em fase de projecto permite avaliar os factores específicos a considerar em determinada construção, devem as preocupações da concepção com durabilidade ter início, de acordo com a norma ISO 15686-1 [81], na fase de Programa Base.

Os procedimentos para o planeamento da vida útil dos edifícios devem ser aplicados à globalidade dos edifícios e devem as escolhas de projecto garantir, sempre que possível, uma correcta avaliação dos factores que vão influenciar na qualidade e no desempenho dos produtos de construção de modo a garantir que se iguale ou exceda a vida de projecto.

Considera-se pertinente a apresentação do esquema da integração do planeamento da vida útil dos edifícios proposto pela norma ISO 15686-1 [81], apresentado na Figura 3.1 deste trabalho, de modo a permitir aos projectistas a identificação dos procedimentos adequados a cada fase de projecto.

Neste sentido sugere-se a alteração da redacção do Ponto 1 para a seguinte:

A concepção com durabilidade das novas edificações e das intervenções do nível IV, para a vida de projecto definida, exige a integração de uma metodologia de planeamento da vida útil dos

edifícios que acompanhe os projectos desde a fase da definição do Programa Base. A concepção deve considerar os seguintes aspectos:

a) Concepção de elementos inacessíveis ou estruturais para a vida da edificação;
b) Identificação dos agentes e mecanismos de degradação a que os produtos vão estar sujeitos e concepção das edificações de modo a minimizar os seus efeitos;
c) Especificação dos produtos substituíveis do edifício com tempo de vida útil estimada inferior à vida de projecto e concepção das edificações de modo a permitir a sua substituição;
d) "*Especificação de condições de acesso que permitam realizar inspecções periódicas dos componentes mais degradáveis, bem como proceder a operações de manutenção e de limpeza necessárias à garantia da respectiva durabilidade.*" [16].

5.3.2.2. Artigo 120º: nº 2

"A VUE de 50 anos para a estrutura das edificações deve ser assegurada com a especificação de exigências de concepção e de construção definidas em regulamentação específica aplicável." [16].

Determinar a vida útil das construções na fase de projecto exige um conhecimento aprofundado das propriedades dos produtos da construção e das condições a que irão estar sujeitos.

Conforme já foi referido no capítulo 4 deste trabalho, a norma ISO 15686-1 [81] apresenta uma metodologia de previsão da vida útil para um determinado produto da construção denominado por Método Factorial. A adopção dessa metodologia permite estimar a vida útil de determinado produto da construção sob determinadas condições específicas através da multiplicação da vida útil de referência por um conjunto de factores modificadores.

De modo a permitir contextualizar determinada situação específica será necessária a apresentação de uma metodologia para a estimativa da vida útil dos edifícios na proposta de revisão do RGEU [16].

Neste sentido, sugere-se a apresentação do Método Factorial e respectiva Matriz de Durabilidade (Tabela 4.27), de acordo com o capítulo 4 deste trabalho, e recorda-se que o valor da vida útil de referência deverá ser baseada em conformidade com o descrito em 5.3.1.3.

Aceitando como válidas as considerações e sugestões efectuadas no Artigo 119º, Ponto 1 e Ponto 4, sugere-se a seguinte redacção para o presente artigo:

A vida de projecto das edificações, e em particular da sua estrutura, deve ser assegurada com a especificação de exigências de concepção e de construção definidas em regulamentação

específica aplicável e a estimativa do tempo de vida útil dos produtos da construção deverá seguir uma metodologia que permita estimar a globalidade dos produtos das edificações.

5.3.2.3. Artigo 120º: nº 3

"Na ausência de regulamentação aplicável, para análise da vida útil dos materiais das estruturas das edificações deve considerar-se a degradação observada na experiência de utilização." [16].

Subentende-se neste ponto a preocupação de garantir, com a maior fiabilidade, o rigor do valor da vida útil de referência para os produtos da construção destinados às estruturas.

Tendo em conta que em 5.3.1.3 foi indicado como se deverá obter essa informação, considera-se que este ponto nada tem a acrescentar ao que já foi referido pelo que se sugere a sua anulação.

5.3.2.4. Artigo 120º: nº 4

"A adopção de uma VUE para a estrutura superior a 50 anos obriga a analisar através de modelos de degradação dos materiais que a constituem e a acompanhar durante a vida útil a fiabilidade destes modelos." [16].

Da leitura deste ponto depreende-se a preocupação de garantir, de forma fiável e segura, a vida útil dos elementos inacessíveis ou de difícil acesso, nomeadamente os elementos estruturais, quando superiores à vida de projecto definida em 5.3.1.4, remetendo a verificação do desempenho desses elementos para a aplicação de modelos de degradação e para a monitorização da degradação.

