



## **Aplicação do método factorial à previsão da vida útil de ETICS**

**Cristina Isabel de Pinho Bandeira Marques**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

### **Engenharia Civil**

Orientadores: Professor Doutor Jorge Manuel Calição Lopes de Brito

Doutora Ana Filipa Ferreira da Silva

### **Júri**

Presidente: Professor Doutor João Pedro Ramôa Ribeiro Correia

Orientador: Professor Doutor Jorge Manuel Calição Lopes de Brito

Vogal: Professor Doutor José Dinis Silvestre

**Fevereiro de 2016**



## Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero expressar o meu reconhecimento ao Professor Jorge de Brito, meu orientador científico, pela disponibilidade, pelo compromisso e envolvimento nesta orientação e pela exigência, tendo sido um privilégio contar com a sua ajuda. Manifesto, igualmente, a minha admiração pela Doutora Ana Silva, minha co-orientadora, pelo acompanhamento, pela atenção e encorajamento constantes e pela partilha de conhecimentos e recursos. Aos dois agradeço as indicações, o cuidado, a capacidade crítica e o rigor científico, que servirão como referência dos princípios que espero que rejam a minha vida profissional.

Um especial agradecimento à Eng.ª Sofia Ximenes, pela sua disponibilidade e pela cedência de dados indispensáveis para a concretização da presente Dissertação, e ao Dr. João Garcia da empresa Weber Saint - Gobain pelo determinante contributo, ao facultar-me informações sobre edifícios revestidos por ETICS. Agradeço a atenção demonstrada e a inestimável colaboração de todos os profissionais que cederam informações essenciais para a recolha de dados em campo, nomeadamente: Eng.º Edgar Nadais da empresa Amorim Isolamentos S.A.; Eng.º Paulo Fernandes da empresa Corrige - Pinturas e Construção, Lda.; Eng.ª Vera Silva da empresa IBERFIBRAN; Eng.º Hugo Pereira da empresa Fassa Bortolo; Eng.º Victor Torres da Câmara Municipal da Amadora; Geógrafa Rosa Branco e Arq.º Manuel Ferreira da Câmara Municipal de Lisboa e Arq.º António Janeiro e Arq.ª Fátima Alves da Câmara Municipal de Almada. Ao Eng.º António de Sousa Fernandes e à Dr.ª Margarida Infante da Câmara Municipal de Mafra e também à Prof.ª Rita Mota da Escola Básica e Jardim de Infância de São Miguel de Alcainça, manifesto a minha gratidão por tornarem possível a realização das inspeções às escolas visitadas no Município de Mafra.

Agradeço à Dr.ª Lélia André e à Dr.ª Joana Ferrari do Núcleo de Alojamentos do Instituto Superior Técnico pela simpatia e por permitirem a visita às instalações da Residência Universitária Eng.º Duarte Pacheco e também à Sr.ª Catarina Simões e à Sr.ª Ana Paula Santos, Técnicas Superiores de Educação Especial e Reabilitação do Lar "Casa Alapraia", pela autorização que me concederam para inspeccionar as fachadas. O meu agradecimento estende-se à Dr.ª Sara Parente, da Agência de Energia do Porto e à Dr.ª Ana Picado, do Laboratório Nacional de Energia e Geologia por permitirem a visita à "Casa - Laboratório Termicamente Optimizada" no Porto. Ao Sr. Miguel Correia, residente no edifício inspeccionado na Rua Beatriz Costa, em Alfragide, e ao Sr. Fernando Cardoso, residente no conjunto habitacional de Bouça, no Porto, sou grata pelo interesse e pela valiosa colaboração.

Agradeço a todos os amigos que fiz durante o meu percurso académico. Em particular, destaco Sara Santos, Inês Serralheiro, Ana Bento e Joana Marinho pelo companheirismo e a partilha de conhecimentos, a pertinência dos comentários e das sugestões e o interesse demonstrado durante o desenvolvimento da Dissertação.

Finalmente, expresso a minha enorme gratidão aos meus pais e ao meu irmão, a quem dedico este trabalho. Os três proporcionaram-me a serenidade necessária para desenvolver este trabalho e com eles aprendi a dar maior valor aos sacrifícios que fazem por mim e às oportunidades que tenho. Ao meu irmão, Luís Miguel, sou grata pela amizade e incentivo, sendo sempre um exemplo para mim. À minha mãe, Luísa, minha grande companheira, agradeço o apoio, a paciência infinita e o carinho incondicional. Ao meu pai, Álvaro, a minha referência de trabalho e empenho, agradeço o encorajamento, a discussão de ideias, a pronta disponibilidade e o acompanhamento permanente, não sendo as palavras suficientes para reconhecer a enorme ajuda que me deu.

**Título:** Aplicação do método factorial à previsão da vida útil de ETICS

**Resumo**

A presente Dissertação tem como objectivo a aplicação de uma metodologia para a estimativa da vida útil de sistemas ETICS (sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior) através do método factorial, inserindo-se numa linha de investigação relacionada com o estudo da durabilidade de elementos da construção desenvolvida no Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos do Instituto Superior Técnico.

A metodologia adoptada assenta na recolha de dados através de inspecções visuais de edifícios revestidos por ETICS nas suas condições reais de ocupação e exposição. Esta investigação consiste na classificação e quantificação das anomalias detectadas nos revestimentos, na identificação das tendências de degradação, na modelação da evolução da degradação ao longo do tempo, na aplicação do método factorial e a respectiva quantificação dos factores de degradação e, finalmente, na optimização e validação dos resultados.

Os modelos propostos permitiram a obtenção de resultados aceitáveis, face à diversidade de características e de factores envolvidos na degradação dos revestimentos, embora seja evidente a elevada vulnerabilidade dos sistemas de isolamento térmico pelo exterior às condições de execução e utilização existentes.

Finalmente, pretende-se que o processo de investigação possibilite a exploração e o desenvolvimento da temática de durabilidade das construções e das suas partes e que se constitua como uma ferramenta passível de auxiliar o planeamento e a implementação de estratégias de manutenção e de gestão do ciclo de vida de revestimentos ETICS, permitindo a adaptação da metodologia a outros elementos ou materiais de construção.

**Palavras-chave:** ETICS, vida útil, durabilidade, inspecções visuais, factores de degradação, método factorial.

**Title:** Application of the factor method to the service life prediction of ETICS

**Abstract**

This Dissertation's objective is the application of a methodology for the service life prediction of ETICS (External Thermal Insulation Composite System) using the factor method, following a line of research related to the study of the durability of construction elements, developed at the Department of Civil Engineering, Architecture and Georresources of Instituto Superior Técnico.

The adopted methodology is based on field data collected through visual inspections of buildings under current conditions of occupation and exposition. This investigation consists on the classification and quantification of the defects detected in the claddings, the identification of degradation patterns, the modelling of the degradation evolution over time, the factor method application and corresponding evaluation of the degradation factors and, finally, the optimization and validation of the results.

The proposed models lead to acceptable results, given the diversity of characteristics and the factors involved in the claddings degradation, although the external thermal insulation systems show great vulnerability to the existing conditions of execution and utilization.

Finally, it is intended that the research process allows the exploitation and development of the theme of durability of constructions and their elements, providing a suitable tool to aid the planning and implementation of maintenance and life cycle management strategies of ETICS claddings, enabling the adaptation of the methodology to other elements or construction materials.

**Keywords:** ETICS, service life, durability, visual inspections, degradation factors, factor method.



## ÍNDICE GERAL

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. Considerações iniciais.....	1
1.2. Interesse e justificação da dissertação.....	1
1.3. Objectivos e âmbito da dissertação.....	2
1.4. Enquadramento geral do tema e terminologia associada à previsão da vida útil.....	3
1.5. Enquadramento normativo e estudos efectuados associados à previsão da vida útil.....	6
1.6. Modelos aplicados na estimativa da vida útil.....	9
1.6.1. Métodos determinísticos.....	9
1.6.2. Métodos probabilísticos ou estocásticos.....	10
1.6.3. Métodos de Engenharia.....	10
1.7. Organização da dissertação e descrição do seu conteúdo.....	11
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DOS REVESTIMENTOS ETICS, PRINCIPAIS ANOMALIAS E CAUSAS PROVÁVEIS</b> .....	<b>13</b>
2.1. Introdução.....	13
2.2. Enquadramento histórico do sistema ETICS.....	13
2.3. Exigências funcionais a cumprir pelos sistemas ETICS.....	15
2.4. Constituição e definição da tecnologia utilizada.....	16
2.5. Métodos de aplicação e respectivos cuidados.....	19
2.6. Vantagens e inconvenientes dos sistemas de isolamento térmico pelo exterior.....	21
2.7. Sistema classificativo e caracterização de anomalias frequentes em ETICS em paredes exteriores.....	23
2.7.1. Perda de continuidade e aderência - anomalias de rotura dos materiais.....	23
2.7.1.1. Fissuração.....	23
2.7.1.2. Deterioração do recobrimento das cantoneiras de reforço.....	24
2.7.1.3. Lacuna de material.....	25
2.7.1.4. Destacamento.....	25
2.7.1.5. Descolamento.....	26
2.7.2. Manchas e alterações cromáticas ou de textura.....	27
2.7.2.1. Eflorescências.....	27
2.7.2.2. Manchas de escorrência.....	28
2.7.2.3. Manchas de oxidação.....	29
2.7.2.4. <i>Graffiti</i> .....	29
2.7.2.5. Crescimento biológico.....	30
2.7.2.6. Retenção de sujidade.....	31
2.7.2.7. Outras alterações de cor e textura.....	32
2.7.3. Anomalias de planeza.....	32
2.7.3.1. Visualização de juntas entre as placas.....	33
2.7.3.2. Empolamento.....	33

2.7.3.3. Fissuração nas juntas .....	34
2.7.3.4. Deficiências de planeza e irregularidades na superfície .....	34
2.8. Classificação das causas prováveis - factores de degradação.....	35
2.8.1. Factores associados a acções ambientais .....	35
2.8.1.1. Acção da água .....	36
2.8.1.2. Acção da temperatura .....	36
2.8.1.3. Acção da radiação solar .....	37
2.8.1.4. Acção do vento .....	37
2.8.1.5. Acção biológica .....	37
2.8.2. Factores relacionados com as características dos edifícios .....	37
2.8.2.1. Tipo de envolvente do edifício .....	37
2.8.2.2. Orientação da fachada .....	38
2.8.2.3. Idade .....	38
2.8.3. Factores relacionados com as características dos materiais utilizados.....	38
2.8.4. Erros de projecto, execução e utilização.....	39
2.8.5. Factores associados a outras causas .....	39
2.8.5.1. Vandalismo.....	39
2.8.5.2. Causas fortuitas e acidentais .....	40
2.8.5.3. Falta de manutenção / negligência .....	40
2.9. Conclusão.....	40
<b>3. TRABALHO DE CAMPO.....</b>	<b>41</b>
3.1. Introdução .....	41
3.2. Objectivos do trabalho de campo.....	41
3.3. Análise dos resultados obtidos na amostra analisada por Ximenes (2012) .....	42
3.4. Caracterização da amostra inicial e estimativa da amostra adicional necessária.....	43
3.4.1. Caracterização da idade dos revestimentos analisados.....	43
3.4.2. Caracterização e análise da zona envolvente.....	44
3.4.3. Caracterização e análise dos revestimentos .....	52
3.4.4. Caracterização das anomalias existentes na amostra .....	60
3.5. Metodologia de investigação adoptada .....	62
3.5.1. Ficha de inspecção e diagnóstico .....	63
3.6. Classificação das anomalias e definição dos níveis de degradação .....	65
3.6.1. Anomalias de perda de integridade .....	68
3.6.2. Anomalias do tipo manchas / alterações cromáticas ou de textura .....	69
3.6.3. Anomalias de perda de aderência.....	70
3.6.4. Anomalias nas juntas.....	71
3.7. Critérios adoptados na selecção da nova amostra .....	72
3.7.1. Casos excluídos.....	74



3.8. Caracterização da totalidade da amostra .....	77
3.8.1. Caracterização das construções analisadas na amostra adicional .....	77
3.8.2. Caracterização da idade dos revestimentos inspeccionados .....	78
3.8.3. Caracterização da zona envolvente.....	79
3.8.4. Caracterização dos revestimentos analisados.....	85
3.8.5. Caracterização das anomalias detectadas.....	89
3.8.5.1. Frequência das anomalias detectadas .....	89
3.8.5.2. Níveis de severidade das anomalias .....	93
3.9. Conclusão.....	96
<b>4. MODELOS DE DEGRADAÇÃO - ANÁLISE GLOBAL DA AMOSTRA .....</b>	<b>97</b>
4.1. Introdução .....	97
4.2. Metodologia de estimativa da vida útil de ETICS.....	97
4.2.1. Modelo de degradação - modelo de Gaspar (2009).....	98
4.2.1.1. Área degradada ponderada ( $A_w$ ).....	99
4.2.1.2. Extensão da degradação (E) .....	100
4.2.1.3. Extensão da degradação ponderada ( $E_w$ ).....	100
4.2.1.4. Severidade da degradação normalizada ( $S_w$ ) .....	101
4.2.1.5. Relação entre a severidade normalizada e a condição global de degradação dos revestimentos ETICS.....	102
4.3. Evolução da degradação de ETICS - curvas de degradação .....	103
4.3.1. Curva de degradação geral.....	104
4.3.2. Influência dos factores condicionantes .....	106
4.3.2.1. Influência da orientação solar .....	106
4.3.2.2. Influência da exposição à proximidade do mar .....	108
4.3.2.3. Influência da exposição à humidade.....	108
4.3.2.4. Influência da exposição à acção combinada chuva-vento .....	109
4.3.2.5. Influência da exposição aos agentes poluentes.....	110
4.3.2.6. Influência do tipo de revestimento.....	111
4.3.2.7. Influência da cor do revestimento .....	111
4.3.2.8. Influência da textura do acabamento .....	113
4.3.2.9. Influência do tipo de remate inferior .....	114
4.3.2.10. Influência da facilidade de inspecção .....	115
4.3.2.11. Influência da manutenção e do nível de execução .....	116
4.4. Análise e interpretação de resultados .....	117
4.5. Conclusão.....	118
<b>5. APLICAÇÃO DO MÉTODO FACTORIAL .....</b>	<b>119</b>
5.1. Introdução .....	119
5.2. Considerações preliminares - Extrapolação da curva aos diversos pontos .....	119

5.2.1. Aplicação do método do factor de conversão ao valor das ordenadas .....	120
5.3. Análise da distribuição da vida útil ao longo do tempo.....	121
5.4. Influência dos factores condicionantes .....	123
5.5. Apresentação do modelo factorial .....	127
5.5.1. Factores modificadores do modelo factorial e respectiva quantificação .....	128
5.5.2. Vida útil de referência .....	133
5.5.3. Cenários considerados .....	135
5.5.4. Análise de resultados e validação do modelo .....	140
5.6. Conclusão.....	142
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>143</b>
6.1. Considerações finais .....	143
6.2. Considerações gerais .....	143
6.3. Perspectivas de desenvolvimentos futuros .....	149
6.3.1. Melhoria na recolha de informação .....	149
6.3.2. Método factorial .....	150
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>A.1</b>
Anexo I - Ficha de inspecção e diagnóstico.....	A.2
Anexo II - Caracterização da zona e das construções analisadas.....	A.4
Anexo III - Caracterização dos revestimentos analisados.....	A.6

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
Figura 1.1. Perda de desempenho das propriedades de um elemento e identificação dos mínimos aceitáveis, com reconhecimento daquela que condiciona a vida útil da construção (propriedade estética).....	5
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DOS REVESTIMENTOS ETICS, PRINCIPAIS ANOMALIAS E CAUSAS PROVÁVEIS</b> .....	<b>13</b>
Figura 2.1. Mercado de ETICS em Portugal (milhões de m <sup>2</sup> ).....	13
Figura 2.2. Composição esquemática de um sistema tipo ETICS .....	19
Figura 2.3. Métodos de aplicação do produto de colagem.....	21
Figura 2.4. Exemplos de fissuração em sistemas ETICS .....	24
Figura 2.5. Fissuração do recobrimento da cantoneira de reforço (imagem à esquerda) e destacamento do acabamento na aresta, observando-se parte da cantoneira de reforço (ao centro e à direita).....	25
Figura 2.6. Lacuna de material até ao nível da placa isolante (à esquerda e ao centro) e lacuna de material até ao nível da armadura num sistema cerâmico (à direita) .....	25
Figura 2.7. Exemplos de destacamentos em fachadas revestidas com ETICS .....	26
Figura 2.8. Exemplo de perda de aderência das placas isolantes ao suporte, com o substrato à vista na parte inferior (à esquerda) e exemplo de descolamento generalizado do sistema ETICS (imagem à direita).....	27
Figura 2.9. Exemplos de eflorescências em fachadas revestidas por ETICS.....	28
Figura 2.10. Exemplos de anomalias do tipo escorrências .....	28
Figura 2.11. Exemplos de manchas de oxidação de elementos metálicos .....	29
Figura 2.12. Exemplos de pinturas <i>graffiti</i> em sistemas ETICS .....	29
Figura 2.13. Exemplos de fixação de fungos (à esquerda), algas (ao centro) e líquenes (à direita) .....	31
Figura 2.14. Exemplos de estabelecimento de vegetação parasitária em sistemas ETICS .....	31
Figura 2.15. Exemplos de retenção de sujidade superficial .....	32
Figura 2.16. Exemplos de pinturas contrastantes com as cores originais, resultantes de reparações pontuais ..	32
Figura 2.17. Exemplos de visualização de juntas .....	33
Figura 2.18. Exemplos de empolamentos .....	34
Figura 2.19. Exemplos de fissuração nas juntas.....	34
Figura 2.20. Deficiência de planeza com distinção de desníveis horizontais na superfície (imagem à esquerda) e irregularidades superficiais (imagem ao centro e à direita) .....	35
<b>3. TRABALHO DE CAMPO</b> .....	<b>41</b>
Figura 3.1. Curva de degradação obtida a partir das 170 fachadas analisadas no trabalho de campo .....	43
Figura 3.2. Distribuição dos revestimentos analisados por Ximenes (2012) em função da sua data de aplicação, em número de fachadas e em percentagem .....	44
Figura 3.3. Distribuição da amostra em função da sua orientação, em número e em percentagem de fachadas	45
Figura 3.4. Curvas de degradação em função das orientações principais da fachada.....	45
Figura 3.5. Distribuição da amostra em função da proximidade do mar, em número e em percentagem de fachadas .....	46

Figura 3.6. Curvas de degradação em função da proximidade do mar.....	47
Figura 3.7. Distribuição da amostra em função da exposição à humidade, em número e em percentagem de fachadas .....	48
Figura 3.8. Precipitação acumulada anual em Portugal Continental .....	48
Figura 3.9. Curvas de degradação em função da exposição à humidade .....	49
Figura 3.10. Distribuição da amostra em função da acção da chuva-vento, em número e em percentagem de fachadas .....	50
Figura 3.11. Curvas de degradação em função da acção chuva-vento .....	50
Figura 3.12. Distribuição da amostra em função da exposição aos agentes poluentes, em número e em percentagem de fachadas.....	51
Figura 3.13. Curvas de degradação em função da exposição aos agentes poluentes .....	52
Figura 3.14. Distribuição da amostra em função do tipo de revestimento, em número e em percentagem de fachadas .....	53
Figura 3.15. Curvas de degradação em função do tipo de revestimento .....	53
Figura 3.16. Distribuição da amostra em função da cor do revestimento, em número e em percentagem de fachadas .....	54
Figura 3.17. Curvas de degradação em função da cor do revestimento.....	55
Figura 3.18. Exemplos de texturas do acabamento .....	56
Figura 3.19. Distribuição da amostra em função da textura do acabamento, em número e em percentagem de fachadas .....	56
Figura 3.20. Curvas de degradação em função da textura do acabamento .....	57
Figura 3.21. Distribuição da amostra em função do tipo de remate inferior, em número e em percentagem de fachadas .....	58
Figura 3.22. Curvas de degradação em função do tipo de remate inferior .....	58
Figura 3.23. Distribuição dos revestimentos analisados por Ximenes (2012) por cada grupo de anomalias, em número e em percentagem de casos.....	60
Figura 3.24. Distribuição dos revestimentos analisados por Ximenes (2012) pelos diferentes tipos de anomalias, em número e em percentagem de casos.....	61
Figura 3.25. Descolamento das placas de isolamento térmico do suporte, agravado pela inexistência de remate inferior .....	75
Figura 3.26. Tentativa de reparação dos revestimentos afectados .....	75
Figura 3.27. Anomalias nas juntas presentes nas duas fachadas.....	76
Figura 3.28. Exemplos de lacunas de material observadas em duas das fachadas excluídas da amostra.....	76
Figura 3.29. Exemplos de casos excluídos no empreendimento Alto da Mira .....	76
Figura 3.30. Distribuição dos novos revestimentos em função do tipo de utilização, em número de fachadas e em percentagem.....	77
Figura 3.31. Distribuição dos novos revestimentos em função do número de pisos, em número de fachadas e em percentagem.....	78

Figura 3.32. Distribuição dos novos revestimentos em função da sua configuração volumétrica, em número de fachadas e em percentagem .....	78
Figura 3.33. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função das idades, em número de fachadas e em percentagem .....	79
Figura 3.34. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função das idades, em número de fachadas e em percentagem .....	79
Figura 3.35. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função das orientações, em número de fachadas e em percentagem .....	80
Figura 3.36. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função das orientações, em número de fachadas e em percentagem .....	81
Figura 3.37. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função da proximidade ao mar, em número de fachadas e em percentagem .....	81
Figura 3.38. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função da proximidade ao mar, em número de fachadas e em percentagem .....	82
Figura 3.39. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função da exposição à humidade, em número de fachadas e em percentagem .....	82
Figura 3.40. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função da exposição à humidade, em número de fachadas e em percentagem .....	82
Figura 3.41. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função da acção combinada da chuva e do vento, em número de fachadas e em percentagem .....	83
Figura 3.42. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função da acção combinada da chuva e do vento, em número de fachadas e em percentagem .....	83
Figura 3.43. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função da exposição aos agentes poluentes, em número de fachadas e em percentagem .....	84
Figura 3.44. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função da exposição aos agentes poluentes, em número de fachadas e em percentagem .....	84
Figura 3.45. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função do tipo de revestimento, em número de fachadas e em percentagem .....	85
Figura 3.46. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função do tipo de revestimento, em número de fachadas e em percentagem .....	86
Figura 3.47. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função da sua cor, em número de fachadas e em percentagem .....	86
Figura 3.48. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função da cor do revestimento, em número de fachadas e em percentagem .....	87
Figura 3.49. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função da textura do acabamento, em número de fachadas e em percentagem.....	87
Figura 3.50. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função da textura do acabamento, em número de fachadas e em percentagem .....	88

Figura 3.51. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função do tipo de remate inferior, em número de fachadas e em percentagem .....	88
Figura 3.52. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função do tipo de remate inferior, em número de fachadas e em percentagem .....	89
Figura 3.53. Distribuição do número de revestimentos que apresenta cada grupo de anomalias e frequência da degradação na presente amostra e no trabalho de Ximenes (2012).....	90
Figura 3.54. Frequência de cada grupo de anomalias na totalidade dos revestimentos e frequência da degradação.....	90
Figura 3.55. Distribuição do número de revestimentos que apresenta cada tipo de anomalia na presente amostra e no trabalho de Ximenes (2012).....	91
Figura 3.56. Frequência da degradação na presente amostra e no trabalho de Ximenes (2012) .....	92
Figura 3.57. Distribuição do número de revestimentos que apresenta cada tipo de anomalia na amostra global .....	92
Figura 3.58. Distribuição dos casos de estudo de Ximenes (2012) por níveis de degradação (à esquerda) e distribuição dos casos de estudo da nova amostra por níveis de degradação (à direita) .....	93
Figura 3.59. Distribuição dos casos de estudo por níveis de degradação (amostra global) .....	93
Figura 3.60. Contribuição de cada grupo de anomalias para cada nível de degradação .....	94
Figura 3.61. Distribuição dos níveis de degradação por cada grupo de anomalias na globalidade dos revestimentos analisados .....	94
Figura 3.62. Distribuição dos níveis de degradação pelas anomalias do tipo manchas ou alterações estéticas da amostra global .....	95
<b>4. MODELOS DE DEGRADAÇÃO - ANÁLISE GLOBAL DA AMOSTRA .....</b>	<b>97</b>
Figura 4.1. Distribuição da severidade normalizada de degradação, dos 293 casos de estudo, em cinco intervalos correspondentes aos níveis de degradação 0, 1, 2, 3 e 4.....	103
Figura 4.2. Curva de degradação geral obtida a partir dos 293 revestimentos inspeccionados no trabalho de campo .....	105
Figura 4.3. Curva de degradação obtida a partir da média das severidades das fachadas de cada edifício inspeccionado no trabalho de campo .....	106
Figura 4.4. Curvas de degradação em função das orientações principais da fachada.....	107
Figura 4.5. Curvas de degradação em função das orientações das fachadas .....	107
Figura 4.6. Curvas de degradação em função da proximidade do mar.....	108
Figura 4.7. Curvas de degradação em função da exposição à humidade .....	109
Figura 4.8. Curvas de degradação em função da acção chuva-vento .....	109
Figura 4.9. Curvas de degradação em função da exposição aos agentes poluentes .....	110
Figura 4.10. Curvas de degradação em função do tipo de revestimento .....	111
Figura 4.11. Curvas de degradação em função da cor do revestimento.....	112
Figura 4.12. Curvas de degradação em função da cor do revestimento ("branco", "cores claras", "cores escuras", "outro") .....	112