De acordo com o expresso sugere-se a seguinte redacção:

A adopção de uma vida útil superior a 60 anos para elementos inacessíveis ou estruturais obriga a analisar, através de modelos de degradação, os produtos que a constituem e a acompanhar, durante a vida útil, a fiabilidade destes modelos.

6. CONCLUSÕES

6.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

A durabilidade das construções apresenta-se, cada vez mais, como uma preocupação. Neste sentido, ao longo das últimas décadas tem-se assistido ao desenvolvimento de numerosas actividades e de numerosos documentos que pretendem contribuir para a previsão quantificada da durabilidade dos produtos da construção de modo a permitir o dimensionamento e selecção de determinada solução construtiva na fase de projecto.

A avaliação da durabilidade dos produtos da construção e, consequentemente, das construções pressupõe o conhecimento aprofundado das propriedades desses produtos e dos agentes e mecanismos de degradação a que estes vão estar sujeitos, sendo por isso necessário contextualizar os produtos a realidades específicas.

As metodologias de previsão da vida útil dos produtos da construção devem possibilitar a avaliação da capacidade de determinado produto em desempenhar satisfatoriamente as suas funções durante um período que se julgue razoável para a sua substituição ou reparação.

Desde a fase de preparação da norma ISO 15686 e efectiva publicação, no ano de 2000, da sua primeira parte [81], o Método Factorial tem vindo a despertar bastante interesse e os estudos no âmbito desta temática têm vindo contribuir para um enriquecimento da metodologia sugerida.

Capaz de prever o tempo de vida útil de determinado produto da construção sob determinadas condições, o presente trabalho adoptou o Método Factorial, e partindo dele, procurou enquadrar no contexto português, os seus factores modificadores.

Como critério de avaliação, partiu-se do pressuposto de uma correcta selecção exigencial dos produtos da construção a utilizar segundo as classificações e informação técnica disponíveis.

A caracterização dos factores modificadores é expresso segundo uma Matriz de Durabilidade que pretende sintetizar, de modo abrangente, as diferentes situações a que os produtos da construção podem estar sujeitos em Portugal, permitindo desta forma ser mais realista a sua utilização por parte dos técnicos projectistas. Salienta-se que, por este motivo, a Matriz de Durabilidade pode, em alguns casos, não abranger a totalidade das solicitações e exigências a que os produtos podem estar sujeitos. Recorda-se que os valores a adoptar para os factores estão ainda em fase de definição e teste.

Além da dificuldade de concretizar os aspectos que podem afectar a durabilidade, a aplicação da metodologia deparou-se também com a dificuldade em obter o valor da vida útil de referência dos produtos da construção.

Neste sentido, torna-se imperativa uma colaboração mais intensa por parte das empresas que comercializam produtos da construção, nomeadamente através da indicação do tempo de vida útil de referência, em condições padrão, dos seus produtos.

Entende-se por fim que a regulamentação da durabilidade das construções sugerida como nova matéria na proposta de revisão do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) [16] é pertinente e que só terá aplicabilidade se dispuser de classificações e de ferramentas de auxílio para a previsão do tempo de vida útil dos produtos da construção. Neste sentido entende-se que deverá integrar-se nessa proposta de revisão a metodologia abordada neste trabalho, ou outra similar, mas que permita de forma eficaz integrar a durabilidade como critério de projecto.

6.2 SUGESTÕES E FUTUROS DESENVOLVIMENTOS

6.2.1. Principais sugestões

Tendo em conta que o método proposto pela ISO 15686-1 [81] ainda se encontra desconhecido pela maioria dos técnicos projectistas, sugere-se a divulgação do Método Factorial, enquanto ferramenta de dimensionamento da durabilidade, através dos actuais meios de comunicação com os técnicos abrangidos.

Considera-se importante, que a curto prazo, este tipo de métodos sejam utilizados na maioria dos projectos de modo a permitir detectar os principais desvios da realidade e consequentemente afinar critérios e valores a atribuir aos factores modificadores em Portugal.

Visto a proposta efectuada neste trabalho pressupor uma correcta selecção exigencial, sugere-se a implementação de normalização nas fichas técnicas dos produtos comercializados em Portugal de modo a tornar mais eficaz a consulta dos dados necessários.

6.2.2. Futuros desenvolvimentos

Depois da conclusão deste trabalho, verifica-se que o método apresentado necessita, de modo a permitir efectuar uma estimativa mais rigorosa e fiável por parte dos técnicos projectistas, de alguns desenvolvimentos.