Figura 4.13. Curvas de degradação em função da textura do acabamento .....	113
Figura 4.14. Curvas de degradação em função da textura do acabamento ("rugoso", "liso", "outro") .....	114
Figura 4.15. Curvas de degradação em função do tipo de remate inferior .....	115
Figura 4.16. Curvas de degradação em função da facilidade de inspecção .....	115
Figura 4.17. Curvas de degradação em função do nível de execução .....	116
Figura 4.18. Determinação gráfica da vida útil de referência .....	117
<b>5. APLICAÇÃO DO MÉTODO FACTORIAL .....</b>	<b>119</b>
Figura 5.1. Esquema ilustrativo da forma teórica de determinar a vida útil de um ponto, conhecido o seu estado de degradação no momento da análise.....	120
Figura 5.2. Representação dos limites superior e inferior da dispersão da amostra através da extrapolação da curva média, aplicando o método do factor de conversão ao valor das ordenadas .....	121
Figura 5.3. Distribuição da vida útil dos 293 revestimentos analisados .....	121
Figura 5.4. Distribuição da vida útil dos 273 revestimentos analisados .....	122
Figura 5.5. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da orientação da fachada .....	123
Figura 5.6. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da proximidade do mar.....	124
Figura 5.7. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da exposição à humidade .....	124
Figura 5.8. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da acção combinada da chuva-vento .....	124
Figura 5.9. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da exposição aos agentes poluentes .....	124
Figura 5.10. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função do tipo de revestimento .....	125
Figura 5.11. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da cor do revestimento.....	125
Figura 5.12. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função do tipo de acabamento.....	126
Figura 5.13. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função do tipo de remate inferior .....	126
Figura 5.14. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da facilidade de inspecção .....	126
Figura 5.15. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função do nível de execução .....	126
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>143</b>
Figura 6.1. Curva de degradação geral obtida a partir dos 293 revestimentos inspecionados no trabalho de campo .....	144
Figura 6.2. Distribuição da vida útil dos revestimentos considerados.....	146

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
Tabela 1.1. Normas da série ISO 15686 .....	8
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DOS REVESTIMENTOS ETICS, PRINCIPAIS ANOMALIAS E CAUSAS PROVÁVEIS .....</b>	<b>13</b>
Tabela 2.1. Requisitos funcionais e respectivos critérios de análise definidos pelo ETAG 004 para sistemas ETICS....	16
<b>3. TRABALHO DE CAMPO.....</b>	<b>41</b>
Tabela 3.1. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à orientação da fachada e em função da idade dos revestimentos.....	46
Tabela 3.2. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à proximidade do mar e em função da idade dos revestimentos.....	48
Tabela 3.3. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à exposição à humidade e em função da idade dos revestimentos.....	49
Tabela 3.4. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à acção da chuva-vento e em função da idade dos revestimentos.....	51
Tabela 3.5. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à exposição aos agentes poluentes e em função da idade dos revestimentos .....	52
Tabela 3.6. Número mínimo de novos casos necessários relativamente ao tipo de revestimento e em função da idade dos revestimentos.....	54
Tabela 3.7. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à cor do revestimento e em função da idade dos revestimentos.....	55
Tabela 3.8. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à textura do acabamento e em função da idade dos revestimentos .....	57
Tabela 3.9. Número mínimo de novos casos necessários relativamente ao tipo de remate inferior e em função da idade dos revestimentos .....	59
Tabela 3.10. Número mínimo total de novos casos necessários .....	59
Tabela 3.11. Escala para definição e avaliação dos níveis de degradação e intensidade das alterações .....	67
Tabela 3.12. Níveis de degradação para anomalias de perda de integridade .....	68
Tabela 3.13. Níveis de degradação para anomalias do tipo manchas ou alterações cromáticas ou de textura...	69
Tabela 3.14. Níveis de degradação para anomalias de perda de aderência .....	71
Tabela 3.15. Níveis de degradação para anomalias nas juntas.....	72
<b>4. MODELOS DE DEGRADAÇÃO - ANÁLISE GLOBAL DA AMOSTRA .....</b>	<b>97</b>
Tabela 4.1. Correspondência entre a severidade normalizada de degradação e a condição global dos revestimentos .....	102
Tabela 4.2. Padrões típicos de degradação associados a agentes e mecanismos de degradação .....	104
<b>5. APLICAÇÃO DO MÉTODO FACTORIAL .....</b>	<b>119</b>
Tabela 5.1. Cálculo da vida útil prevista para cinco pontos da amostra .....	120



Tabela 5.2. Vida útil estimada a partir do método gráfico (M.G.) e das curvas de degradação (C.D.) para os factores condicionantes estudados .....	127
Tabela 5.3. Proposta de quantificação dos factores relacionados com as características do material .....	129
Tabela 5.4. Proposta de quantificação dos factores relacionados com as características do projecto .....	130
Tabela 5.5. Proposta de quantificação dos factores relacionados com as características de execução .....	131
Tabela 5.6. Proposta de quantificação dos factores relacionados com as características do ambiente exterior .....	131
Tabela 5.7. Proposta de quantificação dos factores relacionados com o nível de manutenção .....	133
Tabela 5.8. Vida útil de referência estimada para cinco pontos da amostra através do método das condições médias de exposição para um caso .....	134
Tabela 5.9. Vida útil de referência estimada para cinco pontos da amostra através do método das condições médias de exposição para a totalidade dos casos .....	134
Tabela 5.10. Quantificação dos subfactores obtida no cenário 1 .....	136
Tabela 5.11. Quantificação dos subfactores obtida no cenário 2 .....	137
Tabela 5.12. Quantificação dos subfactores obtida no cenário 4 .....	138
Tabela 5.13. Quantificação dos subfactores obtida no cenário 5 .....	139
Tabela 5.14. Quantificação dos subfactores obtida no cenário 6 .....	140
Tabela 5.15. Indicadores estatísticos obtidos a partir dos cenários considerados .....	140
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>143</b>
Tabela 6.1. Descrição dos critérios aplicados a cada cenário considerado.....	148
Tabela 6.2. Indicadores estatísticos obtidos a partir dos cenários considerados .....	148



# 1. Introdução

## 1.1. Considerações iniciais

A nível europeu, a sigla ETICS refere-se ao Sistema de Isolamento Térmico pelo Exterior (*External Thermal Insulation Composite System*), que permite responder eficientemente às exigências de conforto higrotérmico e, adicionalmente, integrar as preocupações relacionadas com a protecção ambiental e com a redução do consumo de energia, resultando numa construção sustentável. Para alcançar estes objectivos, o sistema é aplicado na envolvente dos edifícios, minimizando as trocas de calor com o exterior e, conseqüentemente, conduzindo à minimização das necessidades de aquecimento/arrefecimento e à diminuição dos riscos de ocorrência de condensações. Assim, e apesar do importante investimento inicial necessário para a sua execução, esta solução apresenta um retorno significativo, pela redução de custos e gastos energéticos e pela melhoria das condições térmicas no interior dos edifícios. Este sistema, que é designado por EIFS nos Estados Unidos da América (*External Insulation and Finishing System*), pode ser utilizado tanto em construções de raiz como em reabilitação das fachadas (que tenham, por exemplo, isolamento térmico insuficiente ou problemas de ocorrência de infiltrações), devido à resposta a três exigências fundamentais: isolamento térmico, estanqueidade à água e melhoria da estética geral dos paramentos.

O sistema ETICS é comumente referido em Portugal, nomeadamente em documentação técnica produzida por empresas aplicadoras do sistema ou de fabrico dos materiais, por “reboco delgado armado sobre poliestireno expandido”. Esta designação é reconhecida como a forma mais tradicional do sistema, que utiliza placas de poliestireno expandido moldado (EPS) e acabamento final na forma de reboco delgado armado. A nível nacional, a aplicação de ETICS em paredes exteriores tornou-se particularmente relevante com a introdução do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), estabelecido pela primeira vez em 1990 e que concentra as suas preocupações na eficiência energética.

Tendo em consideração os custos consideráveis associados à gestão, exploração e à manutenção dos edifícios e à progressiva integração das questões relativas à durabilidade e ao desempenho das construções e das suas partes nas diferentes fases que regem o seu ciclo de vida, surge a necessidade de avaliar o seu processo de degradação e os fenómenos e mecanismos que afectam esse processo. Assim, a previsão da vida útil possibilita encontrar soluções que permitam alcançar maior longevidade das construções e dos seus componentes com menores custos associados. Segundo Masters e Brandt (1986), citados por Emídio (2012), a durabilidade dos materiais e elementos da construção pode ser melhorada a partir do conhecimento da sua vida útil e do respectivo limite e da adequada selecção, utilização e manutenção, possibilitando o reconhecimento da proposta mais rentável.

## 1.2. Interesse e justificação da dissertação

A utilização do sistema ETICS em paredes exteriores tem aumentado de forma significativa nos últimos anos em Portugal. Dada a necessidade de colmatar as insuficiências térmicas e energéticas das construções existentes, face ao apresentado no actual Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, estabelecido inicialmente em 1990 e revisto em 2013) e às exigências de intervenções sustentáveis nos edifícios, torna-se fundamental recorrer a sistemas que garantam a satisfação das exigências dos utilizadores e, simultaneamente, promovam a redução de energia desperdiçada e conseqüentes custos inerentes. Assim se

justifica a utilização cada vez mais recorrente de soluções de reforço térmico de paredes exteriores. No entanto, é importante que este tipo de sistema de isolamento térmico tenha uma integração planeada nas fachadas que o irão receber e seja o mais adequado possível de modo a atingir os objectivos propostos.

Para além da adequação do sistema, é importante garantir a sua integridade para não condicionar a eficiência ou mesmo inutilizar ou degradar irreversivelmente o isolamento, o que justifica a necessidade de preservação e manutenção. Neste sentido, verifica-se que é fundamental a correcta compreensão do desempenho e comportamento dos elementos e materiais de construção, pois, quanto maior a sua durabilidade, menores serão os custos de reparação e reabilitação e os recursos e os meios técnicos a utilizar. Neste contexto de reconhecimento da importância do estado de degradação e do desempenho dos materiais, verificou-se a publicação de estudos e o desenvolvimento de métodos com o objectivo de avaliar a durabilidade das construções e dos seus elementos. Um dos métodos mais utilizados na previsão da vida útil é o método factorial (preconizado na norma internacional para a durabilidade - ISO 15686: 2000) que, embora sendo uma metodologia alvo de críticas exaustivamente documentadas por diversos autores como Gaspar (2009) e Hovde (2004) (como a subjectividade do modelo), é genericamente aceite a nível internacional pela comunidade científica devido à sua facilidade de aplicação. Este método traduz-se numa abordagem mais sistemática da estimativa de vida útil das construções e será utilizado na presente Dissertação.

A selecção dos sistemas ETICS como objecto de estudo deve-se ao facto de existir reduzida e pouco conclusiva informação sobre esta temática a nível nacional. Este é um resultado expectável, fundamentado, de certo modo, pelo facto de a aplicação deste tipo de sistemas ser ainda relativamente recente em Portugal. Por serem aplicados em paredes exteriores, elementos caracterizados pela sua elevada sensibilidade, em grande parte justificada por estarem mais susceptíveis à ocorrência de anomalias (pela sua exposição aos agentes climáticos e à agressão dos agentes exteriores nocivos), torna-se evidente a necessidade de estudo da durabilidade deste tipo de isolamento. Esta análise poderá ser relevante também para o desenvolvimento de ferramentas que possibilitem a optimização do planeamento de intervenções de gestão e manutenção em fachadas revestidas com sistemas ETICS, possibilitando o prolongamento dos tempos de serviço, a redução de custos de reparação associados à degradação e, igualmente, assegurar um melhor desempenho destes sistemas nas suas condições de aplicação. Além disso, entre as várias vantagens inerentes ao sistema de isolamento, distingue-se o benefício económico que, eventualmente, contribuirá para um aumento da aplicação de ETICS em Portugal, pelo que a análise deste material e das suas características intrínsecas, funcionais e de desempenho, passíveis de serem adequadamente analisadas, se reveste de particular relevância.

### **1.3. Objectivos e âmbito da dissertação**

O objectivo fundamental da Dissertação incide no desenvolvimento de uma metodologia para a previsão de vida útil de sistemas ETICS através do método factorial, tal como apresentado pelo *Architectural Institute of Japan* (1993). Com este propósito bem definido, tem como elemento base a Dissertação de Mestrado de Sofia Ximenes “Previsão da vida útil de ETICS em paredes exteriores” (2012). A presente Dissertação insere-se ainda numa linha de investigação relacionada com a estimativa de vida útil de elementos da construção civil desenvolvida pelo Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos do Instituto Superior Técnico, tendo como referência diversos trabalhos desenvolvidos que se destacam pela proximidade que têm com o tema desenvolvido (estimativa da vida útil de

revestimentos em paredes exteriores, optimização de processos de pesquisa e fundamentação e padronização de procedimentos de inspecção), referindo-se, assim, os trabalhos de Gaspar (2002), Sousa (2008), Gaspar (2009), Silva (2009), Chai (2011), Emídio (2012), Ximenes (2012) e Galbusera (2013).

A investigação associada a este trabalho é baseada em pesquisa bibliográfica e na recolha de dados em campo, através do levantamento realizado através de inspecções visuais a edifícios nas suas condições de utilização e exposição. Como ferramenta de auxílio na selecção da amostra, é elaborada uma ficha de inspecção e diagnóstico, contendo os parâmetros mais relevantes para a sistematização dos dados recolhidos e para a análise do estado de degradação. Pretende-se estimar a vida útil através de curvas de degradação e através da aplicação do método factorial, recorrendo à informação adquirida sobre o estado de degradação, os agentes e fenómenos de deterioração existentes e as características intrínsecas dos sistemas. Ainda neste contexto, existem diversos objectivos parciais a concretizar, tendo em consideração os parâmetros intervenientes na previsão de vida útil de ETICS, nomeadamente:

- identificação dos métodos utilizados na previsão de vida útil de elementos de construção (Capítulo 1);
- identificação e definição dos fenómenos de degradação de sistemas ETICS e das suas causas expectáveis (Capítulo 2);
- metodologia de recolha de informação de campo e de quantificação e classificação de ocorrências patológicas associadas a ETICS em paredes exteriores, confirmando as inspecções previamente realizadas por Ximenes (2012) e complementando a informação em falta com novas inspecções (Capítulo 3);
- identificação dos níveis de degradação associados aos fenómenos identificados no novo trabalho de campo e reconhecimento dos factores envolvidos no processo de deterioração (Capítulo 3);
- elaboração de curvas que traduzam o padrão de degradação ao longo do tempo (Capítulo 4);
- identificação de uma vida útil de referência, baseado na metodologia desenvolvida (Capítulos 4 e 5);
- aplicação do método factorial, quantificação dos factores de degradação e respectivo ajuste e validação (Capítulo 5).

Assim, pretende-se que a presente Dissertação se apresente como um contributo ao conjunto de estudos desenvolvidos na área da previsão da vida útil de materiais de construção, baseadas na inspecção de edifícios em serviço, fornecendo referências para estruturar eventuais estratégias de gestão, manutenção, reparação ou substituição dos componentes e para a possível aplicação das metodologias *Life Cycle Costing* ou *Life Cycle Assessment*, referenciadas por vários autores como Chai (2011), Emídio (2012) e Galbusera (2013), e que consistem na determinação e contabilização dos custos (económicos e ambientais) envolvidos no ciclo de vida das construções e das suas partes, bem como dos eventuais benefícios, através da análise comparativa das soluções construtivas.

#### **1.4. Enquadramento geral do tema e terminologia associada à previsão da vida útil**

A previsão da durabilidade de uma construção é considerada fundamental, compreendendo-se que a vida útil (*service life*) de um edifício é condicionada não só pela sua estrutura como também pelos seus elementos constituintes. Este conceito é descrito por diversos autores e em inúmeras publicações, sendo a sua definição variável consoante os critérios utilizados e o contexto em que é referido. De acordo com Gaspar (2002), a vida útil não é de simples definição ou previsão, uma vez que depende do nível de desempenho que se espera do sis-

tema, de factores que podem ser dificilmente quantificáveis e da leitura diferenciada dependendo dos critérios de quem os avalia, sendo também variáveis em função da época, do lugar e do contexto social, económico, político, ambiental, estético ou normativo que enquadra e rege a construção e a sua envolvente.

A norma ISO 15686-1 (2000) define a vida útil como sendo o período de tempo, desde a sua colocação em serviço, durante o qual o edifício e as suas partes igualam ou excedem os requisitos mínimos admissíveis de desempenho estabelecidos, assumindo uma manutenção corrente. Esses requisitos exigíveis constituem-se como parâmetros muito subjectivos, sendo bastante variáveis mediante a situação, pois, para além das exigências funcionais, há que ter também em consideração critérios estéticos, dependentes da avaliação de cada indivíduo [GASPAR, 2009]. A *Guideline on Durability in Buildings* (CSA 1995), referenciada por Sousa (2008) e Anselmo (2011), descreve a vida útil como o período de tempo no qual o edifício ou qualquer uma das suas partes cumpre os seus objectivos, sem custos imprevistos, sem reparações e sem interrupções ou alterações derivadas da manutenção.

Saraiva (2011) refere que o processo de degradação se inicia no instante em que são concluídas as obras e as construções são colocadas em serviço, consistindo numa perda gradual de desempenho (capacidade de os edifícios responderem às exigências dos utilizadores). Inicialmente, esta perda é imperceptível (excepto por manifestações pontuais e precoces de degradação), mas manifesta-se em níveis cada vez mais explícitos ao longo do tempo, afectando, assim, a sua vida funcional e promovendo a deterioração estética dos elementos. Ainda segundo o mesmo autor, como os processos de depreciação e envelhecimento são inevitáveis, o tempo em serviço das construções e dos seus componentes pode ser prolongado e o seu desempenho mantido com a realização de manutenções adequadas e regulares. Estas intervenções são definidas na norma ISO 15686-1 (2000) como o conjunto de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão que possibilitam que o edifício e as suas partes desempenhem as funções para as quais foram concebidos, durante o seu ciclo de vida. Segundo Chai (2011), as intervenções mais ligeiras em edifícios agregam as acções de manutenção correctiva ou preventiva e as reparações ocasionais, visando a obtenção de desempenhos satisfatórios. A autora sublinha ainda a necessidade de planear estratégias mais complexas e profundas, como operações de reabilitação, caso o estado de degradação aumente significativamente. Os revestimentos são os elementos do edifício sujeitos a maior número de factores de degradação pelo facto de estarem mais expostos aos agentes adversos, tendo, em geral, uma vida útil inferior à vida útil global, devendo por isso ser sujeitos a obras de manutenção regular durante a fase de utilização [SILVA, 2009 e ANSELMO, 2011].

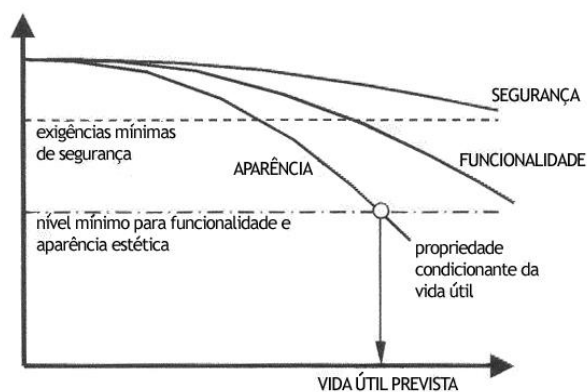
Gaspar (2009) afirma, assim, que o fim da vida útil de uma construção ou das suas partes representa o limite crítico da durabilidade (quando a construção ou elemento constituinte deixa de desempenhar convenientemente as funções previamente determinadas ou quando se verificam alterações nos níveis mínimos de desempenho exigíveis) devido a eventual degradação física, ao desgaste decorrente do uso, das acções ambientais (num cenário de manutenção corrente) ou por degradação por negligência (em cenários de ausência de manutenção). Gaspar (2002) (2009) classificou as possíveis formas de depreciação que afectam as estruturas e os seus elementos constituintes, condicionando o final da sua vida útil, em três categorias principais (estritamente ligados aos conceitos de vida útil funcional, vida útil física e ciclo de vida económico):

- obsolescência funcional ou de imagem - segundo a norma ISO 15686-1 (2000), a obsolescência é a perda de aptidão de um elemento para acompanhar e cumprir as variações das exigências de desempenho do

utilizador; especificamente, a obsolescência funcional ocorre quando uma componente da construção pode ser substituída por outra que desempenhe a mesma função de forma semelhante ou melhor [SILVA, 2009]; como referem diversos autores, nomeadamente Gaspar (2009), este parâmetro é o mais complexo de avaliar, pois existem diferentes soluções que podem ser aptas a responder aos mesmos requisitos de uma utilização e pelo facto de se encontrar muito dependente de variáveis como gostos e modas;

- perda de desempenho e de rentabilidade económica - considera-se que o elemento alcança o limite da sua vida útil quando a sua manutenção ou reparação é mais dispendiosa e menos profícua do que a sua substituição, podendo ser mesmo inviável;
- fim da vida útil física ou durabilidade das suas camadas hierarquicamente mais determinantes - deve-se, fundamentalmente, à acção dos agentes e mecanismos de degradação e ao desgaste provocado pela acção do tempo (envelhecimento natural); muitas vezes, a deficiente qualidade dos materiais pode ser responsável pelo encurtamento da vida útil; os requisitos físicos e técnicos das construções são geralmente os mais fáceis de quantificar, sendo estes aqueles em que a presente Dissertação vai incidir a sua investigação.

Moser (1999), Moser (2004) e Silva (2009) referem ainda que o limite da vida útil é influenciado por critérios de funcionalidade, aparência e segurança, sendo este limite atingido quando um destes princípios deixa de ser satisfeito. A conservação da integridade da construção num nível padrão de segurança é considerada como um critério fundamental, sendo determinante para a consideração do fim do ciclo de vida das construções, apresentando, assim, um nível de exigência superior aos outros requisitos, apesar de, em grande parte das vezes, o fim da vida útil ser imposto apenas por critérios de aparência estética [MOSER, 2004]. Na Figura 1.1, é possível verificar o referido, sendo realizada uma comparação entre os três critérios. Constata-se, graficamente, que o fim da vida útil é alcançado quando a curva referente a cada propriedade intersecta o limite definido associado aos requisitos mínimos exigidos [MOSER, 1999; SOUSA, 2008; SILVA, 2009 e CHAI, 2011]. Desta forma, observa-se que a degradação estética é a que mais cedo atinge o seu mínimo admissível, pelo que se assume, muitas vezes, como condicionante da vida útil.



**Figura 1.1. Perda de desempenho das propriedades de um elemento e identificação dos mínimos aceitáveis, com reconhecimento daquela que condiciona a vida útil da construção (propriedade estética) [adaptado de MOSER, 1999]**

Ainda nesta terminologia, importa definir os conceitos de vida activa e de durabilidade. A vida activa, como refere Sousa (2008), é "o período durante o qual o desempenho das construções é mantido a um nível compatível com o cumprimento dos requisitos essenciais, definidos na Directiva dos Produtos da Construção (89/106/CE)". Tal conceito, como apresentado na referida directiva, tem o mesmo significado do que a vida útil. Ainda segundo a mesma autora,

este documento estabelece que as exigências devem ser cumpridas durante um período economicamente válido da vida activa. Já segundo a ISO 15686-1 (2000), a durabilidade entende-se como a aptidão de um edifício ou das suas componentes de desempenharem as funções exigidas durante um determinado período de tempo sob a acção de agentes previstos em projecto e das condições de serviço existentes. No entanto, Gaspar (2002) define a durabilidade como o período de tempo em que os edifícios ou as suas partes permanecem em condições adequadas para responder aos requisitos estabelecidos ou quando conservam a capacidade de se adaptar a novos usos, sem sofrer um desgaste físico que exija intervenções mais profundas do que uma manutenção corrente ou a necessidade de investimentos imprevistos. Outros autores abordaram este conceito, destacando-se McDuling *et al.* (2008), que descreve a durabilidade como a capacidade de resistência dos elementos às condições e características existentes e aos efeitos decorrentes da exposição ao ambiente e aos agentes externos.

### **1.5. Enquadramento normativo e estudos efectuados associados à previsão da vida útil**

Tal como descrito por Gaspar (2002), Chai (2011) e Ximenes (2012), o conceito de desempenho dos edifícios foi inicialmente questionado e discutido a partir da década de 60 do século XX, sendo alvo de investigação pelo CIB (*Conseil International du Bâtiment - International Council for Research and Innovation in Building and Construction*). Posteriormente, surgiram diversos estudos publicados em vários países e foi criado o Grupo de Trabalho W80 do CIB, em 1970, sendo o primeiro simpósio internacional sobre esta temática organizado em Maio de 1972, em Filadélfia, nos Estados Unidos da América. De seguida, são apresentados alguns dos textos normativos e alguns dos estudos efectuados referentes à regulação da previsão da durabilidade dos edifícios e dos seus componentes que surgiram, sobretudo, no início da década de 90 do século XX. Todos estes documentos surgiram da necessidade, por parte dos organismos e entidades internacionais, de controlar mais eficazmente os fenómenos de degradação, de construir tendo em vista a durabilidade e de garantir um melhor planeamento de intervenções sistematizadas nos edifícios.

#### ***Principal guide for service life planning of buildings - Japão:***

O *Principal guide for service life planning of buildings*, desenvolvido em 1989 pelo *Architectural Institute of Japan*, serviu de ponto de partida para muitas das normas existentes actualmente, sendo traduzido parcialmente para inglês em 1993, usufruindo de grande divulgação a nível internacional. De acordo com Rudbeck (1999) e Silva (2009), este documento tem como principal objectivo constituir-se como um guia para a regulação da previsão da vida útil dos edifícios e dos seus componentes e equipamentos, bem como da sua gestão, considerando que o fim da vida útil é determinado pela sua deterioração física ou obsolescência. Neste regulamento, é referido o método factorial, pela primeira vez, evoluindo posteriormente para uma consideração mais abrangente do desempenho, da durabilidade e da manutenção [MIYAMOTO, 2003].

#### ***British guide to durability of building elements, products and components - Reino Unido:***

A norma BSI 7543 relativa à durabilidade de elementos, produtos e componentes de construção (*British guide to durability of building elements, products and components*) foi publicada no Reino Unido, em 1992, sendo essencialmente, aplicada a projectos de engenharia que envolvam novos edifícios e as suas partes. Segundo a referida norma, citada por Rudbeck (1999) e Gaspar (2009), a previsão da vida útil pode ser realizada das seguintes formas: através da experiência adquirida obtida em construções com ocupações, características e condições



semelhantes; através da análise do nível de degradação dos elementos, num reduzido período de tempo, avaliando o seu limite de durabilidade e a partir de ensaios laboratoriais de envelhecimento acelerado, que são métodos criticados devido, fundamentalmente, à sua complexidade e a resultados pouco realistas.

**Norma ISO 15686 (*Building and construction assets service life planning*):**

Segundo Gaspar (2009) e Chai (2011), a norma ISO 15686 (2000) resultou da combinação dos esforços internacionais para a standardização e para a publicação de preceitos normativos referentes ao contexto da durabilidade dos componentes e dos produtos da construção, visando a simplificação das trocas de bens e serviços e para a previsão dos encargos existentes ao longo da vida útil das construções. Esta norma foi implementada a partir do grupo de trabalho do comité técnico TC59 (*Building Construction*) e do subcomité SC14 (*Design Life*), no qual se incluem várias organizações internacionais (como, por exemplo, a EOTA - *European Organisation for Technical Approvals*, CIB - *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*, RILEM - *International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures* e a ASTM - *American Society for Testing and Materials*). Gradualmente, a norma foi progredindo até à sua versão actual, em onze partes, cuja composição está descrita na Tabela 1.1. Apesar de alguns destes documentos já terem sido publicados, toda a norma se encontra ainda em processo de desenvolvimento.

**Regulamento Geral das Edificações:**

Apesar de, no âmbito nacional, não existir regulamentação específica relacionada com a temática da durabilidade das construções e sobre a previsão da vida útil, a proposta do Regulamento Geral das Edificações prevê a abordagem e discussão destes conceitos. Silva (2009) e Emídio (2012), citando dados do portal do Governo, referem que o antigo Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), em vigência desde 1951, não se encontra em concordância com os actuais padrões urbanísticos, de segurança e de qualidade. Este documento foi sujeito a diversas variações e actualizações, que não foram suficientes para o capacitar a responder às necessidades actuais e ajustá-lo à realidade. Tentando contornar essas limitações, foi então apresentada uma proposta de revisão do RGEU, que foi substituída pela proposta do novo regulamento RGE (Regulamento Geral das Edificações). Esta proposta, elaborada pelo Conselho Superior de Obras Públicas, em 2004, tece variadas considerações relativas à vida útil dos edifícios e seus componentes, à manutenção e gestão de qualidade, destacando-se o conceito de vida útil de uma edificação (VUE) que é descrito como o período de tempo "*em que a respectiva estrutura não apresenta degradação dos materiais, em resultado das condições ambientais, que conduzam à redução da segurança estrutural inicial*" (Artigo 117º, n.º 1). O Regulamento Geral das Edificações é, assim, um documento da responsabilidade do Governo, que regulamenta a construção de edificações urbanas em condições de salubridade e de eficiência, identificando as normas a observar no projecto e execução das edificações, considerando as opções necessárias a um ambiente construído sustentável. Este documento evidencia ainda a necessidade da vida útil de cada elemento da construção ser indicada pelo fabricante, tendo como referência a degradação esperada nas suas condições de serviço, e a importância de realizar actividades de inspecção, manutenção e reparação, sobretudo em componentes da edificação com durabilidade inferior à vida útil determinada (Artigo 117º, n.º 2), como, por exemplo, os revestimentos de paredes exteriores, mais susceptíveis, normalmente, ao efeito dos agentes de deterioração [ANSELMO, 2011].

**Tabela 1.1. Normas da série ISO 15686 [adaptado de CHAI, 2011]**

<i>Norma</i>	<i>Título</i>	<i>Descrição</i>	<i>Notas</i>
ISO 15686-1	<i>General principles</i>	Definição dos princípios gerais e dos procedimentos a adoptar na fase de projecto, no âmbito da durabilidade das construções, incluindo uma visão geral da estimativa da vida útil	-
ISO 15686-2	<i>Service life prediction procedures</i>	Enquadramento, princípios e metodologia para a estimativa da vida útil. Alguns dos métodos recomendados são os testes de degradação, campanhas de exposição prolongada de amostras e levantamentos de campo	(em revisão)
ISO 15686-3	<i>Performance audits and reviews</i>	Descrição da abordagem e dos procedimentos a adoptar nas diversas fases da vida útil de uma obra	-
ISO 15686-4	<i>Data requirements / data formats</i>	Descrição dos requisitos e formatos de dados utilizados na previsão de vida útil, referentes às condições ambientais e de serviço	-
ISO 15686-5	<i>Life cycle costing</i>	Guia para o desenvolvimento de modelos de custo, de gestão e de manutenção das construções, numa perspectiva de custo global	-
ISO 15686-6	<i>Procedure for considering environmental impacts</i>	Indicações para a determinação do impacte ambiental de diferentes soluções de projecto; relaciona os custos globais ao longo da vida útil com a gestão e planeamento do edificado numa perspectiva de durabilidade	-
ISO 15686-7	<i>Performance evaluation for feedback of service life data from practice</i>	Guia genérico para a recolha de informação relativa ao desempenho de edifícios em utilização	-
ISO 15686-8	<i>Reference service life and service life estimation</i>	Descrição da metodologia de aplicação do método factorial	-
ISO 15686-9	<i>Service life declarations</i>	Indicações relativas à harmonização de produtos da construção, do ponto de vista das respectivas declarações de durabilidade	-
ISO 15686-10	<i>When to assess functional performance</i>	Indicações sobre a necessidade de especificar ou verificar o cumprimento de requisitos de desempenho funcional dos edifícios e seus componentes	-
ISO 15686-11	<i>Terminology</i>	Terminologia adoptada	(em elaboração)

**Outros documentos normativos:**

Outros documentos normativos, igualmente relevantes no âmbito da previsão da vida útil, foram desenvolvidos em diversos países como, por exemplo: o *New Zealand Building Code (NZBC)*, documento baseado no desempenho dos materiais e elementos construtivos, preparado na Nova Zelândia em 1992, contendo requisitos qualitativos e quantitativos, e que estabelece uma vida útil padrão de 50 anos para os edifícios, podendo os seus componentes apresentar durabilidades diferentes, dependendo da facilidade de inspecção e reparação da degradação; o regulamento *Guideline on Durability in Buildings*, elaborado em 2003 na Austrália, que alude à vida útil das estruturas em termos genéricos; o *Standard S478: Guideline on Durability in Buildings (CSA 1995)*, elaborado no Canadá, que descreve os métodos de previsão da vida útil nas fases de concepção, execução e utilização das construções, elucidando sobre as aplicações de metodologias mais adequadas a cada caso, sendo descritos três métodos principais: eficácia demonstrada ou desempenho histórico, modelação do processo de deterioração e ensaios laboratoriais [RUDBECK, 1999].

Outros documentos foram desenvolvidos nos Estados Unidos, através da *American Society for Testing and Materials*, que desenvolveu a norma ASTM 1996, referente à realização de ensaios de degradação para a estimativa da vida útil, e na Holanda. Este último, de acordo com Gaspar (2009) e Chai (2011), constituiu-se, a partir de 1983, como um país pioneiro no desenvolvimento de legislação relativa a exigências de desempenho dos edifícios e seus componentes, tendo servido de referência à Directiva Europeia dos Produtos da Construção, publicada em 1988. Foi ainda estabelecida uma rede temática a nível europeu identificada pela sigla PeBBu (*Performance Based Building*), em 2001, que se caracterizava pela sua preocupação com as questões relacionadas com a implementação e

adopção de um padrão europeu para o planeamento da vida útil de materiais e componentes da construção, baseado nas normas definidas pela ISO 15686 (2000) [LACASSE e SJÖSTRÖM, 2004].

Na Noruega, foram também publicados documentos relativos a requisitos para a manutenção e inspecção das construções e, em Itália, seis universidades uniram-se, em 2003, na perspectiva de promover uma investigação baseada no desenvolvimento de metodologias referentes ao planeamento e avaliação da durabilidade de componentes de edifícios, visando a produção sustentável [SOUSA, 2008]. Flourentzou *et al.* (1999), Flourentzou *et al.* (2000) e Sousa (2008) afirmam ainda que têm vindo a ser desenvolvidos diversos programas e plataformas com vista ao estudo da durabilidade das construções e à recolha de dados que suporte essas estimativas, como por exemplo: o projecto MEDIC (*Méthode d'Évaluation de scénarios de Dégradation probables d'Investissements Correspondants*), o projecto PROBE (*Post-occupancy Review of Buildings and their Engineering*) ou o projecto INVESTIMMO.

Finalmente, destaca-se a importância que determinadas conferências, como, por exemplo, o ciclo de congressos *Durability of Buildings Materials and Components* (DBMC) organizado, sobretudo, através da parceria entre o RILEM, CIB e ASTM, têm na divulgação e reconhecimento das diversas metodologias associadas ao estudo da previsão da vida útil e do desempenho das construções.

## **1.6. Modelos aplicados na estimativa da vida útil**

Segundo Hovde (2004), a previsão da vida útil de um edifício, dos seus componentes ou materiais pode constituir-se como um processo de elevada complexidade e morosidade em que intervêm diversos factores específicos. Ainda assim, existem variadas metodologias utilizadas para modelar os dados relativos ao desempenho dos elementos, elaboradas a partir das características intrínsecas do material e do seu estado de degradação [GASPAR, 2002]. Os principais métodos utilizados, defendidos por vários autores como Hovde (2004) e Lacasse e Sjöström (2004), são divididos em três grupos: determinísticos, probabilísticos (também referidos como métodos estocásticos) e de engenharia. Estes métodos têm como princípio fundamental a estimativa da vida útil dos elementos a partir da modelação do desempenho dos componentes da construção e dos materiais [GARRIDO, 2010 e CHAI, 2011]. Esta diversidade de metodologias utilizadas é explicada, em grande parte, pela elevada subjectividade associada à previsão da vida útil que permite, assim, diferentes interpretações do problema em análise.

### **1.6.1. Métodos determinísticos**

Os modelos determinísticos, tal como o nome indica, fornecem estimativas determinísticas da vida útil dos materiais e componentes da construção. Segundo Gaspar (2002), estes métodos pautam-se pela identificação e análise dos factores envolvidos no processo de degradação dos elementos estudados nas suas condições de utilização espectáveis, pela compreensão dos seus mecanismos de acção e na sua quantificação traduzida na afectação de funções de durabilidade de referência. Assim, estas variáveis são integradas em fórmulas que permitem o reconhecimento das suas tendências de actuação ao longo do tempo, até ser atingido o valor mínimo de aceitação de desempenho do elemento analisado [GASPAR, 2002]. Destes métodos, resulta um valor absoluto indicativo da durabilidade do elemento analisado. Algumas das suas vantagens são a elevada operacionalidade e a facilidade e celeridade de aplicação em projectos reais, sendo comumente aceites na comunidade científica e servindo de referência para a norma ISO 15686 (2000). Contudo, estas metodologias têm sido objecto de variadas críticas

relativas à sua subjectividade e à simplicidade com que abordam a notória complexidade dos processos de degradação, entre outros aspectos [CECCONI, 2004 e GASPAR, 2009].

Um exemplo dos modelos referidos é o método baseado em curvas de degradação. Estas curvas pretendem traduzir o desempenho diferido esperado dos materiais e componentes ao longo do tempo, dependendo, fundamentalmente, do tipo e natureza dos fenómenos e mecanismos de degradação observados. Outro modelo muito difundido é o método factorial, cuja aplicação depende da identificação da vida útil de referência expectável do elemento ou do sistema analisado, ponderada por diversos factores modificadores representativos das condições observadas. Estes dois exemplos de métodos determinísticos serão amplamente abordados na presente Dissertação (Capítulo 4 e Capítulo 5).

### **1.6.2. Métodos probabilísticos ou estocásticos**

Os modelos estocásticos caracterizam-se por serem modelos que avaliam a evolução dos processos de degradação ao longo do tempo através do cálculo probabilístico ou matricial, apresentando como resultados intervalos de valores com probabilidades de ocorrência expectáveis. Estes métodos consideram a incerteza inerente ao processo e aos períodos de tempo considerados [RUDBECK, 1999; GASPAR, 2002 e GARRIDO, 2010]. Segundo Cecconi (2002), a probabilidade de deterioração é definida para cada propriedade durante um período de tempo definido. O autor defende também que estes modelos têm a vantagem de fornecer mais informação associada às estimativas, permitindo obter resultados mais relevantes. Ainda de acordo com Cecconi (2002) e Cecconi (2004), estes métodos, apesar de interessantes, exigem a inclusão de um elevado volume de dados, muito detalhados, sendo apenas rentáveis em projectos de larga escala devido à dificuldade na sua transposição para situações correntes. Gaspar (2002) identifica, assim, três argumentos principais que fundamentam a reduzida aplicabilidade destes métodos, sendo estes: a elevada complexidade dos modelos; a necessidade de uma considerável quantidade de informação relativa à degradação registada ao longo de um período relativamente longo de forma a ser credível e a elevada dependência do trabalho de campo.

Um dos métodos probabilísticos mais utilizados é a cadeia de Markov (*Markov Chain*). Segundo Noortwijk e Frangopol (2004) e Hovde (2004), este método consiste na aceitação da hipótese de um modelo de deterioração poder ser estabelecido a partir de um número limitado de condições e determinado a partir de variáveis aleatórias que possibilitam o reconhecimento de parâmetros probabilísticos relevantes. Este modelo distingue-se por ser apenas necessário conhecer e caracterizar o estado actual do objecto em estudo, possibilitando o desenvolvimento de estratégias associadas à gestão do risco e de optimização dos custos envolvidos [GARRIDO, 2010]. No entanto, e segundo vários autores, como Lounis *et al.* (1998), Cecconi (2002), Rudbeck (2002) e McDuling *et al.* (2008), este método peca por ser significativamente lento e dos seus resultados não serem facilmente reconhecíveis em situações reais. Outros exemplos dos métodos estocásticos são os *trend plots*. Introduzidos por Leira *et al.* (1999), estes são considerados como modelos expeditos, embora exijam um significativo volume de dados relativos ao processo de degradação de um determinado elemento e aos agentes intervenientes nesse processo.

### **1.6.3. Métodos de Engenharia**

Os métodos de Engenharia (*Engineering methods*) constituem-se como uma harmonização dos modelos determinísticos e probabilísticos [SILVA, 2009]. Gaspar (2002) defende que estes modelos, partindo de meto-

dologias mais expeditas (determinísticas), permitem realizar estimativas da vida útil de elementos, integrando um pouco da variabilidade associada à incerteza existente, sem se tornarem demasiado complexos. Assim, e como descrito por Cecconi (2002) e Moser (2004), estes são métodos de utilização mais simples e acessível, com menor necessidade de elevados volumes de informação, tal como os métodos determinísticos, mas que discriminam a perda de desempenho dos elementos com dados probabilísticos, identificando de forma mais analítica os processos de degradação e podendo controlá-los mais eficazmente [DANIOTTI, 2003]. Assim, estes métodos identificam-se pela aplicação de uma fórmula de durabilidade que integra todas as variáveis relevantes para a caracterização do processo de degradação do elemento ou conjunto de elementos, utilizando ainda uma distribuição probabilística de densidade para esses factores [MOSER, 2004].

Alguns exemplos destes métodos são os mais recentes desenvolvimentos do método factorial, que definem cada um dos seus factores modificativos como variáveis aleatórias [CECCONI, 2004], o método *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) e o método *Performance Limits Method*. O método FMEA, inicialmente introduzido no sector aeronáutico no início da década de 1960, foi transposto para o sector da construção, sendo a sua aplicação particularmente interessante na garantia da certificação dos produtos e elementos da construção [LAIR *et al.*, 2001]. De acordo com Talon *et al.* (2005), neste contexto de utilização, um dos principais propósitos deste método é identificar e listar os mecanismos que possam intervir na deterioração dos edifícios durante a fase de exploração, incorporando uma análise do nível de risco e definindo todos os eventuais modos de degradação, as suas causas e as consequências possíveis, aspectos estes, posteriormente integrados em cenários de degradação. Segundo Emídio (2012), este método pode ainda evoluir para uma análise semi-quantitativa (FMECA - *Failure Mode Effect and Criticality Analysis*), que utiliza escalas para determinar a probabilidade de ocorrência de erros e os seus efeitos, diminuindo assim os riscos qualitativos inerentes à aplicação do método FMEA. Já o método *Performance Limits Method* tem como objectivo fundamental avaliar a durabilidade dos componentes ou materiais através de simulações que caracterizam a evolução da degradação esperada ao longo do tempo, até que se atinja o seu limite físico ou de desempenho aceitável. Estas simulações promovem a inclusão dos agentes de degradação intervenientes no processo de uma forma menos complexa, não exigindo tanta quantidade de informação como nos métodos probabilísticos.

## **1.7. Organização da dissertação e descrição do seu conteúdo**

A estrutura da Dissertação consiste na sua organização em seis capítulos, facilmente distinguíveis entre si pela composição em três fases: a recolha de informação e pesquisa bibliográfica nos Capítulos 1 e 2; a recolha de dados através do trabalho de campo no Capítulo 3 e o desenvolvimento de metodologias para a estimativa da vida útil de ETICS e respectiva análise dos resultados nos Capítulos 4, 5 e 6. Assim, todos os capítulos são descritos resumidamente abaixo.

**CAPÍTULO 1 - Introdução:** neste capítulo, é realizada a introdução à temática da Dissertação, a sua justificação e a identificação das metodologias aplicadas no âmbito da previsão da vida útil, sendo ainda complementadas pela consideração do enquadramento normativo e da terminologia associada ao conceito de vida útil. São ainda definidos os objectivos e descritas a metodologia e estrutura da Dissertação.

**CAPÍTULO 2 - Caracterização dos revestimentos ETICS, principais anomalias e causas prováveis:** no segundo capítulo, são caracterizados os sistemas de isolamento térmico existentes no mercado, quanto à sua natureza e à sua composição, e são definidas as suas exigências funcionais e os métodos de preparação e aplicação adequados. São também identificadas as vantagens e desvantagens deste tipo de sistemas. É ainda proposto um sistema classificativo de anomalias comuns com o propósito de identificar e descrever as anomalias que ocorrem em fachadas com este tipo de revestimento. Adicionalmente, é proposta uma listagem das causas mais prováveis de cada anomalia.

**CAPÍTULO 3 - Trabalho de campo:** neste capítulo, são identificados e descritos todos os processos envolvidos no trabalho de campo (inspecções visuais), nomeadamente o levantamento da amostra com a apresentação da ficha de inspecção e diagnóstico e respectiva informação constante. É ainda realizada a descrição dos meios técnicos adoptados na recolha e registo de dados. Também é exposta a metodologia de investigação e de selecção da amostragem. Para tal, é analisada a amostra obtida por Ximenes (2012), de modo a identificar as idades e as características mais prováveis e as mais deficitárias, e é realizada a caracterização de amostras adicionais a complementar à existente. É também incluído um estudo sobre as anomalias detectadas e a sua classificação, definindo os seus níveis de degradação. Finalmente, é apresentada a análise de resultados e a fundamentação para a exclusão de amostras.

**CAPÍTULO 4 - Modelos de degradação - análise global da amostra:** neste capítulo, é exposta uma metodologia para a previsão da vida útil de ETICS a partir dos dados recolhidos através das inspecções visuais, baseado no modelo de Gaspar (2009). É apresentada a evolução da degradação (perda de desempenho) de ETICS através da representação de curvas de degradação, traduzidas em fórmulas de cálculo, articuladas com as diferentes características e condições da amostra total obtida, tendo em consideração a sua influência na degradação. Por fim, são analisados com rigor todos os resultados e determinada a vida útil de referência para o elemento em estudo a partir do modelo aplicado.

**CAPÍTULO 5 - Aplicação do método factorial:** neste capítulo, são avaliados os vários factores que influenciam a durabilidade dos ETICS, sendo propostos modelos que, a partir dos dados recolhidos, permitem estimar a vida útil de referência e a vida útil estimada e quantificar os referidos factores. Finalmente, apresenta-se os resultados e procede-se à sua discussão fundamentada, permitindo retirar conclusões no âmbito do tema em investigação.

**CAPÍTULO 6 - Conclusões:** neste capítulo final, pretende-se a obtenção e consolidação de resultados concretos de forma a ser possível definir conclusões gerais e parciais relativamente à temática desta Dissertação e, simultaneamente, confrontá-los com os objectivos inicialmente previstos. Além disso, são apresentadas ideias de desenvolvimento futuro no domínio de investigação.

**Bibliografia:** pretende-se, neste capítulo, apresentar todas as referências bibliográficas consultadas na elaboração da Dissertação.

**Anexos** - Em anexo encontram-se os dados complementares à investigação realizada na presente Dissertação. No anexo I, apresenta-se a estruturação da ficha de inspecção e diagnóstico utilizada no trabalho de campo; no anexo II, é apresentada a caracterização da zona e das construções analisadas e, no anexo III, é realizada a caracterização dos revestimentos analisados.

## 2. Caracterização dos revestimentos ETICS, principais anomalias e causas prováveis

### 2.1. Introdução

Os sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS apresentam diversas características que permitem melhorar o desempenho energético dos edifícios. São soluções eficientes e versáteis que envolvem, tipicamente, a aplicação de um material isolante fixo à envolvente plana vertical exterior do edifício, revestido com materiais que proporcionam uma maior resistência do sistema às agressões físicas e químicas, podendo ser aplicado, praticamente, em todo o tipo de edifícios. Desta forma, um devido isolamento térmico aplicado de forma contínua protege a integridade do edifício, permitindo o prolongamento da sua vida útil.

Na selecção dos materiais e do tipo de sistema mais adequado, é necessário considerar a satisfação das exigências de conforto higrotérmico, o local de implantação do edifício e a sua zona envolvente, o tipo de suporte e o revestimento mais adequado, entre outros. O sistema ETICS tem apresentado significativas perspectivas de evolução no mercado nacional. A Figura 2.1 alude a isso mesmo, observando-se um aumento da aplicação de ETICS nos últimos anos e particularmente no ano de 2013, o último com estatísticas. Apesar da pouco favorável conjuntura económica que se tem reflectido de forma crítica no sector da construção em Portugal, estes sistemas tem conquistado espaço no mercado, muito devido às imposições legais de comportamento térmico expressas no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). A estas exigências acrescentam-se as vantagens que estes sistemas integram em termos de sustentabilidade e da melhoria das condições térmicas, sem acréscimo do consumo energético. Atendendo a estas potencialidades, neste capítulo é realizado, de forma sumária, o enquadramento e a caracterização deste tipo de sistemas, os seus principais mecanismos de degradação e as causas presumíveis que lhe estão associadas.

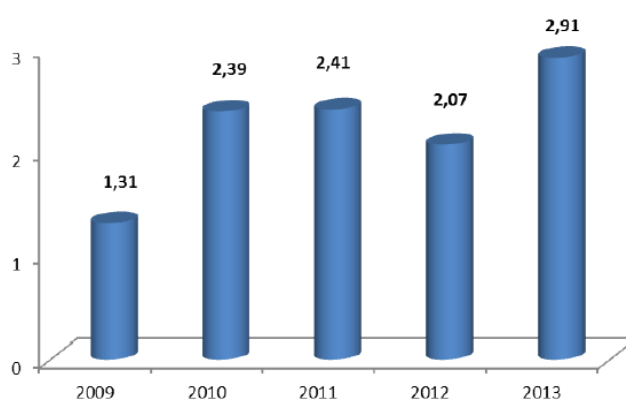


Figura 2.1. Mercado de ETICS em Portugal (milhões de m<sup>2</sup>) [FREITAS e MIRANDA, 2014]

### 2.2. Enquadramento histórico do sistema ETICS

O sistema de revestimento ETICS surgiu devido à imprescindibilidade de reduzir a energia desperdiçada e os consequentes impactes económicos que afectavam as construções, numa Europa intensamente desgastada pela 2ª Guerra Mundial. A difícil situação económica instalada e a escassez de combustíveis e derivados conduziu a um aumento do seu custo e previu a necessidade de sistemas que permitissem colmatar as deficiências de isolamento e atenuar as elevadas despesas com o aquecimento dos edifícios, no Inverno, e de arrefecimento, no Verão. Segundo

Freitas e Gonçalves (2005), ainda durante esta crise energética do final dos anos 60 e início dos anos 70, cresceu gradualmente o interesse pelo isolamento térmico pelo exterior, fundamentalmente pela poupança energética que promovia. Desta forma, os ETICS tornaram-se populares entre as empresas de construção e os utilizadores, devido à emergente consciencialização energética. Estes sistemas começaram por ser quase exclusivamente utilizados em edifícios comerciais, sendo paulatinamente adoptada a sua utilização em edifícios para habitação.

Diversos estudos realizados na época, como os desenvolvidos pelas empresas alemãs Badische Anilin & Soda-Fabrik (BASF SE) e Dryvit Systems Inc., indicavam que o isolamento térmico teria maior eficácia se fosse aplicado pelo exterior, permitindo também uma gestão mais racional dos recursos escassos e tornando a construção mais sustentável. Em 1920, Hermann Staudinger criou as primeiras amostras de poliestireno, cujo processo de fabrico foi desenvolvido pela empresa BASF SE em 1931, responsável também pela sua primeira produção comercial. Em 1929, a empresa Dow Chemical Company desenvolveu um método de fabrico de poliestireno sintético. No entanto, o conceito original deste método pode ser atribuído a dois cientistas, Carl Georg Munters e John Gudbrand Tandberg, que o patentearam em 1931. Na década de 40 do século XX, foi desenvolvido, na Suécia, um sistema de isolamento exterior de paredes constituído por uma camada de lã mineral aplicada sobre a superfície plana exterior da construção, revestida com um reboco de cimento e cal. Em 1952 foi também apresentada a primeira patente de placas de poliestireno expandido e, três anos mais tarde, a empresa alemã Sto AG foi pioneira no fabrico e utilização de revestimentos com resinas sintéticas em fachadas.