Assim, recomendam-se os seguintes desenvolvimentos:

1. Promover estudos tendentes à quantificação da vida útil de referência dos produtos da construção;
2. Fundamentar os valores utilizados para os factores modificadores, através, por exemplo, de análises estatísticas;
3. Análise de casos específicos, por amostragem nacional, de modo a permitir ajustar os critérios utilizados na Matriz de Durabilidade;
4. Aplicação do método proposto a determinados *órgãos do edifício* com o intuito de ajustar os factores modificadores a algumas soluções construtivas específicas.

Porto, Maio de 2007

[1] ARCHITECTURAL INSTITUTE OF JAPAN (AIJ) - **The English Edition of Principal Guide for Service Life Planning of Buildings**. Chairman: AIJ, 1993.

[2] ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA - **Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos**. Coimbra: APICER, 2003.

[3] ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE INDUSTRIAIS DE CERÂMICA E CONSTRUÇÃO - **Manual de Aplicação de telhas cerâmicas**. Coimbra: APICER, 1998.

[4] ASSOCIATION POUR L'ETUDE DE LA PATHOLOGIE ET L'ENTRETIEN DU BÂTIMENT (EPEBat) – **Classement reVETIR des systèmes d'isolation thermique des façades par l'exterieur : définition et emploi**. Livraison 375, Cahier 2929. Paris: CSTB, 1996.

[5] BOURKE, K.; DAVIES, H. – **Estimating service lives using the Factor Method for use in whole life costing:** actas do 8th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Vancouver, 1999, pp. 1518-1526.

[6] CALEJO, Rui – **A incidência do factor humidade na patologia de edifícios**: actas das 6as Jornadas de Construções Civis. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 1998, pp. 146-156.

[7] CECCONI, F. Re; IACONO, P. - **Enhancing the Factor Method – Suggestions to Avoid Subjectivity**: actas do 10th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Lyon, 2005.

[8] CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT (CSTB) – **Avis Technique 2/03-1008 – Glasal NT Vis**. Groupe Spécialisé Nº 2. Paris: CSTB, 2004.

[9] CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT (CSTB) – **Classement des Locaux en Function de l'Exposition à Humidité des Parois**. Cahier 3335 du CSTB. Paris : CSTB, 2001.

[10] CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT (CSTB) – **Définitions, exigences et critères de traditionalité applicables aux bardages rapportés**. Cahier 3251. Groupe spécialisé nº 2. Paris: CSTB, 2000.

[11] CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT (CSTB) – **Revêtements de sol : notice sur le classement UPEC et classement UPEC des locaux**. Cahier 3509. Groupe spécialisé nº 12. Paris: CSTB, 2004.

[12] CHAMOSA, J.V.; ORTIZ, J.R. - **Patologia de la construcción en España: aproximacion estadistica**. Informes de la Construcción. Madrid, 1984. Vol. 36 nº.1, p. 364.

[13] COLEA, I.; TRINIDADA, G.; CORRIGANA, P. [et al.] - **Defining Reference Service Life: An Open Innovation Approach**: actas do 10th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Lyon, 2005.

[14] COLEN, Inês Flores; BRITO, Jorge de – **Anomalias em fachadas de edifícios correntes**: actas do 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios (PATORREB). Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2003, pp. 499-508.

[15] COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS (CEE) – **Directiva Europeia 89/106/CEE – Directiva dos Produtos da Construção (DPC)**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias nº L 40 de 11/02/89, alterada pela Directiva 93/68/CE, publicada Jornal Oficial das Comunidades Europeias nº L 220 de 30/08/93. Bruxelas, 1993.

[16] CONSELHO SUPERIOR DE OBRAS PÚBLICAS E TRANSPORTES (CSOPT) - **Proposta de Revisão do RGEU**. Lisboa: Subcomissão para a Revisão do Regulamento Geral de Edificações Urbanas (RGEU), Junho de 2004.

[17] CORVACHO, Maria Helena – **Durabilidade da construção: Metodologia do projecto para a durabilidade - planeamento da vida útil de um edifício**. Textos de apoio à disciplina de Patologia da construção no âmbito do Mestrado em Reabilitação do Património Edificado (MRPE). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Porto, 2000.

[18] COSTA, António Ricardo – **Cidade, ideologia e património**. Jornal dos Arquitectos nº 213. Lisboa, 2003.

[19] COSTA, João Lino – **Metodologia para a melhoria da qualidade de produção de edifícios – Construção 2004. Identificação de falhas/procedimentos**: actas do 2º Congresso Nacional de Construção – Construção 2004. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2004, pp. 319-324.

[20] DAVIS, H.; WYATT, D. – **Appropriate use of thr ISO 15686 – 1 factor method for durability and service life prediction**: actas do 10th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Lyon, 2005.