Segundo vários autores, como Major (1995), ou como referido na publicação Dryvit Sold (1990), a responsabilidade pelo desenvolvimento dos sistemas de reboco delgado armado sobre poliestireno expandido moldado (EPS), tal como é actualmente mais correntemente utilizado, deve-se a Edwin Horbach. Posteriormente, Horbach formou a sua empresa em Estugarda, Alemanha, após associar-se a um fabricante alemão de poliestireno expandido. Foi neste país, nos finais da década de 50, que se iniciou a aplicação deste sistema, recorrendo ao EPS como material de isolamento térmico pelo exterior. O primeiro uso doméstico, também naquele país, deu-se no início da década seguinte. Em meados da década de 60, depois de algumas alterações na forma de aplicação e em relação à pormenorização construtiva, para promover a adaptação do sistema ao tipo de construção, ao mercado existente e às restrições económicas do país, Frank Morsilli, fundador da empresa Dryvit Systems Inc., introduziu o sistema desenvolvido por Horbach nos Estados Unidos da América. Em 1988, a UEAtc (*Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction*) desenvolveu as primeiras directivas sobre os ETICS com recurso a EPS. Em 1992, foi criado um guia técnico, mas desta vez referente ao uso de lã de rocha [AMARO, 2011]. Foram criados, assim, os primeiros documentos normativos uniformizados referentes a estes sistemas.

Apesar de inicialmente implantado na década de 70, só em meados da década de 90 se verificou uma generalização do recurso ao sistema de isolamento ETICS em Portugal. Este atraso deveu-se a fracos resultados iniciais, causados, sobretudo, pela manifestação de diversas anomalias nos primeiros sistemas de isolamento [OLIVEIRA, 2011]. Estas anomalias estavam associadas, principalmente, a defeitos de aplicação. Ainda no início da década de 90, surgiu o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que apresentou novas directivas europeias respeitantes às exigências a nível energético e desempenho térmico.

Considerando também a necessidade de standardização nos diferentes países da Europa, surgiram diversos docu-



mentos normativos, nomeadamente o *Avis Techniques* em França, *BBA Agreement* no Reino Unido e o *Documento de Homologação* em Portugal [XIMENES, 2012]. Em 2000, surgiu o ETAG 004 - *Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering*, um guia técnico para sistemas ETICS, da responsabilidade da EOTA (*European Organization for Technical Approvals*), aparecendo, mais tarde, as aprovações técnicas europeias referentes a ETICS. Importa referir que, a nível nacional, a responsabilidade pelas aprovações técnicas de ETICS, a avaliação de aptidão, a realização de ensaios e respectiva acreditação dos resultados é do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), um organismo membro da EOTA [XIMENES, 2012].

Na tentativa de cumprir os compromissos acordados em Quioto (redução das emissões energéticas), e tendo em consideração que o sector dos edifícios tem a responsabilidade pelo consumo de, aproximadamente, 40% da energia final na Europa, a União Europeia publicou, em 2003, a directiva n.º 2002/91/CE (revista em 2010), a qual designa como princípio que os estados membros da EU devem articular e validar um sistema de certificação energética que permita obter referências sobre a qualidade térmica dos edifícios [AMARO, 2011]. Com este conjunto de medidas, os Estados-membros têm em vista promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios, bem como a sensibilização para o facto de que mais de 50% do consumo pelos edifícios pode ser diminuído através de políticas de eficiência energética, podendo representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> (quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto).

A 1 de Julho de 2006, foi implementado, a nível nacional, o Sistema Nacional de Certificação Energética dos Edifícios e da Qualidade de Ar Interior (SCE), tendo marcado uma nova fase na legislação Portuguesa. Este sistema, obrigatório em edifícios habitacionais e comerciais, tem dois grandes objectivos: poupar energia e proteger o ambiente através da classificação dos edifícios quanto à sua eficiência energética e definindo os consumos esperados de energia. A ADENE - Agência Portuguesa para a Energia - é a entidade gestora do SCE, sendo o processo supervisionado pela Direcção Geral de Energia e Geologia e pela Agência Portuguesa do Ambiente. Actualmente, encontra-se em vigor o RCCTE, revisto, aprovado e publicado no Decreto-Lei n.º 159/2013 de 20 de Agosto.

### **2.3. Exigências funcionais a cumprir pelos sistemas ETICS**

O isolamento térmico possui várias exigências de desempenho, entre as quais se destacam, sumariamente:

- a segurança na utilização e segurança contra incêndio;
- a habitabilidade (conforto higrotérmico, visual e acústico, estanqueidade, estabilidade e qualidade do aspecto);
- a aptidão ao serviço, nomeadamente em termos de resistência mecânica, à temperatura, humidade e retracção;
- a higiene, saúde e protecção do ambiente;
- a durabilidade;
- a economia de energia e retenção de calor.

É necessário ainda que os materiais adoptados sejam compatíveis com os restantes materiais existentes nas soluções construtivas das paredes exteriores, de forma a garantir um adequado desempenho. De acordo com Fernandes (2010), as características do material isolante são determinadas pela sua dimensão, condutibilidade ou resistência térmica, comportamento em presença de água, reacção ao fogo e teor em substâncias nocivas. A sua durabilidade depende, igualmente, do seu comportamento mecânico. Estas propriedades influenciam a escolha do material,

optando-se por um que apresente maiores potencialidades. Bojan e Aciu (2014) referem ainda que os resultados obtidos, em termos do cumprimento das exigências funcionais dos sistemas de isolamento térmico pelo exterior, dependem, significativamente, da qualidade e do cuidado na sua execução.

A Organização Europeia de Aprovações Técnicas (EOTA) publicou o guia ETAG 004, onde foram estabelecidas as directrizes para a aprovação técnica de ETICS, nomeadamente os ensaios e requisitos de execução e desempenho do sistema em função da sua utilização previsível. Desta forma, os critérios de avaliação do cumprimento pelos sistemas ETICS dos requisitos funcionais fundamentais definidos pela Directiva dos Produtos da Construção 89/106/CEE - CPD e expressos pelo documento ETAG 004 estão reunidos na Tabela 2.1, organizada por Saraiva (2011). É necessário salientar que todas as exigências fixadas para o sistema e seus elementos constituintes deverão ser satisfeitas durante a sua vida útil, para as utilizações e solicitações a que estiver submetido.

**Tabela 2.1. Requisitos funcionais e respectivos critérios de análise definidos pelo ETAG 004 para sistemas ETICS [adaptado de SARAIVA, 2011]**

<b>Exigências funcionais</b>	<b>Parâmetros de análise</b>
<b>ER1 - resistência mecânica e estabilidade</b>	Não se aplicam a revestimentos do tipo ETICS, devido ao seu carácter não estrutural. É necessário que o sistema possua resistência mecânica, parâmetro que se insere no requisito ER4 - segurança na utilização.
<b>ER2 - segurança contra risco de incêndio</b>	A determinação das classes europeias de reacção ao fogo (de A a F) varia de acordo com as especificações definidas na EN 13501-1 adoptada na regulamentação nacional de segurança contra incêndios através do DL n.º 220/2008.
<b>ER3 - higiene, saúde e ambiente</b>	O sistema deve ter capacidade de impedir a entrada de água para o interior da parede, independentemente da origem da mesma, sejam problemas de condensações internas, da humidade do ar ou do solo, da chuva ou da neve. Deverá ser possível o apoio de equipamentos de manutenção correntes, sem provocar danos ao sistema (por rotura ou perfuração) e este ainda deverá ter capacidade de se manter funcional após a ocorrência de choques. Para verificação, deverá sujeitar-se o ETICS a testes de avaliação da porosidade, estanqueidade, permeabilidade ao vapor de água e resistência aos impactos. Adicionalmente, o sistema deve garantir a não emissão de substâncias poluentes e perigosas para o ambiente exterior, devendo respeitar as taxas limite definidas pelo regulamento em vigor.
<b>ER4 - segurança na utilização</b>	Durante o período de vida útil do sistema, não deverão verificar-se problemas de falta de aderência entre camadas, nem entre o próprio sistema e o suporte. O sistema ETICS deverá manter-se estável e resistente à acção de cargas normais, tais como o vento, movimentos na estrutura do edifício, deformações devido a fenómenos como a retracção ou variações de temperatura, entre outros.
<b>ER5 - protecção contra o ruído</b>	Não é exigido ao sistema preencher este requisito, uma vez que o mesmo é da responsabilidade da parede onde está aplicado o sistema.
<b>ER6 - economia de energia e retenção de calor</b>	O sistema deve contribuir para uma economia de energia através da redução das necessidades de aquecimento e de arrefecimento (respectivamente, no Inverno e no Verão). A resistência térmica deverá ser avaliada consoante cada caso, respeitando as exigências do RCCTE (2013).

## **2.4. Constituição e definição da tecnologia utilizada**

O sistema compósito de isolamento térmico pelo exterior, conhecido pela sigla ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*), a partir da terminologia anglo-saxónica, é um dos casos particulares de soluções de isolamento térmico aplicáveis em paredes exteriores. É uma solução com grande aceitação devido à sua versatilidade, à relativa facilidade de aplicação, ao seu contributo no desempenho energético e no conforto térmico e higrotérmico e na durabilidade das construções e das suas partes. O sistema ETICS é tradicionalmente composto por camadas com determinada disposição e diversos materiais, sendo que a escolha da sua composição

depende do nível de isolamento, resistência mecânica e acabamento final que se pretende, devendo, no entanto, respeitar os respectivos documentos de homologação.

O suporte é a superfície plana exterior de paredes onde é aplicado o sistema e que não deve estar exposta a precipitação. Segundo vários autores, nomeadamente Freitas e Gonçalves (2005) e Moura (2012), podem ser utilizados diversos materiais em suportes como: blocos de betão leve com argila expandida, alvenaria de tijolo, alvenaria com reboco de ligantes hidráulicos, blocos de betão, pedra ou betão celular autoclavado e painéis pré-fabricados de betão. Podem ainda ser suportes rebocados, pintados ou com revestimentos orgânicos ou minerais, desde que estejam apropriadamente preparados, sem humidade e isentos de sujidade ou matérias que possam prejudicar a aderência e desempenho.

Normalmente, o sistema inclui uma camada de isolamento térmico aplicado na face exterior da parede, com recurso a um produto de colagem (podendo incluir fixações mecânicas pontuais) ou fixada mecanicamente (podendo incluir colagem complementar).

O produto de colagem apresenta-se comumente na forma de pó pré-doseado em fábrica, ao qual se adiciona apenas água ou pode ser fornecido em pó com necessidade posterior de mistura com uma resina ligante sintética em dispersão aquosa. Pode também ser fornecido em forma de pasta já pronta ou à qual se adiciona uma determinada quantidade de cimento Portland. Como refere Saraiva (2011), estes produtos devem ser aplicados sobre as placas isolantes (numa camada contínua, em bandas ou através de pontos), mas nunca devem ser aplicados no preenchimento das juntas, devido à sua inadequação para o efeito.

Nos sistemas fixos mecanicamente, a ligação entre o isolante e o suporte pode ser constituída por ancoragens directas ou por perfis metálicos fixos ao suporte, nos quais são colocadas as placas de isolante. De acordo com Freitas e Miranda (2014), os fixadores mecânicos podem ser buchas de plástico com cabeça circular com, pelo menos, 50 mm de diâmetro e com um elemento de expansão (prego ou parafuso) no seu interior, devendo os parafusos ser protegidos com produtos anticorrosivos. Este tipo de fixação é particularmente indicado em casos de exposição severa a ventos fortes ou em casos de aplicação de revestimentos cerâmicos ou em pedra.

As placas isolantes podem ter uma espessura variável definida pela interacção entre os vários parâmetros que configuram a avaliação do comportamento térmico do edifício, sendo que em Portugal as espessuras mais correntes são da ordem de 40 a 60 mm. O material de isolamento térmico mais utilizado a nível nacional é o EPS (poliestireno expandido moldado), mas também são utilizados o XPS (poliestireno expandido extrudido), a lã mineral e o ICB (placas de aglomerado de cortiça expandida), este último de origem vegetal. As placas utilizadas devem ainda ser ignífugas, devem reduzir a transmissão térmica, ter bom comportamento à água, apresentar estabilidade dimensional e um módulo de elasticidade transversal reduzido, entre outras exigências funcionais.

De uma forma geral, sobre a superfície dos painéis de isolante aplica-se uma camada de base, pouco espessa, constituída por uma argamassa de cimento modificada com resinas sintéticas ou mistas (sintéticas e minerais). Nos sistemas colados, o produto utilizado como camada de base é, correntemente, também usado como produto de colagem. Estes produtos permitem ainda conferir alguma protecção à entrada de água no sistema [VEIGA e MALANHO, 2012].

Incorporada na camada de base encontra-se uma armadura em rede flexível de material fibroso que confere uma melhoria da resistência à fendilhação (decorrente da acção das tensões que se manifestam devido a variações térmicas diferenciais), a melhoria da tenacidade, a restrição das variações dimensionais da camada de base e o reforço da resistência mecânica aos impactos [SARAIVA, 2011, citando PEREIRA *et al.*, 2007]. Esta armadura contínua é geralmente de fibra de vidro e com uma malha de abertura entre 3 e 5 mm, de redes tecidas ou termo-coladas e sujeitas a um processo de tratamento de protecção antialcalina contra a agressão do PH básico da argamassa de cimento no qual é inserida. As armaduras podem ainda ser reforçadas e constituídas por outros materiais, nomeadamente por fibra de carbono ou plástico.

Como refere Freitas (2002), se for necessário, pode ainda ser utilizado um primário de regularização, pouco espesso, aplicado sobre a camada de base e compatível com esta, formulado à base de resinas ou polímeros sintéticos em solução aquosa. Os seus principais objectivos são uniformizar a superfície em que será aplicado o revestimento e conferir uma melhor compatibilidade e aderência da camada de base à camada de acabamento, regulando também a absorção.

Finalmente, à superfície, a camada de acabamento também pode ser constituída por diversos materiais. Os mais correntemente utilizados são os revestimentos por pintura com tintas, revestimentos plásticos espessos (RPE) de ligante sintético, revestimentos de ligantes minerais ou mistos, revestimentos de silicatos, revestimentos descontínuos, de madeira, de ladrilhos cerâmicos, placas pétreas ou outros. O acabamento final tem funções decorativas e de protecção, promovendo a resistência aos choques, a protecção contra as solicitações climáticas e a estanqueidade à água do sistema, sem reduzir significativamente a permeabilidade ao vapor de água [VEIGA e MALANHO, 2010]. Além disso, deve ser flexível, mecanicamente durável e resistente à radiação solar e ao desenvolvimento biológico. O acabamento deve ser, preferencialmente, de cores claras que têm maior reflectância à luz solar, minimizando assim as tensões no interior do sistema e as variações dimensionais de origem térmica.

Salienta-se ainda a utilização de diversos acessórios que promovem a ligação com elementos construtivos e asseguram o reforço em zonas específicas ou de discontinuidades no sistema, entre outras utilidades. Assim, Freitas (2002) e Saraiva (2011) indicam como elementos tradicionalmente utilizados os perfis em alumínio ou aço inoxidável para capeamentos, peitoris e perfis de arranque e perfis em zinco para rufos. Para a protecção das arestas, remates e cantos salientes, utiliza-se cantoneiras de reforço em alumínio anodizado ou pré-lacado (reforçado ou não com rede de fibra de vidro), PVC ou aço inoxidável.

Para conferir protecção contra a penetração de água em zonas de discontinuidade, como juntas de dilatação, pode-se utilizar perfis cobre-juntas. Amaro (2011) realça a importância da selecção adequada do material de preenchimento das juntas através do reconhecimento da sua compatibilidade com o isolante do sistema, devendo ser utilizados mastiques plásticos (acrílicos ou butílicos), elastómeros de primeira categoria ou cordões de espuma impregnada pré-comprimida.

A Figura 2.2 representa a composição esquemática de uma solução clássica de um sistema de isolamento exterior em fachadas do tipo ETICS [WEBER, 2012], baseado em placas de poliestireno expandido moldado (EPS).

Segundo Amaro (2011), a resistência mecânica do sistema pode ser aumentada consideravelmente através da

utilização de acabamentos em silicone e carbono e armaduras em fibra de carbono. O recurso a ladrilhos cerâmicos como solução de acabamento permite contornar a significativa vulnerabilidade do sistema a impactos, apesar de ser mais dispendioso e de obrigar a um aumento do peso próprio do sistema.

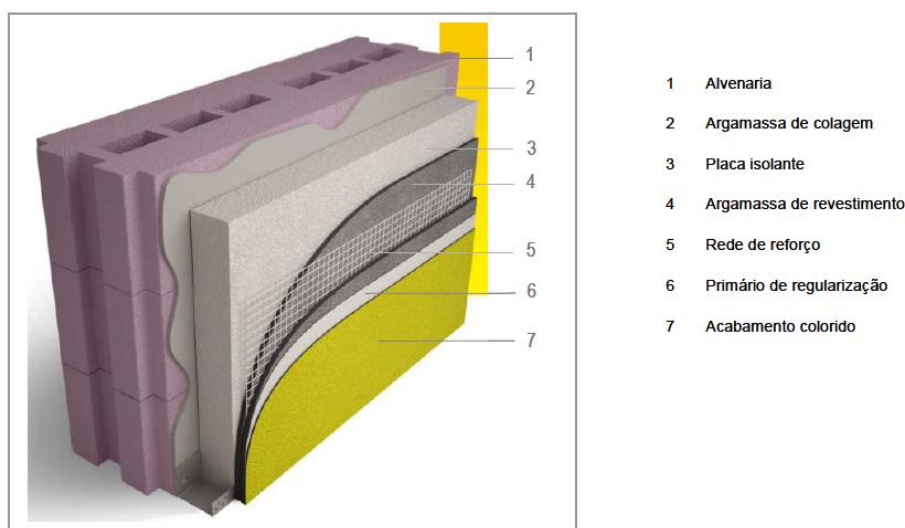


Figura 2.2. Composição esquemática de um sistema tipo ETICS [WEBER, 2012]

A mesma autora distingue, então, quatro tipos de sistemas:

- tradicional - sistema composto por placas de isolamento com EPS, armadura de fibra de vidro e acabamento simples e rugoso (exemplo ilustrado na Figura 2.2);
- reforçado - quando existe aplicação dupla de armadura;
- resistente - quando se utiliza materiais que promovem uma maior resistência mecânica do sistema, como, por exemplo, malha de fibra de carbono;
- cerâmico - sistema com elementos cerâmicos como solução de acabamento.

Saraiva (2011) refere que uma solução corrente do sistema ETICS é designada por *barrier*. Esta técnica assegura, simultaneamente, o isolamento térmico e a protecção contra as solicitações climatéricas, uma vez que funciona como barreira de difícil transposição. No entanto, é crítica a penetração de água para o interior e o humedecimento do sistema [PENCILLE, 2000]. Tendo esta água maior dificuldade em sair, a degradação dos constituintes do sistema é inevitável. Assim, surge um sistema drenante, designado por *drainage* que, para além das funções da *barrier*, incorpora ainda uma barreira impermeável e um sistema de drenagem através de uma cavidade formada entre a placa isolante e a estrutura de suporte, podendo também recorrer-se à aplicação de espaçadores [SARAIVA, 2011].

## 2.5. Métodos de aplicação e respectivos cuidados

Considerando que esta temática não é essencial no âmbito do trabalho desenvolvido, já tendo sido alvo de descrição detalhada em diversos documentos técnicos e trabalhos como os de Freitas e Gonçalves (2005), Fernandes (2010), Amaro (2011), Mendão (2011) e Saraiva (2011), apenas se inclui uma breve referência sobre algumas das regras e cuidados fundamentais na aplicação do sistema ETICS.

Salienta-se ainda o facto de ser sempre necessário consultar os documentos e especificações técnicas fornecidos pelo fabricante ou fornecedor, respeitando o faseamento proposto e as normas de dosagem, tempo de

repouso e aplicação dos materiais e acessórios, incluindo as condições de temperatura e humidade relativa recomendáveis. Em intervenções de conservação ou reabilitação e ainda na aplicação de acabamentos pétreos ou cerâmicos, deverão ser considerados cuidados adicionais.

Assim, alguns cuidados a ter na aplicação de sistemas ETICS são:

- a fixação adequada de andaimes e de outros dispositivos de protecção e auxílio ao procedimento de aplicação, com vista à satisfação das necessidades de segurança;
- preparação do suporte, em que deve ser garantida a sua estabilidade. Este deve ser limpo, desengordurado e isento de sujidades e partículas desagregadas, não devendo estar húmido (período de secagem mínimo de 30 dias para alvenarias e 45 dias para betão, sem chuva incidente nas fachadas). Em reabilitação, é conveniente que não existam irregularidades significativas nem a presença de desenvolvimento biológico nas superfícies a revestir, tendo o sistema que ser compatível com o revestimento existente. Se for imprescindível proceder à regularização do suporte, tal deve ser feito com um reboco compatível com as características do produto utilizado na colagem;
- os perfis de arranque e laterais devem ser fixos mecanicamente ao suporte (neste caso com parafusos adequados ao paramento), servindo de referência para a aplicação das placas isolantes (colocados no limite inferior da zona onde será aplicado o isolante). A sua disposição e o afastamento entre parafusos devem ser concordantes com as recomendações técnicas aplicáveis pelo fornecedor;
- logo após a adequada preparação e aplicação do produto de colagem, deve ser realizada a fixação das placas isolantes ao suporte, que devem ser regulares e estáveis. Pode ainda haver necessidade de recorrer a meios mecânicos de fixação;
- a colagem pode ser aplicada de forma contínua sobre a superfície das placas de isolante ou pode ser repartida parcialmente por bandas ou parcialmente por pontos (Figura 2.3). A colagem contínua é recomendada para suportes com a superfície regularizada e, tal como o nome indica, a cola é aplicada de forma contínua e homogénea sobre a superfície das placas através de uma talocha dentada. Na colagem parcial por bandas (também designada como método de pontos e cordão perimetral ou periférico), a cola é aplicada de forma a formar uma banda em todo o contorno da placa e duas faixas dispostas em forma de cruz no seu centro. A colagem parcial por pontos resume-se à distribuição regular da cola por "pontos" de idêntica espessura na superfície da placa;
- a colagem parcial é particularmente recomendada para suportes que apresentem irregularidades pouco significativas (inferiores a 1 cm), sendo que a cola deve ser distribuída, no mínimo, em 40% da superfície do isolamento [EAE, 2011]. Em todos os métodos de colagem, deverá ser deixada uma faixa ao longo do perímetro da placa que diste aproximadamente 2 cm dos bordos, evitando que o produto utilizado preencha as juntas entre placas contíguas, evitando o eventual aparecimento de pontes térmicas;
- as placas devem ser colocadas topo a topo, em fiadas horizontais e com as juntas desencontradas, tanto em zona corrente como na zona dos cunhais. As juntas das placas devem estar desfasadas também das descontinuidades do suporte e das juntas entre perfis de arranque ou laterais. Finalmente, Freitas (2002) refere que o sistema deverá ser descontinuado nas juntas de dilatação do edifício, devido a eventuais problemas de fissuração. Se existirem lacunas expressivas entre placas, estas devem ser preenchidas com tiras do material isolante utilizado nas placas [EAE, 2011];



**Figura 2.3. Métodos de aplicação do produto de colagem [MENDÃO, 2011]**

- os pontos singulares devem ser reforçados, recorrendo-se a acessórios específicos como cantoneiras, armaduras e perfis de reforço, capeamentos, entre outros, colando-os directamente às placas isolantes. Devem ainda ser reforçados os cantos dos vãos e a zona das juntas entre perfis de arranque com faixas de armadura sobre o painel isolante. Estas singularidades devem ser devidamente discriminadas em projecto e respeitadas na fase de execução;
- a primeira demão da camada de base deve ser aplicada logo após a secagem da cola para evitar a degradação superficial do isolante. A sobreposição da armadura não deverá ser inferior a 10 cm entre zonas contíguas e deverá envolver as arestas que estejam reforçadas com cantoneiras. A armadura antialcalina é incorporada com esta demão ainda fresca. Após a secagem da primeira camada, é aplicada outra camada que permita recobrir toda a rede armada; se necessário, pode ser aplicada uma camada de primário (no mínimo 24 h depois da camada de base), recorrendo a rolo ou trincha;
- finalmente e depois de seca a camada base, aplica-se o acabamento final seleccionado, não devendo ter espessura inferior a 1,5 mm [EAE, 2011].

Importa enfatizar que todos os materiais utilizados devem ser sujeitos a procedimentos de homologação e, em obra, devem ser armazenados em ambientes protegidos.

A aplicação do sistema não deve ser realizada em condições climatéricas adversas, como períodos de chuva e neve, de temperaturas inferiores a 5 °C ou superiores a 30 °C, ventos fortes ou radiação solar demasiado intensa [FREITAS, 2002]. Deve ainda garantir-se a compatibilização entre todos os elementos constituintes do sistema e a sua aderência. Em zonas mais acessíveis, o sistema ETICS pode ainda ser reforçado adicionalmente para obter acréscimo de resistência mecânica.

## **2.6. Vantagens e inconvenientes dos sistemas de isolamento térmico pelo exterior**

Sendo considerado um sistema inovador, a utilização dos ETICS revela-se vantajosa quer ao nível energético, quer ao nível da construção. Como refere Pessoa (2011), uma significativa parte da energia nos edifícios é desperdiçada através de pontes térmicas (zonas onde existe maior transferência de calor), principalmente devido a propriedades distintas dos materiais utilizados (por exemplo, condutibilidades térmicas diferentes), e também na ligação entre diferentes elementos construtivos como topos de laje, caixas de estore, vigas, pilares e ombreiras de janelas e portas. A eficiência dos ETICS advém deste tipo de isolamento térmico ser colocado pelo exterior e de forma contínua, diminuindo significativamente as pontes térmicas de forma uniforme e, consequentemente, reduzindo o risco de condensações superficiais no interior do edifício e de gradientes térmicos nas diferentes zonas (que podem propiciar a fixação de agentes biológicos). Assim, a redução das pontes térmicas conduz a menores amplitudes térmicas dos materiais existentes.

No Inverno, a maior inércia térmica no interior proporciona uma maior conservação do calor (proveniente do ganho solar útil) dentro do edifício, evitando a redução da temperatura interna. No Verão, o isolamento térmico capacita a regulação da temperatura interior, retardando a entrada de calor na massa interior das paredes e permitindo evitar o sobreaquecimento. Durante a noite, quando as temperaturas são mais reduzidas, o calor é libertado, possibilitando a ventilação natural através das janelas. A diminuição das necessidades de aquecimento no Inverno e de arrefecimento no Verão permite, assim, reduzir os gastos em energia [FREITAS, 2002].

Outras vantagens são a introdução de menores variações térmicas no suporte e a contribuição significativa do sistema para a estanqueidade das paredes, pois, como Saraiva (2011) refere, a camada de base com armadura embebida constitui-se como um impedimento à entrada de água.

Estes sistemas funcionam também como uma protecção das fachadas relativamente às solicitações climatéricas (água das chuvas, neve, choques térmicos, exposição solar, entre outros), pois é o material isolante que terá de resistir directamente a estes agentes, sofrendo maior deterioração e adulteração das suas características originais [XIMENES, 2012].

A nível construtivo, obtém-se uma estrutura aligeirada, uma vez que se reduz o peso das paredes e as cargas permanentes sobre a estrutura [MENDÃO, 2011]. Devido à sua versatilidade, os ETICS pelo exterior permitem também uma elevada liberdade e variedade de acabamentos, não sendo o aspecto final limitado.

Por serem aplicados pelo exterior, também não reduzem a área interior, em casos de reabilitação, sendo reconhecido que se obtêm resultados idênticos aos obtidos com um sistema de isolamento térmico na caixa-de-ar. Adicionalmente, consegue-se proceder à colocação dos ETICS sem ser de forma invasiva, produzindo perturbação mínima para os utilizadores. Em construções novas, tal permite ainda algum aumento da área habitável.

Apesar de todas estas vantagens, existem alguns casos em que não é recomendável a utilização deste tipo de sistemas como, por exemplo, quando não se deve alterar a aparência estética do edifício (por exemplo, em edifícios antigos e/ou protegidos) ou quando não é admissível a diminuição da capacidade de evaporação da água do interior para o exterior da parede (por exemplo, em paredes antigas com ascensão de água capilar), pois pode acelerar os processos de degradação [VEIGA e MALANHO, 2014]. Existem também limitações na aplicabilidade dos sistemas ETICS na reabilitação, particularmente quando os edifícios apresentam muitas saliências, peitoris, adornos ou recortes.

Outros condicionantes representativos são o elevado custo inicial comparativamente a outras soluções de revestimento, a elevada tendência para o desenvolvimento biológico e a susceptibilidade à fendilhação por variações termo-higrométricas, relacionados, essencialmente, com a sua constituição.

Existem ainda carências relacionadas com: a exigência de pormenorização rigorosa, nomeadamente em zonas com existência de aberturas e saliências na geometria das paredes; a necessidade de reforço em pontos singulares e em zonas mais frágeis da fachada; a aplicação do sistema pode ser restringida pelas condições climatéricas existentes (a temperatura ambiente adequada para o efeito deve estar entre 5 e 30 °C com humidade relativa inferior a 80%) e pela elevada sensibilidade à qualidade da aplicação; a reduzida resistência e a vulnerabilidade ao choque e perfurações, sobretudo em zonas acessíveis; a elevada frequência de anomalias por falta de



planeza; a sensibilidade ao vento forte; a reacção ao fogo elevada devido à utilização de materiais combustíveis como o EPS ou XPS e ainda a exigência de mão-de-obra especializada na sua aplicação. As reparações localizadas são também, muitas vezes, acções de complexa execução e dissimulação.

O bom desempenho dos sistemas é essencial para garantir a sua eficiência e daí a necessidade de preservação e do planeamento de intervenções de manutenção.

## **2.7. Sistema classificativo e caracterização de anomalias frequentes em ETICS em paredes exteriores**

Este subcapítulo é dedicado à identificação e caracterização das anomalias mais frequentes em fachadas revestidas com sistemas ETICS. Apesar da relevância do tema, será realizada apenas uma breve descrição destas manifestações patológicas e das suas causas prováveis, pois toda a informação já foi exaustivamente documentada e compilada por diversos autores, nomeadamente Amaro (2011), Lopes (2005), Saraiva (2011) e Ximenes (2012).

Desta forma, distinguem-se três grupos de anomalias correntes em sistemas ETICS: anomalias de perda de continuidade e aderência, manchas e alterações cromáticas ou de textura e, finalmente, deficiências de planeza e irregularidades na superfície. Estas anomalias podem afectar o desempenho e a capacidade funcional, a segurança na utilização (sobretudo nos casos mais graves de falta de aderência) e também a aparência estética das fachadas revestidas pelo sistema.

### **2.7.1. Perda de continuidade e aderência - anomalias de rotura dos materiais**

Este grupo de anomalias refere-se, tal como o nome indica, à ocorrência de casos em que se verifica a rotura dos materiais constituintes do sistema, podendo afectá-lo em profundidade ou apenas superficialmente, sendo estes fenómenos susceptíveis de prejudicar o seu comportamento, integridade e desempenho. Neste grupo, inserem-se anomalias que reflectem a acção de determinadas solicitações de natureza mecânica. De acordo com Saraiva (2011) e Ximenes (2012), as causas e origem deste tipo de anomalias atribuem-se à acção humana, voluntária ou acidental, e a erros decorrentes, sobretudo, da fase de aplicação do sistema ETICS.

#### **2.7.1.1. Fissuração**

A fissuração é uma anomalia comum e facilmente identificável na superfície das fachadas, podendo apresentar diferentes configurações (Figura 2.4). As suas características variam de acordo com o tipo de descontinuidade, a sua localização particular no elemento, a existência ou não de orientação preferencial, a sua tipologia, distribuição, profundidade, extensão, abertura e nível de estabilização. Apesar de muitas vezes exibirem um aspecto inofensivo e pouco relevante, estas anomalias são bastante complexas. A sua complexidade manifesta-se não só pelo facto de aparecerem em todo o tipo de paramentos e com as mais variadas formas, mas também pelo facto de a sua severidade ou grau de abertura poderem ser factores propícios à entrada e acumulação de água, ar e sujidade, que poderão promover a rápida degradação dos constituintes do sistema ETICS e, numa situação limite, de toda a fachada.

Tal como refere Amaro (2011), estas descontinuidades podem distinguir-se em fissuras superficiais, se tiverem aberturas reduzidas com orientação pouco definida e afectarem apenas a camada de revestimento; e fissuras em profundidade, se atingirem diversas camadas e afectarem a armadura do sistema, sendo, geralmente, caracterizadas por espessuras maiores. A sua ocorrência pode dever-se a eventuais erros ou omissões decorrentes da fase

de concepção, à ausência de cuidados especiais, a erros da mão-de-obra ou utilização de materiais pouco adequados ou contaminados na fase de execução. Na fase de utilização, a fissuração pode resultar de acções exteriores como movimentos estruturais ou impactos no revestimento, particularmente nas zonas acessíveis.

Relativamente aos erros de execução, provavelmente o que será mais habitualmente corrente e mais facilmente reconhecido será a insuficiência ou ausência de armadura nos cantos dos vãos de aberturas nas paredes. Devido à concentração de esforços nestes locais e não existindo reforço específico que impeça a fissuração, existe forte tendência para o seu aparecimento e evolução, ainda que tendo, normalmente, uma extensão curta.

Pode ainda referir-se outros erros correntes que contribuem para o aparecimento desta anomalia, entre os quais se destacam: a ausência de juntas entre os elementos ou a sua deficiente execução; a aplicação de revestimentos de cores escuras ou grande contraste de cores que podem provocar choques térmicos diferenciais, principalmente em locais de radiação solar elevada e, conseqüentemente, conduzir à abertura de fissuras; a inobservância das recomendações de fabricantes relativamente ao procedimento de aplicação, preparação, dosagem e mistura de materiais; inexistência de juntas de dilatação definidas em projecto ou sem estarem correctamente vedadas e a insuficiente ou excessiva espessura da camada de base.



Figura 2.4. Exemplos de fissuração em sistemas ETICS

#### 2.7.1.2. Deterioração do recobrimento das cantoneiras de reforço

De acordo com Amaro (2011), as cantoneiras de reforço são perfis metálicos destinados a conferir protecção às zonas laterais, inferiores e superiores do sistema ETICS, caracterizadas pela saliência de arestas e cantos. Estas superfícies apresentam maior sensibilidade e fragilidade a acções mecânicas, nomeadamente a impactos (acidentais ou mesmo resultantes de actos vândalos ou negligentes), sendo, por isso, necessário o reforço nestas zonas.

Como referem Saraiva (2011) e Ximenes (2012), esta anomalia apresenta-se, geralmente, na forma de fissuração longitudinal (à esquerda na Figura 2.5), cuja extensão se desenvolve de forma evidente nas arestas salientes e pode, numa fase posterior, evoluir para destacamentos da camada de recobrimento (ilustrado na Figura 2.5). Uma das principais causas para a ocorrência deste tipo de fenómenos é a deficiente execução do sistema, sendo que um dos procedimentos praticados de forma recorrente e errónea é a aplicação de espessura insuficiente da camada de recobrimento, que prejudica a resistência e a durabilidade do sistema. Para além disso, a utilização de materiais pouco adequados, nomeadamente produtos não homologados, resultam, muitas vezes, em ineficaz desempenho do sistema com conseqüente aumento da vulnerabilidade face a acções exteriores. Esta anomalia pode também reflectir incompatibilidades térmicas de dilatação e contracção entre a cantoneira e o revestimento.



**Figura 2.5. Fissuração do recobrimento da cantoneira de reforço (imagem à esquerda da autoria de AMARO, 2011) e destacamento do acabamento na aresta, observando-se parte da cantoneira de reforço (ao centro e à direita)**

### **2.7.1.3. Lacuna de material**

A lacuna de material caracteriza-se pela rotura localizada e a perda de constituintes do sistema ETICS em zonas particulares das fachadas, como se ilustra na Figura 2.6. Esta perda de material pode afectar várias camadas do sistema, incluindo o substrato. Esta designação não se encontra incluída nos outros grupos de situações anómalas, como o destacamento do revestimento ou a deterioração das cantoneiras de reforço.

Normalmente, a designação engloba as anomalias que traduzem a ocorrência de perfurações, impactos acidentais ou intencionais e choques de objectos e equipamentos rígidos, particularmente na fase de execução e de utilização. A reduzida capacidade resistente dos sistemas também contribui para a degradação mais acentuada provocada pelos fenómenos referidos.

Estas anomalias também podem ter origem na fase de concepção, pela inobservância das necessidades específicas de reforço exigível nas zonas acessíveis que, pela sua maior exposição às solicitações mecânicas de natureza humana, são mais vulneráveis a este tipo de ocorrências.



**Figura 2.6. Lacuna de material até ao nível da placa isolante (à esquerda e ao centro) e lacuna de material até ao nível da armadura num sistema cerâmico (à direita)**

### **2.7.1.4. Destacamento**

O destacamento consiste na perda total ou parcial da aderência do revestimento de acabamento do sistema ETICS, relativamente à camada de barramento armado. Caracteriza-se pelo surgimento de descontinuidades na superfície devido à ausência de material, facilmente identificáveis (Figura 2.7). Numa situação limite, poderá expor a armadura de reforço do sistema. Como refere Amaro (2011), quando a dessolidarização se dá a um

nível mais superficial, a reparação é mais simples do que se atingir camadas mais profundas, pois não são necessários conhecimentos particulares ou intrinsecamente associados ao sistema ETICS.

Segundo Chai (2011), além da deterioração da aparência estética, o destacamento pode propiciar a entrada de água e de contaminantes atmosféricos, acelerando a degradação do isolamento térmico, do suporte e das paredes e, conseqüentemente, ditando o fim da vida útil do revestimento.

Saraiva (2011) e Amaro (2011) destacam o aparecimento de microfissuração no acabamento como uma das causas fundamentais para o surgimento deste tipo de anomalias. Posteriormente, a acção de agentes exteriores agrava o estado do acabamento, provocando o seu empolamento, dessolidarização e eventual queda. O destacamento poderá ainda ser causado pela ocorrência de humidades, nomeadamente eflorescências que aceleram a desagregação do recobrimento.

Lopes (2005) e Ximenes (2012) referem ainda outras possíveis origens para este fenómeno como a utilização de produtos não homologados ou o incorrecto manuseamento e conservação dos produtos, a insuficiente espessura do recobrimento da armadura e a aplicação do sistema em condições pouco adequadas de temperatura e humidade.



**Figura 2.7. Exemplos de destacamentos em fachadas revestidas com ETICS**

#### **2.7.1.5. Descolamento**

O descolamento consiste na perda de ligação e aderência entre os elementos constituintes do sistema, geralmente devido à retenção de água ou ar entre as camadas durante longos períodos de tempo, formando deformações convexas no revestimento (empolamentos). Frequentemente, esta ocorrência precede o destacamento e despreendimento do material. Segundo Saraiva (2011) e Ximenes (2012), este fenómeno pode ocorrer como descolamento parcial ou generalizado do sistema ETICS. A última autora distingue o descolamento parcial como a perda de adesão entre o sistema e o suporte (à esquerda na Figura 2.8) ou entre a camada de base e o isolamento em zonas pontuais. Já o descolamento generalizado, tal como o nome indica, apresenta-se como a dessolidarização entre o sistema e o suporte de forma generalizada (à direita na Figura 2.8).

De acordo com Amaro (2011), Saraiva (2011) e Ximenes (2012), as principais causas atribuídas aos descolamentos parciais são a deficiente aplicação dos produtos e tratamento de pontos singulares, a aplicação do sistema em condições adversas de temperatura e humidade, eventuais infiltrações e movimentos acentuados do suporte. Já a possível origem dos descolamentos generalizados explica-se pela falta de preparação e limpeza do suporte e pela deficiente aplicação do sistema, nomeadamente a utilização de produtos não homologados, o desrespeito pelas recomenda-

ções de preparação e aplicação dos constituintes do sistema e a insuficiente espessura do recobrimento.

Tal como no caso do destacamento, ressalta-se a importância da microfissuração no desenvolvimento destas anomalias, pois esta propicia a entrada de água que pode comprometer, de forma significativa, a capacidade funcional do isolante térmico e a durabilidade do sistema. No entanto, e como salienta Ximenes (2012), é incerto se a fissuração é efectivamente uma das causas do descolamento ou se surge devido ao desenvolvimento e expansão do empoamento.



**Figura 2.8.** Exemplo de perda de aderência das placas isolantes ao suporte, com o substrato à vista na parte inferior (à esquerda) e exemplo de descolamento generalizado do sistema ETICS (imagem à direita da autoria de MOREIRA *et al.*, 2015)

### **2.7.2. Manchas e alterações cromáticas ou de textura**

Este grupo de anomalias caracteriza-se por alterações essencialmente estéticas na aparência das fachadas revestidas por sistemas ETICS. Estas anomalias traduzem-se em modificações na coloração, brilho e textura originais das fachadas, derivadas de diversos factores, como a humidade, o ar e a radiação solar, que originam o aparecimento de manchas. Como tal, este tipo de anomalias não está associado, de forma directa, à redução das capacidades funcionais do sistema. No entanto, algumas alterações que manifestam um maior nível de gravidade e que estão tipicamente associadas à presença de água, como as eflorescências e o crescimento biológico, podem condicionar o desempenho do revestimento.

Verifica-se ainda que certos acabamentos utilizados nos sistemas ETICS, principalmente os que apresentam maior rugosidade, promovem condições propícias à deposição e acumulação de poeiras, sujidades e microorganismos, tornando as fachadas mais vulneráveis ao aparecimento destas manchas.

#### **2.7.2.1. Eflorescências**

As eflorescências são depósitos cristalinos que afloram à superfície do revestimento, sendo normalmente esbranquiçados, pouco coesos e pulverulentos, observando-se alguns exemplos na Figura 2.9. Estas anomalias são resultantes da exsudação de sais solúveis em água, provenientes, sobretudo, do material cimentício constituinte do sistema ETICS. Como Ximenes (2012) refere, estes sais são geralmente constituídos por sulfatos e cloretos de cálcio que se encontram dissolvidos na água existente que, após migrar até à superfície, evapora e propicia a deposição e cristalização dos sais. Esta humidade pode existir nos próprios materiais constituintes, pode advir da argamassa utilizada no sistema devido ao excesso de água utilizada na amassadura durante a



fase de aplicação, ou ter origem na água proveniente do exterior que transpõe a parede por diversos mecanismos de penetração, nomeadamente por capilaridade, infiltração, escorrências, entre outros.

Amaro (2011) e Ximenes (2012) defendem que uma causa comum para o aparecimento destes depósitos é a ausência de preparação e limpeza adequada do suporte, acumulando sais que, dissolvidos em água, poderão precipitar à superfície através das juntas entre placas isolantes.

Chai (2011) e Saraiva (2011) enumeram diversas causas possíveis para estas ocorrências, designadamente as fissuras na superfície do revestimento que promovem a entrada de água e o contacto com o solo que contenha sais solúveis, podendo ascender a água por capilaridade, humidificando a base das paredes.

A sua existência pode ainda ser explicada, em zonas costeiras, pela acção do vento, que transporta sais provenientes da água do mar, como os cloretos.



**Figura 2.9. Exemplos de eflorescências em fachadas revestidas por ETICS**

### **2.7.2.2. Manchas de escorrência**

As escorrências caracterizam-se por manchas que surgem em zonas particulares da fachada onde existe passagem preferencial de água, oriunda, em grande parte, da precipitação incidente nas fachadas (Figura 2.10). Estas manchas têm, habitualmente, uma coloração escura proveniente da retenção de sujidades, fungos e outros microorganismos nessas zonas húmidas. Esta coloração pode derivar, como relaciona Saraiva (2011), do tipo de organismo biológico que se deposita nesses locais.

Amaro (2011) e Saraiva (2011) atribuem como causa principal para estas ocorrências a ausência ou incorrecta execução de elementos construtivos como peitoris, caleiras, rufos, tubos de queda, entre outros.



**Figura 2.10. Exemplos de anomalias do tipo escorrências**

### 2.7.2.3. Manchas de oxidação

A configuração deste tipo de manchas é muito semelhante à das manchas de escorrências, divergindo, no entanto, destas últimas pela tonalidade e, de certa forma, pela origem. Este fenómeno traduz-se pela oxidação dos elementos metálicos existentes nas fachadas quando reagem com o oxigénio presente no ar e na água que escorre, formando manchas de coloração ferrosa nas zonas de contacto das paredes com os elementos, como se observa na Figura 2.11.

As principais causas que originam estas manchas, para além da escorrência directa de águas pluviais por estes elementos, é a falta de protecção anticorrosiva ou de pinturas antioxidantes. A corrosão metálica, devido à sua rápida propagação, pode provocar a perda de funcionalidade destes elementos e, naturalmente, danos em bens materiais. Esta conjuntura de perda de funcionalidade pode ser prevenida com uma correcta e adequada manutenção que permita o prolongamento da vida útil do material e a redução dos custos de reparação envolvidos.



Figura 2.11. Exemplos de manchas de oxidação de elementos metálicos (imagem à direita da autoria de AMARO, 2011)

### 2.7.2.4. Graffiti

Os *graffiti* são representações da designada "arte urbana", estando associadas a expressões artísticas de carácter marginal. Apesar desta denominação, grande parte das vezes esta prática é considerada como um acto de vandalismo sem propósito definido e punível por meios legais quando realizada em edifícios de domínio privado ou onde a prática não seja autorizada ou desejada. Normalmente a pintura é executada através de tintas em *spray* nos revestimentos das fachadas, afectando a percepção visual e estética das mesmas, como é notório na Figura 2.12.



Figura 2.12. Exemplos de pinturas *graffiti* em sistemas ETICS

Chai (2011) refere que a avaliação desta anomalia não permite caracterizar um processo de degradação natural do revestimento por ocorrer de forma aleatória, não sendo, por isso, modelável numa perspectiva de previsão da durabilidade dos revestimentos.

#### **2.7.2.5. Crescimento biológico**

Esta anomalia resulta, fundamentalmente, de condensações superficiais, da presença cíclica de humidade na superfície do revestimento e da exposição às acções ambientais, como o vento, que favorecem a fixação de sujidade e de substâncias nutritivas, proporcionando condições de desenvolvimento a diversos microorganismos (Figura 2.13). Estas manchas podem advir de fungos, líquenes, musgos, algas ou vegetação parasitária. Este último é o fenómeno mais gravoso, devido à eventualidade de penetração das raízes no interior do sistema ETICS, a partir de pequenas fissuras que a sua expansão provoca ou outras pequenas aberturas não protegidas no sistema (Figura 2.14).

A orientação das fachadas, nomeadamente a sua exposição a ventos dominantes e a precipitação forte são causas frequentemente atribuídas para a colonização biológica, sendo reconhecido que as fachadas viradas a Norte ou a Este são mais propensas a este tipo de ocorrências [AMARO, 2011, citando VEIGA, 2010, e SULAKATKO *et al.*, 2014].

A acção da temperatura é relevante, uma vez que esta potencia o aparecimento de condensações superficiais nas fachadas que provocam o humedecimento das paredes e o estabelecimento de colonização biológica. Estas condensações ocorrem, fundamentalmente, no período nocturno, em situações de céu limpo, registando-se temperaturas superficiais das paredes inferiores à designada temperatura de orvalho do ar exterior (correspondente a uma humidade relativa de 100%, quando o ar fica saturado de vapor) [ZILLIG *et al.*, 2003 e BARREIRA e FREITAS, 2014]. Não existindo radiação solar, nestes períodos, para compensar as trocas de radiação entre as superfícies e a envolvente, a radiação emitida pelas superfícies é muito maior do que aquela que as atinge. Se o processo de secagem e evaporação desta humidade condensada não for suficientemente rápido, será favorecida a fixação de microorganismos [KRUS *et al.*, 2006].

Autores como Künzel e Sedlbauer (2001) e Hofbauer *et al.* (2006), citado por Künzel *et al.* (2011), referem a existência de estudos que revelam que a degradação biológica mostra um padrão constante, mostrando, geralmente, uma maior intensidade durante o Inverno e o Outono, estações mais frias, em que ocorrem maiores formações de condensações na superfície das fachadas.

A radiação solar favorece também a presença de alguns microorganismos, que se desenvolvem com maior facilidade em ambientes com maior exposição à luz do sol. Para além disso, a radiação incidente na fachada vai condicionar a sua temperatura superficial, mesmo de noite, possibilitando a ocorrência de fenómenos de condensação. Desta forma, fachadas com menores incidências de luz solar, têm temperaturas superficiais mais reduzidas, contribuindo, assim, para o aumento do teor de humidade à superfície e, conseqüentemente, favorecendo a fixação de agentes biológicos.

Finalmente, a presença de vegetação na proximidade das fachadas e a textura do revestimento são também condicionantes para o aparecimento de algas e bolores.





**Figura 2.13. Exemplos de fixação de fungos (à esquerda), algas (ao centro) e líquenes (à direita)**



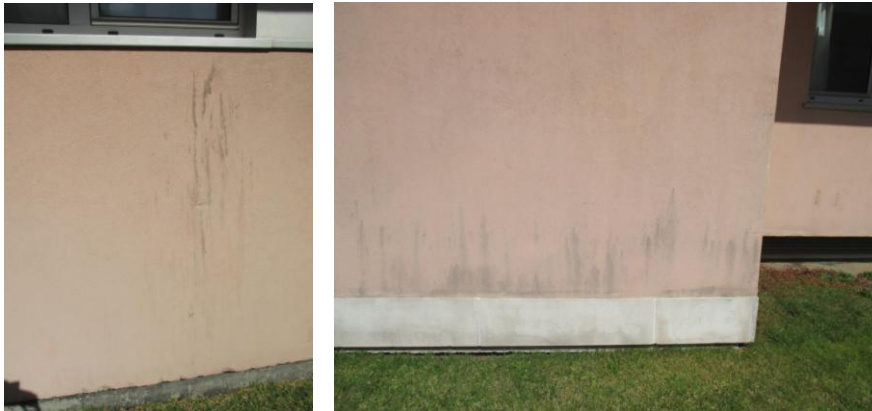
**Figura 2.14. Exemplos de estabelecimento de vegetação parasitária em sistemas ETICS (imagem à direita da autoria de AMARO, 2011)**

#### **2.7.2.6. Retenção de sujidade**

A retenção de sujidade é identificada pela alteração de cor em zonas específicas dos revestimentos, apresentando manchas com cores mais escuras do que o acabamento original (Figura 2.15). Trata-se de uma fixação superficial de resíduos, muitas vezes transportados pelas águas pluviais que escorrem nas fachadas ou que se encontram em suspensão na atmosfera. Apesar de as escorrências funcionarem como mecanismo de transporte de partículas, também podem ter o efeito inverso, promovendo a lavagem dos depósitos formados. Também é comum, após períodos chuvosos que favorecem o humedecimento dos solos, surgirem salpicos na base das paredes que estejam em contacto com estes solos.

Outras causas bastante comuns são os dejectos de aves que podem deixar marcas nítidas nos revestimentos. Apesar de estas anomalias apresentarem uma origem biológica, os seus efeitos, designadamente o ataque químico resultante dos ácidos existentes, não são relevantes neste tipo de revestimento e daí o facto de apenas ser considerada, no âmbito desta Dissertação, como sujidade superficial.

Em revestimentos mais texturados, com maiores irregularidades na superfície ou que estejam mais expostos à acção de ventos fortes, existe maior propensão para a acumulação de partículas. Estes depósitos podem, de forma gradual, criar condições favoráveis ao estabelecimento de microorganismos.