[21] Decreto-Lei n.º 113/93, **Transposição da Directiva nº 89/106/CEE para a Lei portuguesa**. Diário da República (D. R.). I Série A de 10 de Abril, alterado pelo 139/95 de 14 de Junho, pelo Decreto-Lei nº 374/98 de 24 de Novembro e pelo Decreto-Lei n.º 4/2006 de 8 de Janeiro com a Portaria anexa nº 565/93 de 2 de Junho. Lisboa.

[22] Decreto-Lei n.º 235/83, **Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA)**. D.R. - I Série. Lisboa: 31 de Maio.

[23] Decreto-Lei n.º 310/90, **Marca de Qualidade LNEC**. D.R. - I Série. Lisboa: 1 de Outubro.

[24] Decreto-Lei n.º 38382, **Regulamento Geral das Edificações Urbanas**. Lisboa: 7 de Agosto de 1951.

[25] Decreto-Lei n.º 555/99, **Licenciamento municipal de loteamentos urbanos, obras de urbanização e obras particulares**. D.R. I - Série A. Lisboa: 16 de Dezembro alterado pelo Decreto-Lei nº 177/2001 de 4 de Junho. D.R. I – Série A. Lisboa.

[26] Decreto-Lei nº 80/2006, **Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)**. Diário da República (D.R.) I Série A. Lisboa: 4 de Abril.

[27] Despacho nº 41/MES/85, **Recomendações básicas para habitação social.** Lisboa: 14 de Fevereiro.

[28] EUROPEAN COMMISSION (EC) - **Durability and the construction products directive - Guidance Paper F**. Bruxelas: Enterprise and Industry Directorate-General, 2004.

[29] EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA) - **Assessment of working life of products – Guidance Document 003**. Bruxelas: EOTA, 1999.

[30] EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA) - **Assumption of Working Life of Construction Products in Guideline for European Technical Approval, European Technical Approvals and Harmonized Standards – Guidance Document 002**. Bruxelas: EOTA, 1999.

[31] FERREIRA, Henrique; FERNANDES, Susana – **Durabilidade dos revestimentos cerâmicos colados em fachadas**: actas do Seminário de Construções Civis. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto (FEUP), 2006.

[32] FREITAS, Vasco Peixoto de – **Humidade e patologias: últimos desenvolvimentos**: actas das 6as Jornadas de Construções Civis. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 1998, pp. 33-48.

[33] FREITAS, Vasco Peixoto de; PINTO, Paulo da Silva – **Permeabilidade ao vapor de materiais de construção: condensações internas - NIT 002**. Porto: LFC, FEUP, 1998.

[34] FREITAS, Vasco Peixoto de; SOUSA, Marília - **Patologia da Construção – um Catálogo**: actas do 2nh International Symposium on Building Pathology, Durability and Rehabilitation. Lisboa, 2003, pp. 401-408.

[35] FROHNSDORFF, G. J. [et al.] - **International Standards for Service Life Planning of Buildings**: actas do 8th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Vancouver, 1999, pp. 1537–1542.

[36] GASPAR, Pedro; BRITO, Jorge de - **Modelo de degradação de rebocos**. Universidade do Minho (UM), departamento de Engenharia Civil, 2005.

[37] GASPAR, P. Lima - **Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes**. Lisboa: Instituto Superior Técnico (IST). 2002. Dissertação de Mestrado.

[38] GASPAR, P. Lima; SANTOS, António Lobato – **Patologias em construções recentes: estudo de casos**: actas do 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios (PATORREB). Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2003, pp. 389-398.

[39] GUIMARÃES, Ana Sofia; LEITE, Luísa Cláudia, [et al.] – **Fiscalização de obras – garantia da qualidade através da utilização de fichas de controlo de conformidade (FCC)**: actas do 2º Congresso Nacional de Construção – Construção 2004. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2004, pp. 151-156.

[40] HAAGENRUD, S. E.; KRIGSVOLL, G.; LISØ, K. R. ; [et al.] – **Environmental characterisation and mapping with respect to durability**: actas do 10th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Lyon, 2005.

[41] HANS, J.; CHEVALIER J. L. - **Sustainable tools and methods for estimating building materials and components service life**: actas do 10th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Lyon, 2005.

[42] HED, G. **- Service Life Planning of Building Components**: actas do 8th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Vancouver, 1999, pp. 1543-1551.

[43] HENRIQUES, Fernando M. A. - **A noção de qualidade em edifícios**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil (DEC).

[44] HOVDE, P. J. - **The Factor Method – a simple tool to service life estimation**: actas do 10th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Lyon, 2005.

[45] INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB) – **Agenda 21 on sustainable construction** – Cib Report: Publication 237. CIB.