**Figura 2.15. Exemplos de retenção de sujidade superficial**

#### **2.7.2.7. Outras alterações de cor e textura**

As heterogeneidades na cor e textura dos revestimentos nas fachadas poderão dever-se a outras causas não explicitadas em pontos anteriores. Assim, uma anomalia que se enquadra neste grupo é a alteração de intensidade da cor, que resulta da degradação dos pigmentos do acabamento (processo de envelhecimento) por exposição continuada à radiação solar, sendo mais acentuada em locais com exposição mais prolongada. Também algumas manchas de humidade e as pinturas em zonas particulares da fachada que divergem da tonalidade inicial devido à dificuldade no processo de reparação pontual podem originar adulterações de cor e textura comparativamente ao acabamento original (Figura 2.16).



**Figura 2.16. Exemplos de pinturas contrastantes com as cores originais, resultantes de reparações pontuais**

#### **2.7.3. Anomalias de planeza**

Estas anomalias distinguem-se pela presença de heterogeneidades de planeza, visualizações das placas de

isolante térmico e descontinuidades nas fachadas, que resultam, fundamentalmente, em diferenças de textura, cor ou mesmo de material utilizado (por exemplo, em reparações mal planeadas ou executadas).

### 2.7.3.1. Visualização de juntas entre as placas

Esta ocorrência caracteriza-se pela nítida definição das juntas entre as placas do isolante térmico, visíveis através da camada de acabamento. Apesar de poder ser considerada uma anomalia, Saraiva (2011) ressalva que este fenómeno só é mais facilmente identificável quando se verifica incidência de luz solar rasante na fachada (à esquerda na Figura 2.17). Saraiva (2011), refere ainda que a visualização dos contornos das placas pode dever-se ao empolamento e falta da estabilidade das placas devido a solicitações higrotérmicas, a deficiências de regularidade dimensional das placas e a desníveis das mesmas. Amaro (2011) e Ximenes (2012) indicam como possível origem desta demarcação a reduzida espessura da camada de acabamento que permite uma maior percepção das juntas.

A fixação de sujidade é outra causa corrente. Esta fixação tende a ocorrer nas zonas dos contornos das placas que são, naturalmente, mais salientes (onde é mais fácil a passagem de água e o assentamento de poeiras) e, assim, apresentam uma coloração mais escura. De modo inverso, e como Ximenes (2012) refere, a acumulação de partículas pode ocorrer nas zonas das placas, apresentando estas cores mais escuras e evidenciando as juntas de cor mais clara (como se ilustra à direita na Figura 2.17).

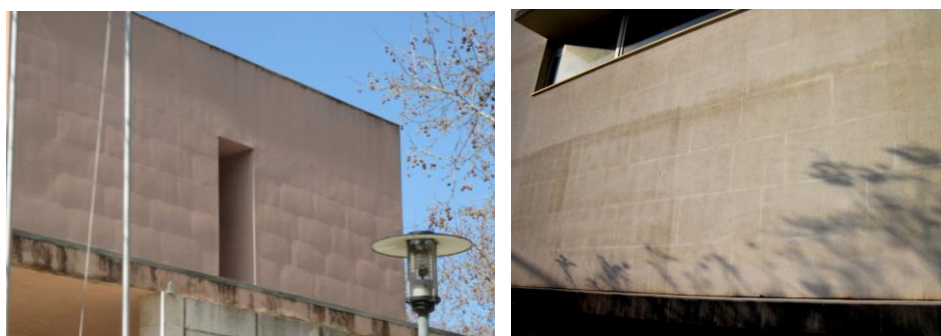


Figura 2.17. Exemplos de visualização de juntas (imagem à direita da autoria de AMARO, 2011)

De forma semelhante, a presença de fungos nas placas, favorecida pela existência de humidade, torna-as mais escuras, permitindo a distinção das juntas.

### 2.7.3.2. Empolamento

O empolamento consiste na formação de deformações convexas (bolhas) na superfície do acabamento do sistema (empolamento do acabamento), devido à perda de aderência da camada de acabamento ao restante sistema (como visível na Figura 2.18) ou devido a irregularidades pronunciadas da superfície do sistema, distinguindo-se nitidamente as placas (empolamento das placas). Estas ocorrências podem preceder as manifestações de descolamento e destacamento e apresentam causas idênticas a estas.

A principal causa de empolamentos do acabamento é a presença de humidade. Esta ocorrência pode manifestar-se através de infiltrações a partir de pontos singulares não protegidos, fissuras ou elementos construtivos degradados, mal executados ou mesmo ausentes (juntas de dilatação, peitoris, entre outros). Amaro (2011), refere como condicionantes para o surgimento de empolamentos a presença de humidade entre a camada de base e o acabamento e

a aplicação e secagem da camada final do sistema em condições ambientais adversas. O empolamento de placas tem a sua origem explicada, geralmente, por incorrectas técnicas de aplicação do sistema, por solicitações térmicas acentuadas e por existência de humidade entre as camadas do sistema, afectando a sua aderência.



Figura 2.18. Exemplos de empolamentos (imagem à esquerda da autoria de MOREIRA *et al.*, 2015)

### 2.7.3.3. Fissuração nas juntas

A presença de fissuração nas juntas entre as placas de isolante é considerada uma anomalia específica e intrínseca do sistema ETICS (Figura 2.19). De acordo com Ximenes (2012), esta fissuração está associada à perda de estabilidade dimensional dos materiais devido a solicitações higrotérmicas e também a erros de aplicação do sistema. A autora refere ainda que os revestimentos de cores mais escuras são mais susceptíveis às acções térmicas, o que justifica o aparecimento frequente destas anomalias nesse tipo de revestimentos.

Também os empolamentos existentes nas fachadas podem criar condições propícias a estas manifestações, já que, ao expandirem e romperem, criam fissuras que se desenvolvem num padrão contínuo ao longo das juntas.



Figura 2.19. Exemplos de fissuração nas juntas

### 2.7.3.4. Deficiências de planeza e irregularidades na superfície

As deficiências de planeza consistem, essencialmente, na percepção de desníveis horizontais com espaçamentos constantes em altura na fachada do edifício (imagem à esquerda na Figura 2.20). Como refere Saraiva (2011), estas descontinuidades podem dever-se aos erros praticados durante a colocação das placas de isolante térmico ou às irregularidades das camadas do sistema ETICS ou do seu material de acabamento. Além de erros na execução do sistema, outra causa relevante é o impacto de objectos no sistema.

As irregularidades na superfície, representadas ao centro e à direita na Figura 2.20, são devidas, geralmente, a intervenções de reparação inadequadas que se traduzem em diferenças notórias na cor e/ou textura das



superfícies. Saraiva (2011) indica um padrão corrente destas anomalias. Segundo o autor, nas zonas acessíveis, estas irregularidades manifestam-se porque surgem da tentativa de suprimir ou dissimular a existência de danos provocados por impactos ou perfurações. Nas zonas inacessíveis, estas irregularidades podem surgir nos locais onde foram aplicadas as fixações de andaimes durante a fase de aplicação do sistema.

Existem outras causas que não advêm de reparações, como as devidas às acções ambientais. Se, após a execução do acabamento, o tempo estiver quente e o vento seco, a secagem dos revestimentos poderá ser muito rápida, provocando irregularidades na superfície. Também se o tempo estiver frio e húmido, a secagem poderá ser irregular. De forma semelhante, a acção intensa da chuva, logo após a aplicação do revestimento, poderá originar o aparecimento desta anomalia.



**Figura 2.20.** Deficiência de planeza com distinção de desníveis horizontais na superfície (imagem à esquerda) e irregularidades superficiais (imagem ao centro e à direita)

## **2.8. Classificação das causas prováveis - factores de degradação**

O diagnóstico das causas das manifestações anómalas é uma dificuldade expressiva e constante, que requer um estudo cuidado das características intrínsecas dos constituintes do sistema ETICS e de todos os outros factores que possam comprometer a sua aparência estética, o seu desempenho e a sua durabilidade.

A complexidade na identificação dessas causas advém, essencialmente, da dificuldade em reconhecer a origem da anomalia e do facto de esta poder derivar da conjugação das acções de vários factores que podem reforçar-se mutuamente.

Neste contexto, serão descritos, sucintamente, os factores de degradação associados a sistemas ETICS, evidenciando-se os erros de projecto, os erros de execução, as acções ambientais e a ausência de manutenção como os mais condicionantes para a durabilidade dos sistemas ETICS. Enumera-se ainda, nesta classificação, as características dos edifícios e dos materiais utilizados, os erros de utilização e também outras acções exteriores, normalmente associadas à acção humana.

### **2.8.1. Factores associados a acções ambientais**

As acções ambientais são relevantes para a percepção da degradação de sistemas ETICS e podem condicionar o tipo de materiais seleccionados e o próprio método de aplicação dos constituintes.

Os principais factores ambientais considerados são a acção da temperatura, da poluição, do vento intenso, da água, da radiação solar e, finalmente, dos agentes biológicos. Como Chai (2011) refere, todos estes agentes activos traduzem-se em anomalias mais ou menos significativas dependendo da sua intensidade, do período de actuação e da recorrência com que afectam os sistemas.

#### **2.8.1.1. Acção da água**

A acção da água contribui para o aparecimento de grande parte das anomalias no sistema ETICS. Para além de surgir à superfície e no interior do sistema ETICS com relativa facilidade, ainda é um elemento favorável à fixação de sujidade e ao desenvolvimento de microorganismos de diversa natureza.

A água pode incidir directamente na superfície através de escorrências, fissuras ou por salpicos; pode ascender do solo por capilaridade atingindo a base das paredes; pode surgir por condensações ou infiltrações de diversa origem ou advir da própria construção, através do excesso de água utilizada na produção de argamassas ou devido a reduzidos tempos de secagem, entre outros.

A presença de humidade é ainda responsável pela diminuição de aderência e de planeza, contribuindo para a presença de fissuração, empolamentos, descolamentos e destacamentos, promove a oxidação de elementos metálicos que mancham a superfície da fachada e favorece o surgimento de manchas de eflorescências através do transporte de substâncias activas.

Emídio (2012) considera ainda como condicionantes os ciclos de secagem e molhagem que, no caso de ETICS, podem gerar tensões e variações dimensionais significativas das placas isolantes.

#### **2.8.1.2. Acção da temperatura**

A temperatura é um factor relevante na degradação dos sistemas ETICS, contribuindo para diversas ocorrências anómalas, nomeadamente perdas de continuidade e aderência, deficiências de planeza ou irregularidades na superfície. Esta acção torna-se ainda mais condicionante quando o seu efeito se manifesta em meios húmidos.

O aumento de temperatura, associado muitas vezes a radiação solar intensa, provoca o aquecimento das superfícies das fachadas, particularmente quando estas apresentam revestimentos de cores muito escuras ou grande heterogeneidade de cores. Como estes acabamentos são menos reflectores do que os de cor clara, absorvem maior radiação, tendendo a surgir tensões na superfície externa dos edifícios que geram fissuração e favorecem os fenómenos de ruptura dos revestimentos.

A diminuição brusca de temperatura também pode ser responsável pela fissuração, sobretudo quando existe humidade no sistema ETICS, conduzindo à eventual formação de gelo, com conseqüente aumento significativo de volume e abertura de fissuras. De forma semelhante, e como refere Ximenes (2012), esta redução térmica pode contribuir também para a migração de sais para a superfície com formação de eflorescências e pode proporcionar condições para o estabelecimento de microorganismos devido à formação de condensações superficiais. A autora identifica ainda como condicionantes o desrespeito pelas recomendações dos fabricantes para a aplicação do sistema em condições adequadas de temperatura e humidade (não devem ser muito elevadas nem muito reduzidas) que podem gerar deformações e problemas de aderência.

As alterações significativas de temperatura propiciam ainda o desgaste dos acabamentos e conduzem a variações dimensionais das placas de isolamento, contribuindo para a ocorrência de anomalias de perda de integridade e planeza, referidas anteriormente.

#### **2.8.1.3. Acção da radiação solar**

A radiação solar é relevante sobretudo pelo desgaste que provoca nos acabamentos e pelas condições favoráveis que permite à fixação de determinados agentes biológicos. O desgaste ou envelhecimento dos acabamentos provocado pela incidência de radiação é facilmente identificável pelas mutações que se verificam na coloração e brilho originais das fachadas e, de forma mais gravosa, pela sua fissuração e aparência quebradiça.

Existem certos agentes biológicos que proliferam mais facilmente em ambientes com elevada luminosidade, como é o caso das algas, líquenes, fungos, musgos e vegetação parasitária.

É relevante referir que, por vezes, o incorrecto armazenamento ou aplicação das placas de isolamento térmico em condições de exposição elevada a radiação solar, pode causar a sua degradação superficial com possível retracção do isolante e consequente dificuldade de aderência da camada de base às placas de isolamento.

#### **2.8.1.4. Acção do vento**

O vento funciona como um meio de transporte de partículas em suspensão, nomeadamente poeiras, sais e resíduos provenientes da poluição atmosférica que acabam por se fixar nas fachadas. Estas substâncias activas promovem o aparecimento de manchas de sujidade e de crescimento biológico.

O vento, pela sua capacidade de mobilizar sais em zonas costeiras, pode ter também um forte contributo no aparecimento de eflorescências nas fachadas revestidas a ETICS. Ximenes (2012) considera que esta acção ainda é relevante na secagem diferencial dos revestimentos. Como não actua de forma uniforme em toda a fachada, sendo mais intenso em determinadas zonas, pode gerar irregularidades e tensões que provocam fissuração.

#### **2.8.1.5. Acção biológica**

A acção biológica, além de afectar a aparência estética das fachadas, pode também provocar degradação devido à retenção de humidade nas zonas onde se geram e à pressão e penetração das raízes da vegetação parasitária no interior do sistema. Também as aves, através dos seus dejectos, causam sujidade superficial e podem gerar ataques químicos, ainda que estas situações anómalas sejam pouco comuns em ETICS.

### **2.8.2. Factores relacionados com as características dos edifícios**

As características dos edifícios mais relevantes para o desempenho do sistema ETICS são o tipo de envolvente, a idade e a orientação da fachada.

#### **2.8.2.1. Tipo de envolvente do edifício**

O tipo de envolvente pode condicionar o desempenho e a funcionalidade das fachadas revestidas por sistemas ETICS, dependendo se estas se encontram em zonas urbanas, rurais, marítimas ou industriais. Dependendo do local onde os edifícios estão inseridos, a altura dos edifícios pode ter relevância significativa. De acordo com

Chai (2011), quanto mais alto for um edifício, mais exposto está às intempéries (acção do vento, do gelo e da chuva) e à poluição atmosférica, principalmente em ambientes industriais e, em menor escala, em ambientes urbanos.

Nas zonas urbanas, o ambiente mais poluído minimiza a acção da radiação solar, não provocando um envelhecimento tão acelerado dos revestimentos. Por outro lado, e como refere Ximenes (2012), nestas zonas há maior propensão para o desenvolvimento de agentes biológicos. A existência de edifícios nas proximidades atenua a incidência de radiação solar, o que aumenta o período de secagem dos revestimentos e contribui, portanto, para a retenção de humidade, criando um ambiente propício à presença de alguns microorganismos.

Como referido, em zonas marítimas, a acção do vento permite o transporte de cloretos provenientes da água do mar que, estabelecendo-se na superfície das fachadas, geram diversas ocorrências anómalas, destacando-se as manchas de oxidação de elementos metálicos e as eflorescências.

As zonas industriais são reconhecidas pela acção agressiva que têm nas fachadas, particularmente pela elevada poluição atmosférica que se verifica nessas envolventes. As partículas em suspensão no ar fixam-se nas fachadas com conseqüente surgimento de diversas anomalias.

Finalmente, as zonas rurais são consideradas como as menos agressivas, apesar de por vezes se verificarem elevados níveis de humidade nestes locais.

#### **2.8.2.2. Orientação da fachada**

A orientação da fachada é um factor relevante porque revela a maior susceptibilidade que a fachada tem relativamente à radiação solar, temperatura e acção do vento. As fachadas orientadas para Sul sofrem maior degradação devido à radiação solar, estando mais vulneráveis ao desgaste, a fissurações e a mutações de cor. Já as fachadas viradas a Norte (menos expostas à radiação e, por isso, mais frias e húmidas) e a Este têm maior tendência para o desenvolvimento biológico.

#### **2.8.2.3. Idade**

A idade é outro factor a considerar em fachadas com sistemas de isolamento térmico pelo exterior. Com o passar do tempo, existe uma tendência natural para a degradação dos constituintes do sistema, podendo perder algumas das suas características originais. Este desgaste natural pode ser controlado e amenizado através de intervenções de manutenção dos edifícios, com periodicidade definida, evitando assim um estado de deterioração demasiado avançado.

### **2.8.3. Factores relacionados com as características dos materiais utilizados**

Amaro (2011) evidencia a necessidade de utilizar materiais seleccionados e homologados, devendo ser seguidas as especificações fornecidas pelo fabricante. Erros muito comuns na fase de aplicação são a utilização de materiais pouco adequados ou contaminados ou mesmo a ausência de produtos específicos. Podem enumerar-se diversos erros, referidos por Amaro (2011), nomeadamente:

- a ausência de aplicação de produtos anti-corrosão ou antioxidantes em elementos metálicos;



- a utilização de tintas muito escuras, mal formuladas ou utilização de cores contrastantes no mesmo acabamento que podem gerar fissuração;
- a aplicação de placas isolantes susceptíveis a variações dimensionais devido a solicitações higrométricas;
- ausência ou aplicação de um biocida pouco eficaz como obstáculo ao crescimento biológico.

#### **2.8.4. Erros de projecto, execução e utilização**

Os erros decorrentes das diversas fases que constituem a vida de um edifício têm relevância fundamental no aparecimento de anomalias e na redução do seu desempenho e tempo de serviço.

Os erros na fase de projecto surgem da incorrecta concepção e dimensionamento dos elementos, remates e pormenores construtivos. Estes erros resultam da falta de informação e de omissões, da inobservância das características específicas dos locais, da sua envolvente e dos próprios materiais seleccionados. Reflectem-se, posteriormente, em dificuldades na aplicação do sistema, na compreensão e interpretação do projecto e em anomalias diversas, na fase de utilização. Segundo Amaro (2011), quando as anomalias se manifestam na generalidade da fachada, é frequente deduzir-se que estas possam derivar de erros na fase de projecto.

Os erros na fase de execução traduzem-se pelos procedimentos adoptados durante a preparação e aplicação dos sistemas. Pode-se enumerar diversos erros, destacando-se problemas de planeamento, a contratação de mão-de-obra pouco qualificada para as funções a exercer, a incorrecta preparação e limpeza do suporte, a inadequada formulação e aplicação dos constituintes, a colocação deficiente das placas isolantes, o tratamento deficiente de remates e pontos singulares e a utilização de materiais pouco adequados ou não certificados.

Os erros de utilização são devidos, principalmente, aos choques acidentais e a falhas ou ausência de manutenção corrente nos edifícios, que contribuem para a potencial degradação dos sistemas ETICS.

#### **2.8.5. Factores associados a outras causas**

Estes factores não se incluem em nenhum dos grupos anteriores muito devido ao facto de os edifícios estarem sujeitos a acções exteriores difíceis de evitar e de prever. É necessário, por isso, avaliar a vulnerabilidade das fachadas a diversos factores, tentando adoptar medidas que evitem ou atenuem os seus efeitos e consequências. Estas medidas devem ser tomadas em fase de projecto, através da adequada concepção dos elementos e, fundamentalmente, em fase de utilização, com a realização de intervenções de manutenção periódicas. Neste grupo, distinguem-se os factores associados a vandalismo, causas fortuitas ou acidentais ou falta de manutenção/negligência.

##### **2.8.5.1. Vandalismo**

O vandalismo é uma acção de carácter intencional, englobando a prática de *graffiti* e os choques ou perfurações realizados de forma propositada. Como o sistema é rapidamente percebido como pouco resistente, torna-se um alvo fácil para perfurações, arranques do sistema ou impactes com objectos rígidos. Os *graffiti* são anomalias bastante comuns em ambientes urbanos e são geralmente realizados nas zonas acessíveis das fachadas.

### **2.8.5.2. Causas fortuitas e acidentais**

As causas fortuitas englobam, entre outros, o choque de objectos ou equipamentos de forma acidental, principalmente em zonas acessíveis que têm maior contacto com a passagem de pessoas e veículos. Na fase de execução do sistema, existem ainda várias circunstâncias que podem contribuir para a degradação das fachadas como, por exemplo, a fixação de andaimes e movimentos no suporte [AMARO, 2011].

Existem fenómenos que são bastante condicionantes para a deterioração dos edifícios em geral e, particularmente, das fachadas revestidas por sistemas ETICS, podendo ter origem humana como explosões, incêndios, inundações ou origem natural como a ocorrência de sismos, cheias, entre outros.

### **2.8.5.3. Falta de manutenção / negligência**

A falta de manutenção regular é responsável pela diminuição da durabilidade dos sistemas ETICS, pois permite que certas anomalias existentes nas fachadas atinjam um nível de desenvolvimento muito avançado.

Através do estudo da durabilidade de vários elementos da construção, é possível definir estratégias correntes de manutenção desses mesmos componentes. Desta forma, é possível promover o prolongamento dos tempos de serviço, a redução dos custos de reparação associados à degradação e, igualmente, assegurar um melhor desempenho destes sistemas nas suas condições de aplicação. As intervenções desta natureza em edifícios incluem as acções de manutenção correctiva ou preventiva e as reparações ocasionais, com o propósito de obter adequados níveis de desempenho. Quando estas não são efectuadas, está-se perante um caso de degradação por negligência. De forma idêntica, as reparações incorrectas ou mal concebidas podem gerar degradações prematuras dos constituintes do sistema.

## **2.9. Conclusão**

Neste capítulo, pretendeu-se ilustrar, de forma sucinta, os sistemas ETICS e as suas características principais. O seu propósito fundamental foi de enquadrar, do ponto de vista teórico, as anomalias correntes neste tipo de sistemas e as suas causas mais prováveis (através de um sistema classificativo), assim como os mecanismos de degradação mais relevantes que fundamentam a presença das diversas ocorrências anómalas.

Neste contexto, pretendeu-se ainda integrar os sistemas de revestimento térmico pelo exterior do tipo ETICS numa perspectiva histórica, descrevendo a sua evolução até à actualidade. Adicionalmente, foram caracterizados, de forma sintética, os componentes do sistema de isolamento térmico pelo exterior, sendo representado, simplificada e, o procedimento de aplicação, assim como as exigências funcionais e as suas vantagens e inconvenientes.

Este capítulo serve como introdução ao seguinte que descreve o trabalho de campo realizado, permitindo determinar os diversos intervenientes na degradação de fachadas com ETICS e permitindo a sua melhor identificação e reconhecimento na fase de recolha de informação em campo.

## **3. Trabalho de campo**

### **3.1. Introdução**

O trabalho de campo, realizado através de inspecções visuais dos revestimentos, assume-se como uma fase fundamental no processo de investigação, uma vez que, deste levantamento de dados, advêm os resultados necessários para desenvolver e analisar os modelos adoptados na presente Dissertação para a previsão de vida útil de sistemas ETICS.

Este capítulo surge na sequência do trabalho realizado por Ximenes (2012) e Ximenes *et al.* (2015), que desenvolveu uma metodologia de estimativa da vida útil de sistemas ETICS baseada na inspecção de edifícios em serviço, tendo, para isso, traçado curvas de degradação a partir da sua amostra inicial de 170 revestimentos. O novo estudo pretende, assim, aumentar a amostra da autora (Ximenes, 2012) através da inclusão de um conjunto de 123 novos revestimentos, perfazendo 293 revestimentos analisados, cuja durabilidade será estimada tanto a partir de curvas de degradação como pelo método factorial. Estas temáticas serão objecto de estudo mais detalhado nos Capítulos 4 e 5.

Inicialmente, a amostra de Ximenes (2012) é caracterizada com o intuito de identificar e contextualizar as necessidades prementes. De forma a enquadrar os objectivos e os resultados obtidos, este capítulo pretende ainda descrever a metodologia adoptada para a selecção, recolha e registo dos novos dados, definindo as limitações existentes e especificando concretamente a informação constante na ficha de inspecção e diagnóstico, que visa auxiliar o levantamento de campo e estruturar a informação recolhida. Desta forma, a amostra total é caracterizada, procedendo-se à identificação das anomalias existentes, sendo estas classificadas em quatro grupos, de acordo com as características que exibem. São ainda discriminados os critérios aplicados de forma a quantificar os níveis de degradação das alterações verificadas, de acordo com os efeitos, extensão e severidade que apresentem.

### **3.2. Objectivos do trabalho de campo**

O trabalho de campo é parte integrante da análise de durabilidade dos revestimentos, funcionando como o meio de recolha de dados e de registo das anomalias visíveis nas fachadas e da sua gravidade aparente, permitindo classificá-las e, desta forma, analisar a evolução do processo de degradação dos revestimentos. O trabalho de campo tem como propósito a quantificação de factores passíveis de serem aplicados no processo de modelação da vida útil dos sistemas ETICS, através de inspecções visuais das fachadas de um conjunto de edifícios com idades distintas.

Para possibilitar a correspondência com os respectivos níveis de gravidade, é necessário classificar as anomalias evolutivas em grupos facilmente distinguíveis no decorrer das actividades de inspecção. Estes fenómenos, descritos no capítulo anterior, englobam apenas as manifestações susceptíveis de fundamentar o processo de deterioração, não sendo, por isso, efectuada uma análise demasiado exaustiva de todas as anomalias presentes. Desta forma, apenas as manifestações anómalas que evoluem de forma previsível ao longo do tempo são consideradas.

Através do tratamento dos dados recolhidos, torna-se possível desenvolver uma metodologia para a previsão de vida útil de ETICS, através de duas metodologias complementares: (i) o método baseado nas curvas de degradação traçadas a partir do número de casos existentes; (ii) a aplicação da fórmula de cálculo do método factorial, com base na quantificação das variáveis relevantes para o processo de degradação.

Durante as actividades de levantamento de campo, foram seleccionados recursos técnicos simples de auxílio à recolha de informação, de forma a torná-la mais expedita e sistemática. Assim, não foi necessário recorrer a dispositivos complexos e a ensaios intrusivos que pudessem constituir perturbação ou prejuízo aos utilizadores dos edifícios, não implicando também a necessidade de competências ou qualificações muito específicas para este tipo de trabalho. Apesar destas simplificações na recolha de dados, vários autores como Silva (2009), Chai (2011) e Emídio (2012) enumeraram as diversas limitações que são encontradas no decorrer das inspecções visuais, destacando-se:

- a dificuldade em inspecionar e a aceder a determinados revestimentos, distinguindo-se a complexidade em analisar as áreas afectadas por anomalias nas zonas elevadas das fachadas;
- a análise dos revestimentos é subjectiva, pois depende da sensibilidade da pessoa responsável pelo trabalho e da forma como efectua as medições e concretiza os procedimentos;
- os aspectos referentes à execução dos sistemas ETICS não são facilmente detectáveis e, por isso, eventuais erros associados a deficiente aplicação dos revestimentos, utilização incorrecta dos materiais ou utilização de produtos sem qualidade específica não são passíveis de serem identificados com rigor;
- a dificuldade em obter informações fiáveis sobre as datas e o carácter das intervenções de manutenção, como as reparações generalizadas ou pontuais dos revestimentos.

### **3.3. Análise dos resultados obtidos na amostra analisada por Ximenes (2012)**

A amostra inicial de Ximenes (2012) era constituída por 172 fachadas e tinha por base edifícios previamente analisados por Amaro (2011) e Saraiva (2011). A autora (Ximenes, 2012) teve o cuidado, durante a selecção da amostra, de estabelecer critérios específicos de forma a garantir que as fachadas seleccionadas apresentassem, em todos os casos, processos de degradação naturais, ou seja, que estes fossem modeláveis numa perspectiva de previsão da vida útil dos revestimentos.

Grande parte dos revestimentos analisados por Ximenes (2012) está localizada no Porto, tendo sido inspeccionadas nessa zona 104 fachadas. Em Coimbra foram analisadas 28 fachadas e em Lisboa, Oeiras, Sintra e Vila Franca de Xira foram realizadas inspecções a 12, 5, 20 e 3 fachadas, respectivamente. Obedecendo aos critérios que inicialmente definiu, a autora (Ximenes, 2012) excluiu duas fachadas da amostra, pois reflectiam situações que não eram passíveis de ser modeladas, particularmente por apresentarem uma degradação muito acentuada para idades de 10 anos (possíveis erros na fase de execução). Todos os dados que a autora (Ximenes, 2012) obteve durante as actividades de inspecção possibilitaram a obtenção de curvas que traduzem a evolução da degradação (perda de desempenho) dos sistemas ETICS ao longo do tempo. Estas curvas são dependentes das diferentes características dos revestimentos e das condições a que estão sujeitos, tendo em conta a sua influência na durabilidade da amostra.

A Figura 3.1 apresenta a curva de degradação geral obtida que traduz graficamente a evolução da degradação das 170 fachadas inspeccionadas por Ximenes (2012). A mancha de pontos, correspondente aos revestimentos estudados, distribui-se de acordo com a respectiva idade. Através da Figura 3.1, é ainda possível verificar que não existe dispersão significativa dos valores e que o coeficiente de determinação (identificado por  $R^2$  e que varia entre 0 e 1) tem um valor elevado de cerca de 0,85, o que indica que o estudo realizado permite, de for-

ma razoável, caracterizar a evolução da perda de desempenho dos ETICS analisados. Como refere Ximenes *et al.* (2015), o modelo permite constatar que aproximadamente 85% da variabilidade da degradação ( $S_w$ , índice definido no ponto 4.2.1.4) é justificada pelo modelo proposto e 15% desta variabilidade deve-se a outros factores que não foram considerados nesta análise, uma vez que é apenas considerada a degradação dos revestimentos na altura da inspecção, nas suas condições normais de serviço, não sendo, assim, avaliadas as suas características específicas [SILVA *et al.*, 2012]. Desta forma, considerou-se que os resultados são consistentes e transmitem, de forma credível, a deterioração dos revestimentos ETICS analisados, permitindo retirar conclusões plausíveis sobre o seu desempenho.

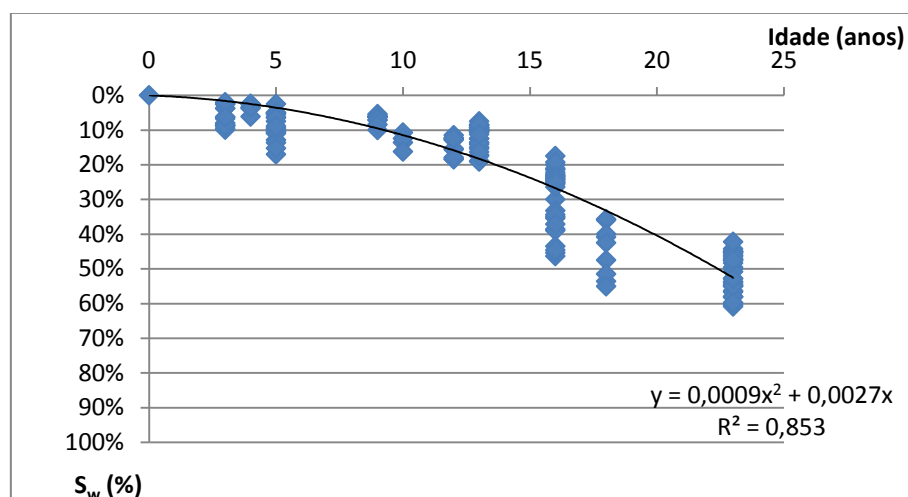


Figura 3.1. Curva de degradação obtida a partir das 170 fachadas analisadas no trabalho de campo [adaptado de XIMENES, 2012]

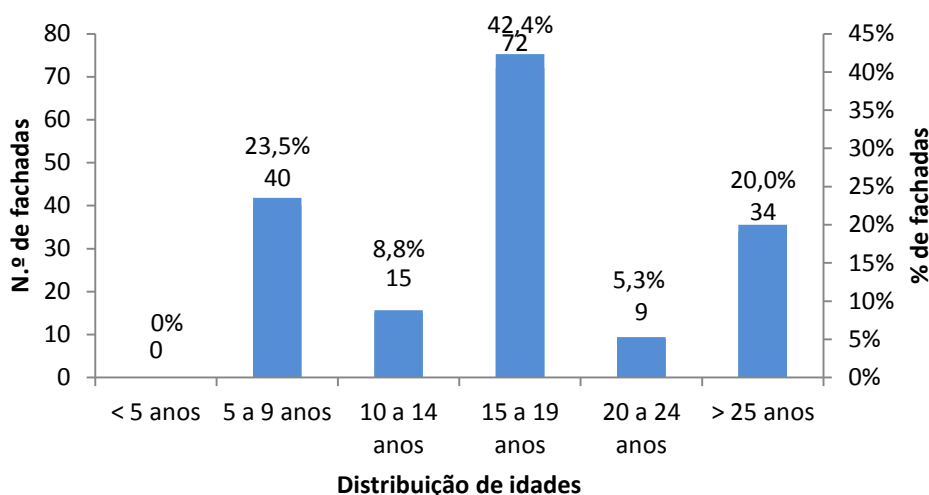
### 3.4. Caracterização da amostra inicial e estimativa da amostra adicional necessária

A caracterização da amostra recolhida por Ximenes (2012) permite reconhecer as características predominantes, os factores e os fenómenos de degradação presentes e discernir as carências que existem em termos de casos que não têm representatividade. Tentando colmatar essas deficiências, este estudo permitirá estimar um valor mínimo de novos casos a estudar, considerando os diversos factores discriminados neste ponto que são a idade dos revestimentos, a zona envolvente e as características dos sistemas ETICS.

#### 3.4.1. Caracterização da idade dos revestimentos analisados

A Figura 3.2 apresenta a distribuição dos revestimentos inspeccionados por Ximenes (2012) em função da sua data de aplicação. Como não ocorreram intervenções de manutenção, apenas as datas de conclusão da execução dos sistemas interessaram para a indicação da idade dos revestimentos. Como é possível verificar, grande parte dos revestimentos analisados (cerca de 42,4% da amostra total) apresenta idades entre 15 e 19 anos.

A utilização de sistemas ETICS como solução de revestimento ainda é relativamente recente em Portugal, só tendo vindo a impor-se como uma solução de referência no mercado nacional de construção nos últimos anos, muito devido às vantagens intrínsecas associadas à sua utilização e às exigências de desempenho térmico impostas pelo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Este facto justifica a ausência de sistemas ETICS com idades superiores a 25 anos nesta amostra.



**Figura 3.2. Distribuição dos revestimentos analisados por Ximenes (2012) em função da sua data de aplicação, em número de fachadas e em percentagem**

Como a idade é considerada o factor mais relevante na análise das fachadas revestidas a ETICS, sendo fundamental na caracterização e na definição da curva que reflecte a evolução da degradação, este parâmetro vai servir como referência para estimar a amostra mínima necessária. Este processo vai ser realizado com recurso a tabelas que exprimem o número de fachadas existentes na amostra inicial de Ximenes (2012), sendo estas dependentes de uma variável específica (características intrínsecas do revestimento ou influência da envolvente) articulada com o factor idade. Importa referir que, atentando à distribuição não uniforme dos casos reunidos pela autora segundo as diversas variáveis em estudo, o número de novos casos estimado em cada análise não será idêntico em todas as tabelas e será obtido de forma aproximada, sendo apenas um valor indicativo.

### **3.4.2. Caracterização e análise da zona envolvente**

Os factores que permitem caracterizar a zona envolvente e a sua influência no desempenho dos revestimentos são, fundamentalmente, a orientação das fachadas, a proximidade do mar, a exposição à humidade, a acção conjunta da chuva e do vento e a exposição a poluentes. Examinar estes parâmetros permite compreender como evolui o fenómeno da degradação, uma vez que as fachadas revestidas com ETICS apresentam orientações e condições de exposição às acções ambientais distintas e, conseqüentemente, apresentam comportamentos diferenciados.

Através da análise da Figura 3.3, referente à orientação das fachadas, verifica-se uma amostra relativamente bem repartida pelas orientações principais (Norte, Sul, Este e Oeste). Já as restantes orientações (Noroeste, Sudoeste, Nordeste e Sudeste) apresentam um número pouco representativo de casos, comparativamente com os quadrantes principais (cerca de 27% da amostra total), não sendo suficientes para uma análise de regressão com relevância estatística. Neste sentido, introduziu-se um critério simplificador de forma a reduzir o número de variáveis, analisando-se, para a estimativa de novos casos necessários, apenas as orientações principais. Assim, 20% das fachadas (34 revestimentos) encontram-se orientadas a Norte, 12,4% das fachadas apresentam-se viradas a Sul (21 revestimentos), a Oeste encontram-se 24,1% das fachadas (41 revestimentos) e, finalmente, encontram-se viradas a Este 17,1% das fachadas (29 revestimentos).

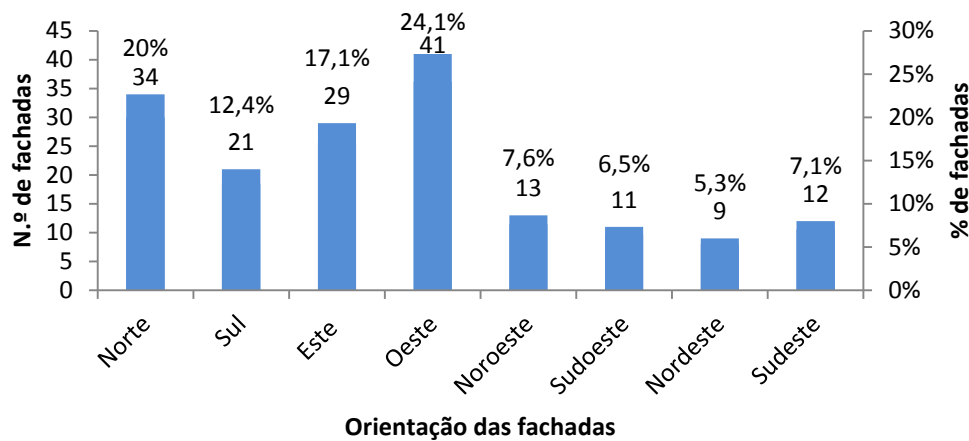


Figura 3.3. Distribuição da amostra em função da sua orientação, em número e em percentagem de fachadas

Na Figura 3.4, é apresentada a modelação da perda de desempenho dos revestimentos em função das orientações principais das fachadas. Através da sua análise, verifica-se que todas as curvas apresentam valores aceitáveis do coeficiente de determinação (valores de  $R^2$  superiores a 0,6), mas não traduzem a realidade expectável nem permitem a recolha de uma conclusão plausível, particularmente no que se refere às orientações a Norte que se esperaria que fossem mais desfavoráveis comparativamente às orientações a Este e a Sul, devido à sua maior exposição a agentes agressivos. Além das fachadas a Norte, também as fachadas orientadas a Oeste estão sujeitas a condições mais críticas e, de facto, a amostra de sistemas ETICS orientados a Oeste apresentou uma inclinação da curva de degradação mais acentuada do que as curvas correspondentes aos restantes quadrantes. A justificação para o facto de as orientações Norte e Oeste serem mais condicionantes é que as fachadas a Norte estão menos expostas à radiação solar e, por isso, são mais frias e húmidas, tendendo a reter mais humidade e a promover desenvolvimento biológico, enquanto as fachadas viradas a Oeste estão mais expostas à radiação solar [FREITAS e GONÇALVES, 2005]. Ximenes (2012) considerou, assim, que a orientação da fachada não permite obter conclusões inequívocas na análise da durabilidade dos revestimentos.

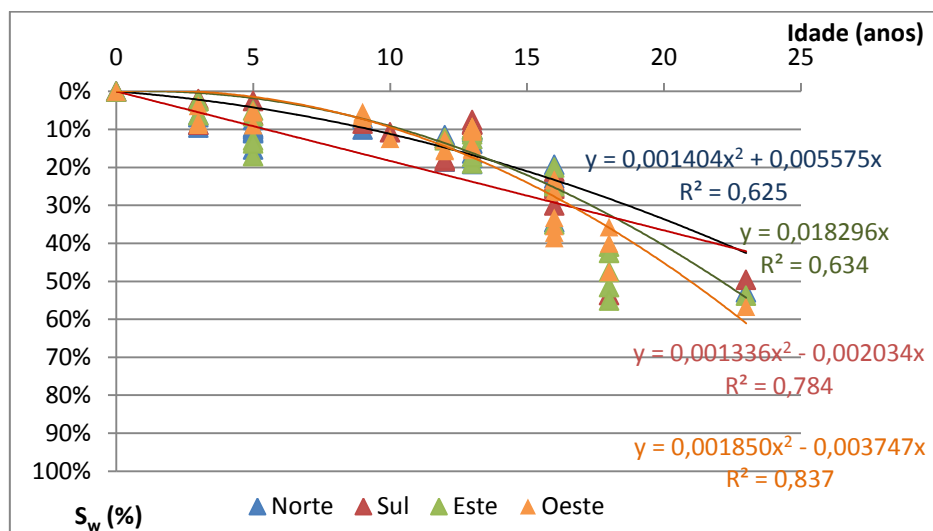


Figura 3.4. Curvas de degradação em função das orientações principais da fachada [adaptado de XIMENES, 2012]

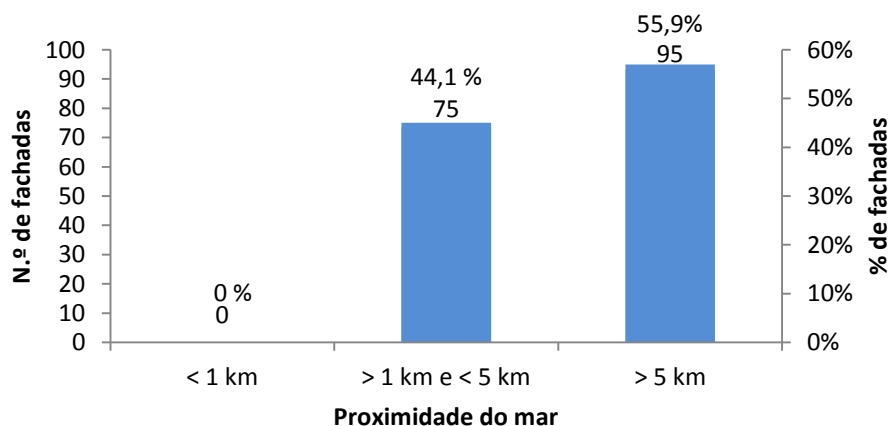
A Tabela 3.1 apresenta o número mínimo total de casos necessários (colorido a laranja). Nota-se que, na amostra de Ximenes (2012), não existe um número suficiente de casos nos intervalos de idades entre 10 e 14 anos, entre 20 e 24 anos e para idades superiores a 25 anos. Face ao exposto, seria interessante aumentar a amostra em pelo menos cinco revestimentos em cada orientação, de forma a colmatar essas lacunas (são necessários, pelo menos, cinco casos para definir estatisticamente uma distribuição de probabilidade).

**Tabela 3.1. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à orientação da fachada e em função da idade dos revestimentos**

Idade	Amostra de Ximenes (2012)					Número mínimo de novos casos necessários					Somatório
	Norte	Sul	Este	Oeste	Total	Norte	Sul	Este	Oeste	Total	
5 a 9 anos	12	4	9	9	43	0	0	0	0	0	43
10 a 14 anos	2	2	0	9	22	5	5	5	0	15	37
15 a 19 anos	19	13	14	19	84	0	0	0	0	0	84
20 a 24 anos	0	1	5	3	12	5	5	0	0	10	22
> 25 anos	1	1	1	1	5	5	5	5	5	20	25
<b>Soma:</b>	34	21	29	41	166	15	15	10	5	45	<b>211</b>

Relativamente ao parâmetro da envolvente relacionado com a proximidade do mar, cerca de 56% das fachadas analisadas por Ximenes (2012) encontravam-se a uma distância superior a 5 km do mar, ou seja, 95 dos revestimentos apresentavam uma reduzida exposição à humidade, enquanto 75 dos sistemas aplicados nos edifícios apresentavam distâncias à zona costeira entre 1 e 5 km (Figura 3.5). Nenhum dos revestimentos alvo de inspeção se localizava a uma distância inferior a 1 km do mar, sendo, portanto, relevante expandir a amostra, particularmente no que respeita a esta variável, pois não é possível retirar nenhuma conclusão relativamente à evolução da degradação de edifícios mais próximos do mar.

A importância deste factor na durabilidade dos revestimentos está relacionada com as acções mais agressivas que diversos agentes como o vento, a humidade e os sais provenientes da água do mar apresentam quanto mais próximos os revestimentos estiverem de zonas costeiras [XIMENES, 2012].



**Figura 3.5. Distribuição da amostra em função da proximidade do mar, em número e em percentagem de fachadas**



Na Figura 3.6, as curvas de degradação correspondentes à proximidade do mar apresentam coeficientes de determinação superiores a 0,6, revelando uma boa correlação entre as curvas e os casos de estudo que compõem a amostra de Ximenes (2012). Apesar disso, observa-se que as curvas se intersectam, o que dificulta a percepção da sua influência na degradação dos revestimentos. Isto justifica-se, em grande parte, pela ausência de casos muito próximos do mar (distância à faixa costeira inferior a 1 km), em que se verificam condições mais desfavoráveis e maior exposição aos agentes agressivos mobilizados pela acção do vento. Como não existem casos de revestimentos com uma proximidade ao mar inferior a 1 km, não é possível retirar conclusões estatisticamente válidas sobre a influência deste parâmetro. A Tabela 3.2 apresenta os resultados do estudo da amostra inicial relativamente à proximidade ao mar, em função da idade dos revestimentos, e a estimativa do número mínimo de casos necessários para a amostra total (colorido a laranja).

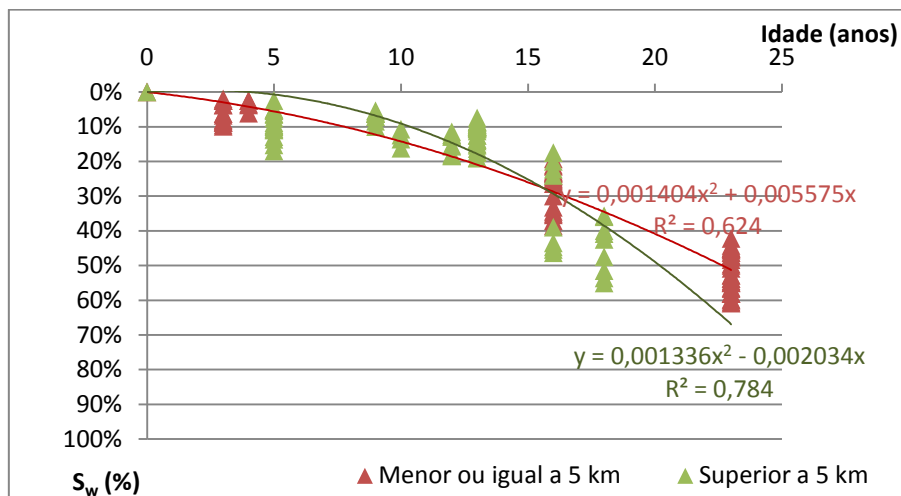
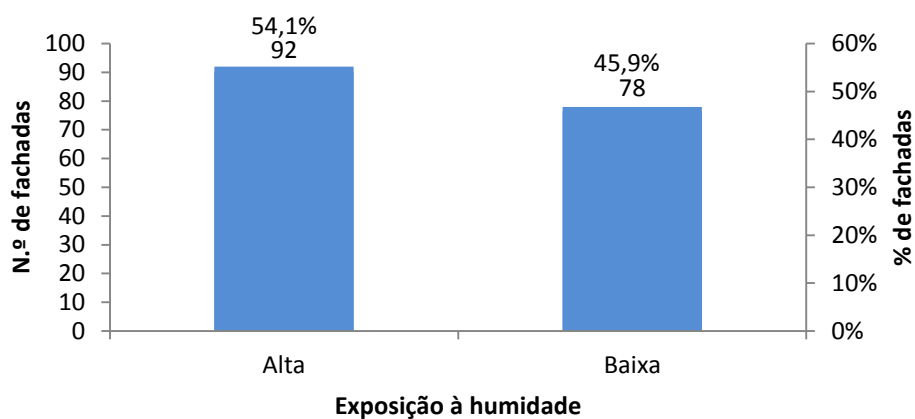


Figura 3.6. Curvas de degradação em função da proximidade do mar [adaptado de XIMENES, 2012]

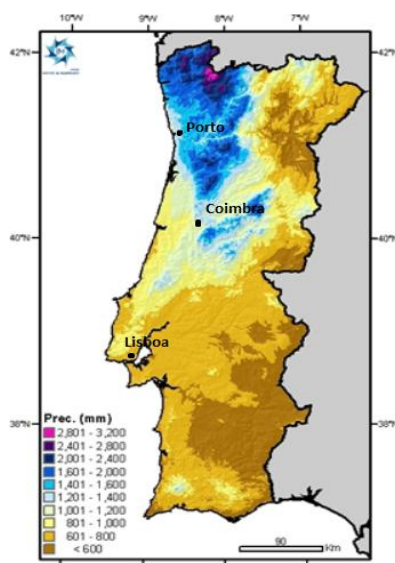
Quanto à exposição das fachadas à humidade, ou seja, a sua proximidade a rios ou ao mar, foram considerados 92 revestimentos com elevada exposição (distância a rios inferior a 1 km) e 78 com exposição reduzida (Figura 3.7). Tal como referido por Ximenes (2012), é necessário ter em consideração os níveis de precipitação anuais nos diferentes concelhos onde se insere a amostra analisada (Lisboa, Porto e Coimbra). Na Figura 3.8, é possível verificar que no Porto a precipitação anual acumulada apresenta valores mais elevados do que em Lisboa e Coimbra, sendo assim uma zona mais húmida. A Figura 3.9 ilustra a análise de degradação obtida a partir da amostra inicial. A partir desta análise, é possível constatar que os revestimentos com maior exposição à humidade ("alta") apresentam tendencialmente uma degradação mais rápida do que os revestimentos menos expostos ("baixa"), o que seria expectável face às maiores agressões que sofrem. A elevada exposição dos edifícios a este factor favorece a deterioração dos revestimentos devido à maior humedificação das fachadas. Esta humedificação depende ainda de vários parâmetros como a existência de precipitação, a temperatura e a radiação solar incidente, o efeito do vento, a pressão atmosférica e as características dos materiais utilizados [XIMENES *et al.*, 2015].

**Tabela 3.2. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à proximidade do mar e em função da idade dos revestimentos**

Idade	Amostra de Ximenes (2012)				Número mínimo de novos casos necessários				Somatório
	< 1 km	> 1 km e < 5 km	> 5 km	Total	< 1 km	> 1 km e < 5 km	> 5 km	Total	
5 a 9 anos	0	21	19	40	5	0	0	5	45
10 a 14 anos	0	0	15	15	5	5	0	10	25
15 a 19 anos	0	20	52	72	5	0	0	5	77
20 a 24 anos	0	0	9	9	5	5	0	10	19
> 25 anos	0	34	0	34	5	0	5	10	44
<b>Soma:</b>	0	75	95	170	25	10	5	40	<b>210</b>



**Figura 3.7. Distribuição da amostra em função da exposição à humidade, em número e em percentagem de fachadas**



**Figura 3.8. Precipitação acumulada anual em Portugal Continental [adaptado de INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA, 2015]**

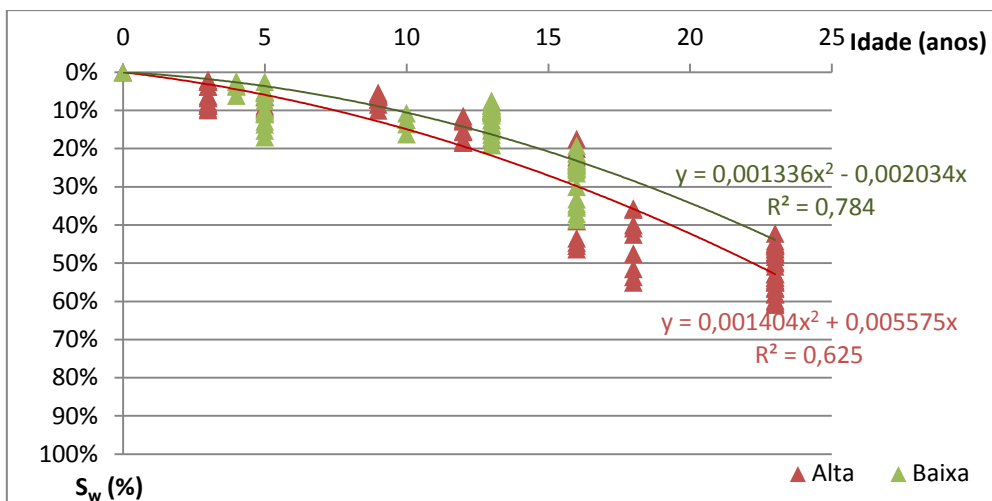


Figura 3.9. Curvas de degradação em função da exposição à humidade [adaptado de XIMENES, 2012]

Na Tabela 3.3, figura o número estimado de casos de estudo em função da sua exposição à humidade (colorido a laranja).