[46] INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB) ; INTERNATIONAL UNION LABORATORIES AND EXPERTS IN CONSTRUCTION MATERIALS, SYSTEMS AND STRUCTURES (RILEM) – **Guide and bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and components – Part I: Service life and durability research**. Joint CIB W080/RILEM TC 140, 2004.

[47] INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB) ; INTERNATIONAL UNION LABORATORIES AND EXPERTS IN CONSTRUCTION MATERIALS, SYSTEMS AND STRUCTURES (RILEM) – **Guide and bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and components – Part II: Factors causing degradation**. Joint CIB W080/RILEM TC 140, 2004.

[48] INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB) ; INTERNATIONAL UNION LABORATORIES AND EXPERTS IN CONSTRUCTION MATERIALS, SYSTEMS AND STRUCTURES (RILEM) – **Guide and bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and components – Part III: Building materials and components – Characterisation of degradation**. Joint CIB W080/RILEM TC 140, 2004.

[49] INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB) – **State of the art reports: Part A and Part B** – Cib Report: Publication 294. Trondheim: CIB W080/RILEM TC 175-SLM, 2004.

[50] LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL (LNEC) - **Exigências funcionais de revestimentos de paredes**. ITE 25. Lisboa, 1990.

[51] LACASSE, M. A. – **Durability and performance of building envelopes**. Institute for Research in Construction (IRC). Canadá, 2003.

[52] LAIR, J. [et al.] - **Durability Assessment of Building Systems**: actas do 8th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Vancouver, 1999, pp. 1299-1308

[53] LANZINHA, João Carlos; FREITAS, Vasco Peixoto de – **Propriedades higrotérmicas de materiais de construção: um catálogo**: actas das 6as Jornadas de Construções Civis. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 1998, pp. 127-142.

[54] MARTEINSSON, B. – **Durability and the Factor Method of ISO 15686**. Building Research Institute. UK: Spon Press, 2003.

[55] MAYER, P.D.; BOURKE, K. P. - **Durability rankings for building component service life prediction**: actas do 10th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Lyon, 2005.

[56] MENDES, J. Casimiro; GUERREIRO, M. Rita; SANTOS, C. A. Pina dos; PAIVA, J. A. Vasconcelos - **Temperaturas Exteriores de Projecto e Números de Graus-dia**. Lisboa: INMG/LNEC, 1989.

[57] MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO (MOPTH) – **O sector da habitação no ano de 2003**. Lisboa: MOPTH, 2004.

[58] MOSER, Konrad – **Towards the practical evaluation of service life: illustrative application of thr probabilistic approach**: actas do 8th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Vancouver, 1999, pp. 1319-1329.

[59] NGOWI, A.B. – **Improvement of traditional building materials and techniques**: actas do 8th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Vancouver, 1999, pp. 2089-2098.

[60] PAIVA, José Vasconcelos – **A actividade do LNEC no domínio da patologia e reabilitação de edifícios**: actas do 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2003, pp. 37.

[61] PIEDADE, A. Canha – **Humidades em edifícios: uma perspectiva exigencial**: actas das 6as Jornadas de Construções Civis. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 1998, pp. 11-29.

[62] PINHEIRO, Adelino A. R. – **Fachadas com revestimentos exteriores descontínuos e independentes – caracterização e selecção exigencial**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). 2003. Dissertação de Mestrado.

[63] Portaria nº 1110/2001, **Elementos instrutores dos pedidos de realização de operações urbanísticas**. D.R. I Série B. Lisboa: 19 de Setembro.

[64] RAMOS; Nuno M.; FREITAS, Vasco Peixoto de - **Comportamento Higroscópico de Materiais de Revestimento em Regime Variável**: actas do 2º Congresso Nacional da Construção. Porto, Dezembro 2004, pp. 511-516.

[65] ROBERTSON, E. - **Design for Durability – A Practical Approach**: actas do 8th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Vancouver, 1999, pp.2107-2117

[66] RUDBECK, C. - **Assessing the Service Life of Buildings Envelope Construction**: actas do 8th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Vancouver, 1999, pp.1051-1061.

[67] RUSH, Richard - **The building systems integration handbook**. Stoneham: The American Institute of Architects, 1994.

[68] SÁ, Ana Margarida - **Durabilidade de cimentos-cola em revestimentos cerâmicos aderentes a fachadas**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). 2005. Dissertação de Mestrado.

[69] SILVA, António P.; GRINDLEY, Tim; [et al.] – **Modelo de deterioração para a avaliação dos custos de ciclo de vida de edifícios** : actas do 2º Congresso Nacional de Construção – Construção 2004. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2004, pp. 277-282.

[70] SORONIS, Georg – **Design for durability: State of the art.** Royal Institute of Technology, Department of Architecture. CIB-W94: Report 32. Stockholm, 1992.

[71] SORONIS, Georg; MAKENYA, A. R. – **Design for sustainable buildings in developing countries**: actas do 8th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Vancouver, 1999, pp.2050-2056.

[72] SORONIS, Georg; SJOSTROM, C. H.; FROHNSDORFF, G. J. – **International standards for service life planning of buildings**: actas do 8th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Vancouver, 1999, pp.1537-1542.

[73] SOUSA, José Manuel - **Caracterização da capilaridade de revestimentos de fachadas**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 1996. Dissertação de Mestrado.

[74] STRAND, S. M.; HOVDE, P. J. – **Use of service life data in LCA of building materials**: actas do 8th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Vancouver, 1999, pp.1949-1958.

[75] SYNDICAT D'ETUDES INTERINDUSTRIES - CONSTRUCTION (IC-IB); CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION (CSTC); BUREAU DE CONTROLE POUR LA SÉCURITÉ DE LA CONSTRUCTION (SECO) - **Guide des performances du bâtiment**. Bruxelles: CSTC, 1980.

[76] TRINIUS, Wolfram – **ISO 15686-6: Procedure for considering environmental impacts**: actas do 10th International Conference on Durability of Building Materials & Components (DBMC). Lyon, 2005.

[77] VARUM, Humberto; VICENTE, Romeu da Silva; RODRIGUES, Maria Fernanda – **Reflexões sobre os erros frequentes na concepção e execução de moradias unifamiliares – casos de estudo**: actas do 2º Congresso Nacional de Construção – Construção 2004. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2004, pp. 797-802.

DOCUMENTAÇÃO NORMATIVA

---

[78] ASTM E 632:1982, **Standard Practice for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life Building Components and Material**. American Society for Testing and Materials (ASTM).

[79] BRL 0605:2003, **Modified wood**. Stichting Keuringsbureau Hout (SKH).

[80] BS 7543:2003, **Guide to durability of buildings and building elements, products and components**. British Standards (BSi).

[81] ISO 15686-1:2000, **Buildings and constructed assets – Service Life Planning –Part 1: General principles**. Geneva: ISO.

[82] ISO 15686-2:2001, **Buildings and constructed assets – Service Life Planning – Part 2: Service life prediction procedures**. Geneva: ISO.

[83] ISO 15686-3:2002, **Buildings and constructed assets – Service Life Planning – Part 3: Performance audits and reviews**. Geneva: ISO.

[84] ISO 6241:1984, **Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered**. Geneva: International Organization for Standardization (ISO).

[85] ISO/WD 15686-8:2003, **Buildings and constructed assets – Service Life Planning – Part 8: Reference service life**. Draft Standard. Geneva: ISO/DIS.

[86] NF EN 12467 :2001, **Plaques planes en fibres-ciment - Spécifications du produit et méthodes d'essai**. Paris : Association Française de Normalisation (AFNOR).

[87] NF P 08-301:1991, **Ouvrages verticaux des constructions - Essais de résistance aux chocs: principe et modalités générales des essais de choc**. Paris : AFNOR.

[88] NF P 08-302 : 1990, **Murs extérieures des bâtiments - Résistance aux chocs - méthodes d'essais et critères**. Paris : AFNOR.

[89] NF P 08-321 : 1986, **Façades construites avec des composants: essais de résistance aux chocs**. Paris : AFNOR.

[90] NF P 08-341 : 1987, **Façades construites avec des composants: essais d'étanchéité à l'eau**. Paris : AFNOR.

[91] NF P24-351 :1997, **Menuiserie métallique - Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique : Protection contre la corrosion et préservation des états de surface**. Paris: AFNOR.

[92] NP 405-1:1994, **Informação e documentação – Referências bibliográficas**. Lisboa: Instituto Português da Qualidade (IPQ).

[93] NP EN 335:1994, **Durabilidade da madeira e de produtos derivados: definição das classes de risco de ataque biológico – Parte I: Generalidades**. Versão portuguesa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Lisboa, IPQ.

[94] NP EN 460:1995, **Durabilidade da madeira e de produtos derivados: durabilidade natural da madeira maciça. Guia de exigências de durabilidade das madeiras na sua utilização segundo as classes de risco**. Versão portuguesa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Lisboa, IPQ.

[95] NP ENV 1996-1:2000, **Eurocódigo 6: projecto de estruturas de alvenaria. Parte 1-1: regras gerais para edifícios - regras para alvenaria armada e não armada**. Lisboa: IPQ.

[96] S478-95:2001, **Guideline on durability in buildings: structures design**. Vancouver: Canadian Standards Association (CSA).

[97] www.abarrigadeumarquitecto.blogspot.com

[98] www.arquitectos.pt

[99] www.banema.pt

[100] www.bcsdportugal.org

[101] www.canadianarchitect.com

[102] www.componentlife.com

[103] www.dbh.govt.nz/building-code-compliance-documents

[104] www.eota.be

[105] www.eternit.fr

[106] www.europ.eu.int/comm/enterprise

[107] www-ext.lnec.pt

[108] www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp

[109] www.ine.pt

[110] www.inh.pt

[111] www.irc.nrc-cnrc.gc.ca

[112] www.meteo.pt

[113] www.patorreb.com

[114] www.portugal.gov.pt

[115] www.qualar.org

[116] www.skh.org

[117] www.snirh.pt

[116] www.thermowood.fi

ANEXO

TERMOS E DEFINIÇÕES

A lista de termos e definições que se apresenta trata-se de uma proposta de tradução de alguns conceitos fundamentais incluídos na norma ISO 15686-1 [81], cuja nomenclatura não se encontra consolidada.

O presente anexo encontra-se organizado da seguinte forma:

Grupo 1 – Vida útil e desempenho
Grupo 2 – Degradação e exposição
Grupo 3 – Desempenho
Grupo 4 – Partes do edifício
Grupo 5 – Acções de manutenção
Grupo 6 – Intervenientes no processo
Grupo 7 – Outros termos

GRUPO 1 – VIDA ÚTIL E DESEMPENHO

Vida útil (service life) de um edifício ou de uma parte de um edifício é o período de tempo , após a conclusão da obra, durante o qual é atingido ou excedido o desempenho que lhes é exigido, procedendo-se a uma manutenção de rotina.

Vida útil de referência (reference service life) é a vida útil padrão que serve de base para a estimativa da vida útil de um edifício ou parte de um edifício (inseridos num contexto determinado).

Vida útil estimada (estimated service life) é o resultado da multiplicação da vida útil de referência por factores relativos a um contexto específico, como por exemplo, as características do projecto, as condições ambientais, o uso, a manutenção prevista, etc..

Vida de projecto (design life) é a vida útil considerada pelo projectista como base para as suas especificações.

Vida útil prevista (predicted service life) é o resultado da previsão da vida útil através do tratamento de dados do desempenho ao longo do tempo provenientes, por exemplo, de modelos de degradação ou ensaios de envelhecimento.

Vida útil prognosticada (forecast service life) é a duração da vida útil considerada no projecto com base na vida útil estimada ou na vida útil prevista.

Planeamento da vida útil (service life planning) é a elaboração do programa seguido do projecto do edifício e dos seus constituintes de forma a cumprir a vida do projecto requerida, a reduzir os custos da propriedade e a facilitar a manutenção e reparação.

Vida útil residual (residual service life) é o período de tempo restante entre o momento da análise e o final da vida útil prognosticada.

GRUPO 2 – DEGRADAÇÃO E EXPOSIÇÃO

Ensaio de envelhecimento (ageing test) é a combinação entre uma exposição ao envelhecimento e uma avaliação do desempenho, usada para estudar as alterações as alterações nas propriedades críticas, com o propósito de prever a vida útil.

Agente de degradação (degradation agent) é tudo o que actue sobre um edifício ou parte dele, afectando negativamente o seu desempenho (por exemplo, o utilizador, a água, as cargas mecânicas, o calor).

Mecanismo de degradação (degradation mechanism) é a reacção química, física ou mecânica que conduz à alteração das propriedades dos produtos aplicados nos edifícios.

Degradação (degradation) é a alteração ao longo do tempo da composição, microestrutura, e propriedades de um produto (material componente) que resulta numa redução do seu desempenho.

Durabilidade (durability) é a capacidade de um edifício de desempenhar a sua função durante determinado intervalo de tempo, sob a acção dos agentes presentes em serviço (a durabilidade não é uma propriedade intrínseca de um produto ou componente mas sim uma característica que depende das condições a que aquele está sujeito, em serviço.

Condições de ensaio em edifícios experimentais (exposure in experimental buildings) é uma exposição de longa duração de um edifício ou de determinado elemento num edifício particular, com condições monitorizadas e, até mesmo, controladas.

Exposição de campo (field exposure) é uma exposição de longa duração de um edifício ou parte de um edifício, numa localização particular, com condições ambientais conhecidas.

Exposição de longa duração "in situ" (long- term "in situ" exposure) é uma exposição de longa duração de elementos deliberadamente incorporados num edifício corrente.

Exposição de curta duração em condições de serviço (short-term in use exposure) é uma exposição de curta duração de um determinado elemento, numa localização particular, com condições ambientais conhecidas.

GRUPO 3 – DESEMPENHO

Falência (faillure) é uma perda de aptidão de um edifício ou de parte de um edifício para cumprir a função que lhe é exigida.

Avaliação do desempenho (performance evaluation) é a avaliação das propriedades críticas com base em medições ou inspecções.

Desempenho em serviço (performance in use) é a aptidão de um edifício ou de parte de um edifício para cumprir a função que lhe é exigida nas condições de serviço.

Exigência de desempenho (performance requirement) é o nível quantitativo ou qualitativo de desempenho exigido para uma determinada propriedade crítica.

Característica de desempenho (performance characteristic) é o valor quantitativo ou qualitativo esperado para determinada propriedade crítica.

Desempenho a longo do tempo (performance over time) é a descrição da variação de uma propriedade crítica ao longo do tempo, sob influência dos agentes de degradação.

Propriedade (property) é uma característica, inerente ou adquirida, de um determinado item (edifício, produto de construção, material, componente).

Propriedade crítica (critical property) é uma propriedade que terá, necessariamente, de ser mantida acima de um determinado nível para que o edifício, ou uma das suas partes, mantenham a aptidão para desempenhar as funções para que foram concebidos.

Estado do edifício (condition) é o nível das propriedades críticas do edifício ou de uma parte do edifício que caracterizam a sua aptidão para desempenhar as suas funções.

Defeito, deficiência, anomalia (defect) é uma falha ou desvio do estado pretendido para o edifício ou partes deste.

Obsolescência (obsolescense) é a perda de aptidão de um determinado item para desempenhar satisfatoriamente as suas funções devido a alterações no nível de desempenho exigido.

GRUPO 4 – PARTES DO EDIFÍCIO

Edifício (building) é uma construção que fornece abrigo a pessoas e bens, sendo, normalmente, esse o seu principal propósito. É, geralmente, fechado e concebido para permanecer sempre no mesmo local.

Produto de construção (building product) é um item manufacturado ou processado para incorporação ou aplicação em trabalhos de construção.

Montagem (building assembly) é um conjunto de componentes utilizados como um todo.

Componente do edifício (building component) é um produto manufacturado como uma unidade distinta para desempenhar uma determinada função.

Material de construção (building material) é uma substância que pode ser utilizada para fabricar produtos ou para ser incorporada directamente em trabalhos de construção.

GRUPO 5 – ACÇÕES DE MANUTENÇÃO

Reparação (repair) é a reposição num estado aceitável de um edifício ou parte de um edifício, através da renovação, substituição ou reparação de partes usadas, degradadas ou danificadas.

Manutenção (maintenance) é a combinação das acções de carácter técnico e administrativo, durante a vida útil do edifício, que visam mantê-lo num estado adequado ao desempenho das suas funções.

Reabilitação (refurbishment) é a modificação ou melhoria de um edifício existente com o objectivo de lhe devolver ou atribuir um estado aceitável.

Restauro (restoration) é o conjunto de medidas tendentes a repor a aparência ou estado original de um item.

GRUPO 6 – INTERVENIENTES NO PROCESSO

Programa (brief) é a fase em que são definidas as exigências a satisfazer pelo projecto de um edifício.

Cliente (client) é a pessoa ou organização responsável pela construção, alteração ou ampliação do edifício e que é responsável por dar início ao programa e aprová-lo, posteriormente (será o chamado dono de obra numa construção nova; poderá ser o proprietário, posteriormente, podendo este coincidir com o primeiro. Poderá, também, ser o gestor da propriedade).

Construtor (contractor) é a pessoa ou empresa que executa a construção.

Projectista (designer) é a pessoa ou organização que define a forma e as especificações do edifício ou de parte do edifício.

Fabricante (manufacturer) é a pessoa ou empresa que fabrica os produtos de construção.

Fornecedor (supplier) é a pessoa ou empresa que fornece os produtos para a construção (pode ser só comerciante ou ser também fabricante).

Utilizador (user) é a pessoa ou organização para a qual o edifício é projectado (inclui o proprietário, o gestor e os ocupantes).

GRUPO 7 – OUTROS TERMOS

Ambiente (environment) é o conjunto de condições interiores e exteriores ao edifício, naturais, provocadas pelo Homem ou induzidas que podem influenciar o desempenho e o uso do edifício e das suas partes constituintes.

Incompatibilidade (incompatibility) é uma interacção química e/ou física prejudicial entre produtos de construção que conduz a uma degradação prematura do conjunto.

Método factorial (factor method) é o método que consiste na multiplicação da vida útil de referência por factores que têm em conta as condições particulares que se verificam em serviço.

Custo do ciclo de vida (life cycle cost) é o custo total de um edifício ou de uma parte de um edifício ao longo da sua vida útil, incluindo os custos de planeamento, projecto, aquisição, exploração, manutenção e transmissão, menos o seu valor residual.