Tabela 3.3. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à exposição à humidade e em função da idade dos revestimentos

Idade	Amostra de Ximenes (2012)			Número mínimo de novos casos necessários			Somatório
	Alta	Baixa	Total	Alta	Baixa	Total	
5 a 9 anos	19	21	40	0	0	0	40
10 a 14 anos	11	4	15	0	0	0	15
15 a 19 anos	19	53	72	0	0	0	72
20 a 24 anos	9	0	9	0	5	5	14
> 25 anos	34	0	34	0	5	5	39
Soma:	92	78	170	0	10	10	180

Relativamente à intensidade da acção combinada da chuva e do vento, esta dependerá da geometria dos edifícios, da orientação das suas fachadas e da susceptibilidade que apresentam às condições de exposição predominantes. Os efeitos destes agentes agressivos em determinados edifícios, podem ser atenuados pela presença de vegetação ou de outras construções nas proximidades, que conferem alguma protecção e minimizam a exposição a estas acções. De forma a classificar a acção da chuva-vento, são estabelecidos três níveis correspondentes às situações de exposição "severa", "moderada" e "suave (de acordo com os critérios adoptados por vários autores [GASPAR, 2009 e CHAI *et al.*, 2014]:

- suave - para edifícios de reduzida altura (até 2 pisos), com protecção de outras construções, topografia ou vegetação;
- moderada - para edifícios de média altura (3 ou 4 pisos), protegidos por outras construções, topografia ou vegetação;
- severa - para edifícios situados em descampados ou em cruzamentos de vias ou cuja altura seja superior a 4 pisos.

Tendo em consideração os aspectos referidos, é possível observar na Figura 3.10 que a grande maioria das fachadas (117 revestimentos) apresenta uma exposição "severa" a estes agentes (68,8%). Da restante amostra, 53 fachadas apresentam uma exposição "moderada" e nenhum dos revestimentos apresenta exposição "suave". Desta forma, será necessário proceder à identificação de novos casos a agregar à amostra inicial, sobretudo fachadas com condições mais favoráveis às acções da chuva e do vento.

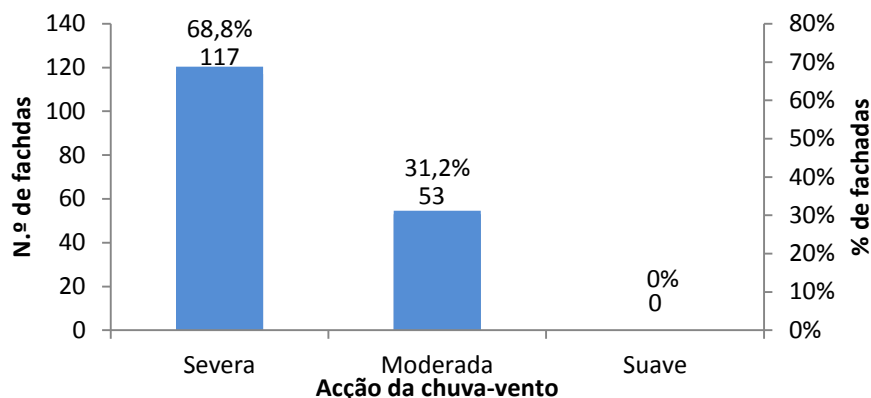


Figura 3.10. Distribuição da amostra em função da acção da chuva-vento, em número e em percentagem de fachadas

Na Figura 3.11, observa-se as curvas de degradação relativas à acção combinada da chuva e do vento. Como não existe uma curva de degradação associada à acção "suave", não é possível retirar conclusões inequívocas sobre a influência deste parâmetro. Além disso, a evolução da degradação não traduz a realidade expectável, pois, para o limite de severidade de degradação de 30%, que foi definido por Ximenes (2012) como o correspondente ao nível máximo de degradação atingido (nível 3 - degradação moderada), a vida útil estimada dos revestimentos é superior em cerca de dois anos para a acção combinada da chuva e do vento "severa". Também a intersecção das duas curvas correspondentes à acção "moderada" e à acção "severa" não permite a interpretação clara dos resultados. Outro factor que limita a fiabilidade dos resultados obtidos é o facto da acção "moderada" apresentar 53 revestimentos que abrangem apenas dois intervalos de idades (19 revestimentos com idades entre 5 e 9 anos e 34 revestimentos com idade superior a 25 anos), obtendo-se assim uma amostra muito dispersa, com reduzida relevância estatística.

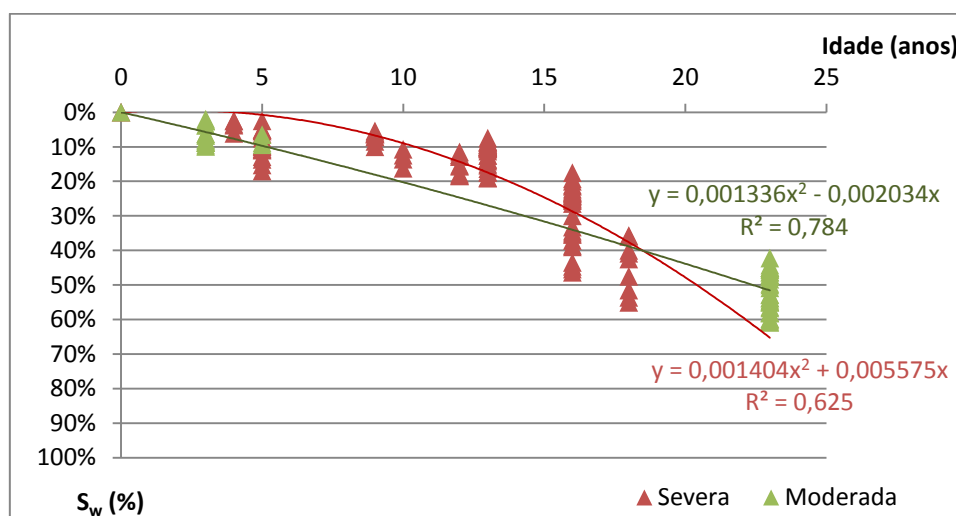


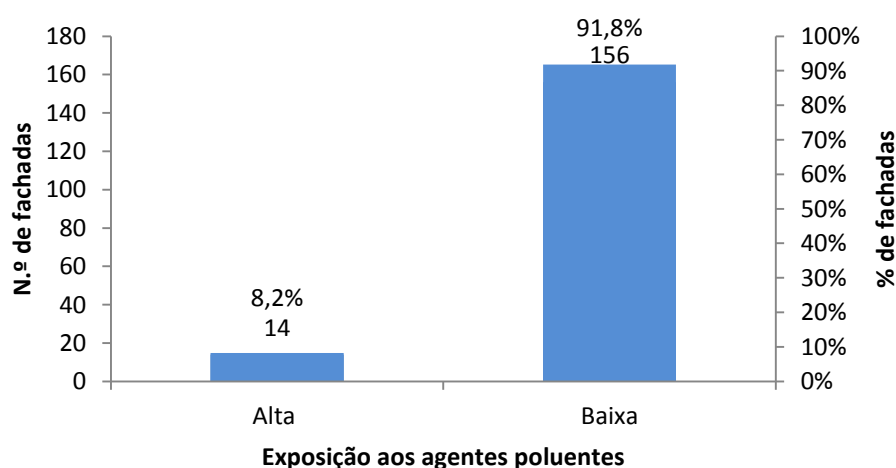
Figura 3.11. Curvas de degradação em função da acção chuva-vento [adaptado de XIMENES, 2012]

A Tabela 3.4 discrimina o número de casos analisados por Ximenes (2012) e os novos necessários para a realização do trabalho de campo, relativamente à acção do vento e da chuva. O número estimado de casos está colorido a laranja.

**Tabela 3.4. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à acção da chuva-vento e em função da idade dos revestimentos**

Idade	Amostra de Ximenes (2012)				Número mínimo de novos casos necessários				Somatório
	Severa	Moderada	Suave	Total	Severa	Moderada	Suave	Total	
5 a 9 anos	21	19	0	40	0	0	5	5	45
10 a 14 anos	15	0	0	15	0	5	5	10	25
15 a 19 anos	72	0	0	72	0	5	5	10	82
20 a 24 anos	9	0	0	9	0	5	5	10	19
> 25 anos	0	34	0	34	5	0	5	10	44
<b>Soma:</b>	117	53	0	170	5	15	25	45	<b>215</b>

Como definido por Ximenes (2012), utilizando como referência Chai (2011), a exposição aos agentes poluentes é traduzida pela intensidade de tráfego nas vias existentes na envolvente dos edifícios inspeccionados. Desta forma, os edifícios mais próximos de vias com grande intensidade de tráfego apresentam uma exposição "alta" às fontes poluentes. Caso contrário, exibem exposição "baixa". De acordo com a Figura 3.12, uma significativa parte da amostra (156 revestimentos) apresenta reduzida exposição aos agentes poluentes. Os restantes 14 revestimentos da amostra têm uma exposição elevada, devido, sobretudo, à sua proximidade a vias urbanas principais em que há maior emissão de gases poluentes.



**Figura 3.12. Distribuição da amostra em função da exposição aos agentes poluentes, em número e em percentagem de fachadas**

Através destes dados, é notória a diferença que existe entre a quantidade de revestimentos com exposição elevada à poluição atmosférica e os que têm menor incidência destes agentes. Desta forma, torna-se necessário aumentar a amostra, principalmente no que se refere aos casos mais expostos.

Ximenes (2012) observou que, para a exposição a fontes poluentes, a distribuição estatística dos resultados não permitia obter nenhum dado conclusivo sobre a influência deste factor na vida útil dos sistemas ETICS. Como é possível verificar na Figura 3.13, a curva de degradação associada à exposição "alta" (definida através da legenda "sim") depende de apenas dois edifícios inspeccionados em meios urbanos com elevada intensidade de tráfego viário, o que não permite avaliar a relevância do factor na durabilidade dos revestimentos.

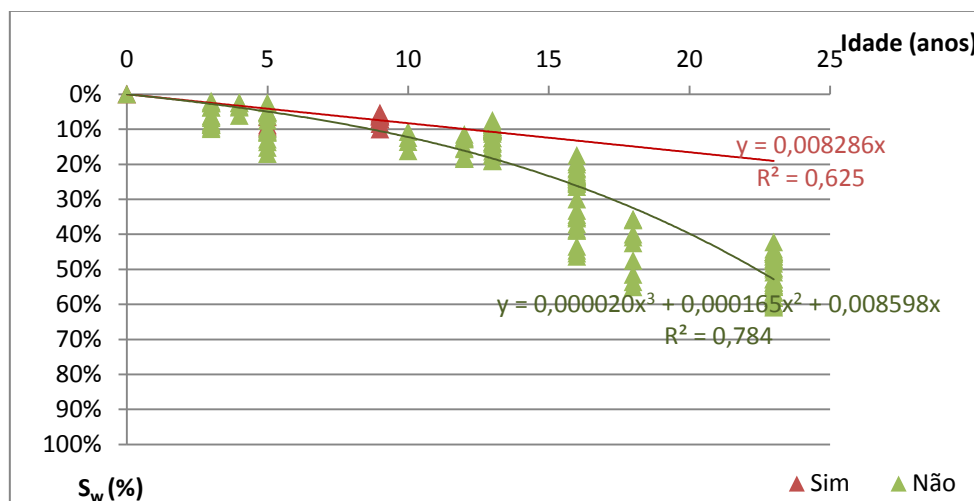


Figura 3.13. Curvas de degradação em função da exposição aos agentes poluentes [adaptado de XIMENES, 2012]

Na Tabela 3.5, é apresentado o número estimado de casos de estudo em função da sua exposição aos agentes poluentes (colorido a laranja), sendo notória a necessidade de expandir significativamente a amostra para idades superiores a 15 anos, quando expostas à elevada acção destes agentes.

Tabela 3.5. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à exposição aos agentes poluentes e em função da idade dos revestimentos

Idade	Amostra de Ximenes (2012)			Número mínimo de novos casos necessários			Somatório
	Alta	Baixa	Total	Alta	Baixa	Total	
5 a 9 anos	3	37	40	0	0	0	40
10 a 14 anos	11	4	15	0	0	0	15
15 a 19 anos	0	72	72	5	0	5	77
20 a 24 anos	0	9	9	5	0	5	14
> 25 anos	0	34	34	5	0	5	39
Soma:	14	156	170	15	0	15	185

### 3.4.3. Caracterização e análise dos revestimentos

Tal como a zona envolvente, também as características dos revestimentos necessitam de ser analisadas de forma a identificar a sua influência no processo de degradação. Neste contexto, serão estudados o tipo de revestimento, a cor, a textura do acabamento e o tipo de remate inferior.

Quanto ao tipo de revestimento, este era agrupado de acordo com o tipo de sistema utilizado em "tradicional", "reforçado" ou "cerâmico". Dos 170 casos estudados, 160 correspondiam a sistemas tradicionais (94,1%) e apenas 10 a sistemas reforçados (5,9%), não havendo nenhum caso de sistemas com elementos cerâmicos como solução de acabamento (Figura 3.14).

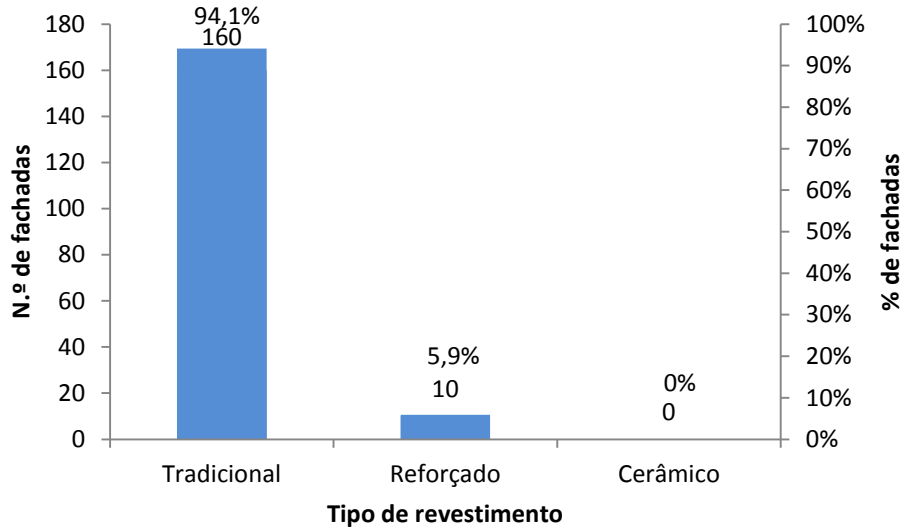


Figura 3.14. Distribuição da amostra em função do tipo de revestimento, em número e em percentagem de fachadas

Para este parâmetro de análise, os resultados são inconclusivos devido ao facto de não existirem revestimentos do tipo "cerâmico" (Figura 3.15). Também o pouco representativo número de casos com revestimento "reforçado", que pertencem todos ao mesmo edifício, não apresenta validade estatística. Desta forma, e recorrendo à Tabela 3.6, torna-se relevante ampliar a amostra inicial no que se refere a fachadas revestidas com sistemas reforçados e com sistemas cerâmicos, em todas as idades.

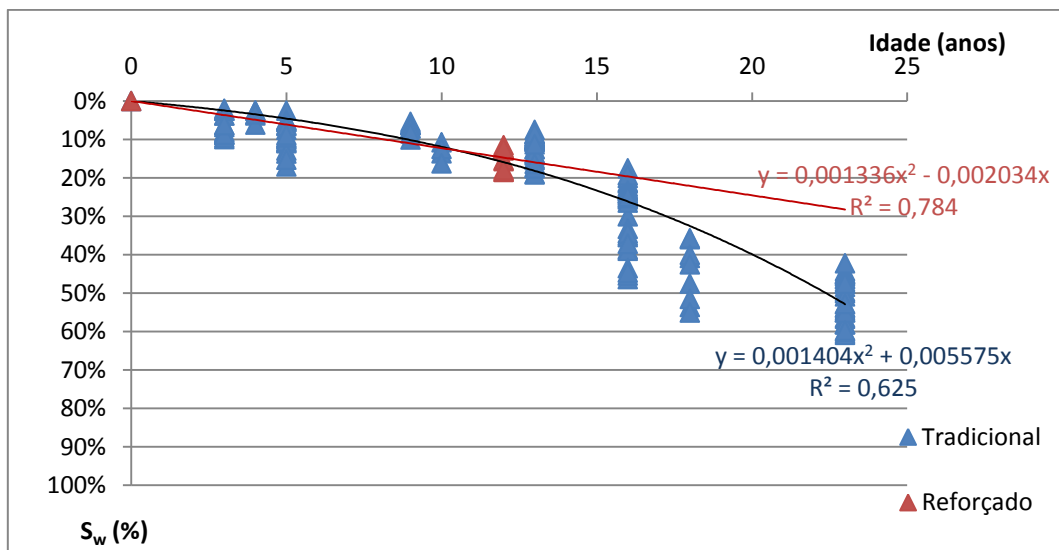


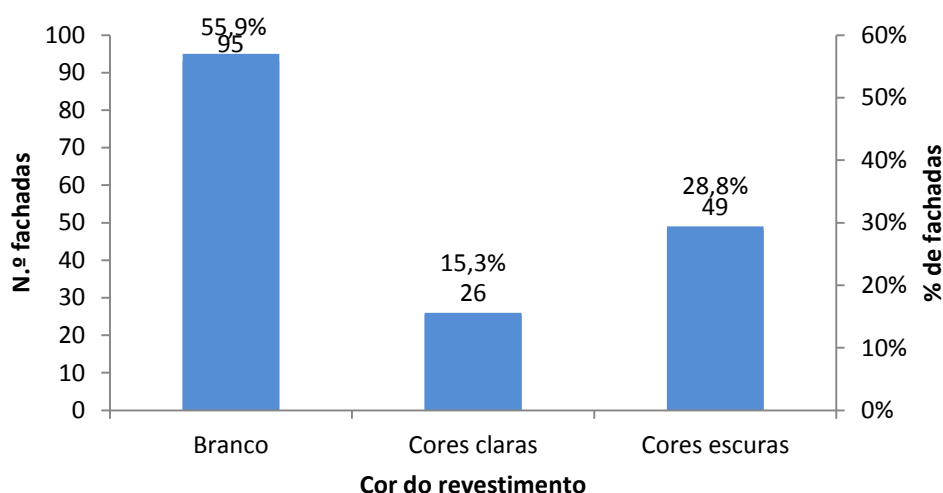
Figura 3.15. Curvas de degradação em função do tipo de revestimento [adaptado de XIMENES, 2012]

**Tabela 3.6. Número mínimo de novos casos necessários relativamente ao tipo de revestimento e em função da idade dos revestimentos**

Idade	Amostra de Ximenes (2012)				Número mínimo de novos casos necessários				Somatório
	Tradicional	Reforçado	Cerâmico	Total	Tradicional	Reforçado	Cerâmico	Total	
5 a 9 anos	40	0	0	40	0	5	5	10	50
10 a 14 anos	15	0	0	15	0	5	5	10	25
15 a 19 anos	62	10	0	72	0	0	5	5	77
20 a 24 anos	9	0	0	9	0	5	5	10	19
> 25 anos	34	0	0	34	0	5	5	10	44
<b>Soma:</b>	160	10	0	170	0	20	25	45	<b>215</b>

Na análise que efectuou relativamente à cor dos revestimentos, Ximenes (2012) agrupou-os em cinco categorias: "branco", "amarelo", "creme/bege", "rosa/salmão" e "cinzento". De forma a reduzir o número de variáveis e simplificar a análise, dividiram-se estas cores por três novos grupos: "branco", "cores claras" (engloba as cores "amarelo", "creme/bege" e "rosa/salmão") e "cores escuras" ("cinzento"). Esta divisão é fundamentada pelo facto de as cores dos acabamentos possuírem capacidades de absorção da radiação solar incidente diferentes, o que pode condicionar a sua deterioração. Acabamentos de cores mais claras têm maior reflectância à luz solar do que as cores mais escuras, tendendo a absorver, portanto, menos radiação solar e minimizando as tensões no interior do sistema que podem gerar fissuração ou mesmo destacamento dos acabamentos [AMARO, 2011 e CHAI *et al.*, 2014]. Na Figura 3.16, é possível observar que a amostra possui uma maior predominância da cor branca que se apresenta em 95 dos 170 revestimentos (cerca de 56% da amostra).

Observando a Figura 3.17, compreende-se que os resultados não são concludentes, pois as curvas de degradação referente às cores dos revestimentos cruzam-se, havendo até duas curvas colineares respeitantes às cores "rosa/salmão" e "creme/bege".



**Figura 3.16. Distribuição da amostra em função da cor do revestimento, em número e em percentagem de fachadas**



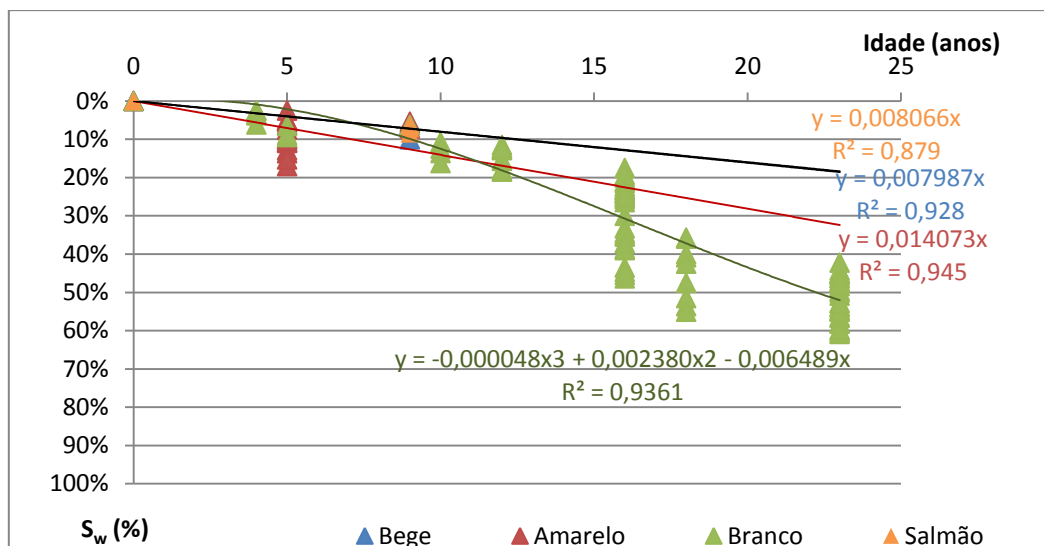


Figura 3.17. Curvas de degradação em função da cor do revestimento [adaptado de XIMENES, 2012]

Apesar de os valores do coeficiente de determinação serem elevados para todas as cores (valores de  $R^2$  superiores a 0,8), os resultados não traduzem a realidade esperada, pois os revestimentos com cor branca apresentam uma deterioração mais rápida do que as restantes cores, traduzida pela elevada inclinação da curva correspondente. Ximenes (2012), citando Gaspar (2009) e Silva (2009), considera que as cores mais claras facilitam o processo de percepção e de reconhecimento das anomalias, o que permite obter uma justificação aceitável para este resultado pouco expectável.

Para a cor cinzenta, a autora verificou que não seria possível traçar a curva de degradação respectiva, uma vez que os revestimentos com esta cor pertenciam a apenas dois casos da amostra (Cooperativa habitacional de Massarelos com 16 fachadas e o Departamento de Engenharia da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto com 33 fachadas), não apresentando, portanto, validade estatística.

Na Tabela 3.7, figura o número mínimo de casos necessários a inspeccionar, relativamente à cor dos revestimentos (colorido a laranja).

Tabela 3.7. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à cor do revestimento e em função da idade dos revestimentos

Idade	Amostra de Ximenes (2012)						Número mínimo de novos casos necessários						Somatório
	Branco	Amarelo	Creme	Rosa	Cinzen- to	Total	Branco	Amarelo	Creme	Rosa	Cinzen- to	Total	
5 a 9 anos	8	16	0	0	16	40	0	0	5	5	0	10	50
10 a 14 anos	5	3	4	3	0	15	0	0	0	0	5	5	20
15 a 19 anos	39	0	0	0	33	72	0	5	5	5	0	15	87
20 a 24 anos	9	0	0	0	0	9	0	5	5	5	5	20	29
> 25 anos	34	0	0	0	0	34	0	5	5	5	5	20	54
<b>Soma:</b>	95	19	4	3	49	170	0	15	20	20	15	70	240

Relativamente ao parâmetro textura do acabamento, Ximenes (2012) distribuiu-o em quatro categorias: "liso", "pouco rugoso", "rugoso" e "muito rugoso" (Figura 3.18). De forma a facilitar a análise, não a tornando demasiado exaustiva, optou-se por classificar a textura do acabamento em dois grupos: "liso" e "rugoso" (este último grupo engloba ainda as categorias "pouco rugoso" e "muito rugoso").



Figura 3.18. Exemplos de texturas do acabamento [XIMENES, 2012]

Como se compreende, a relevância deste factor evidencia-se pelo facto de os revestimentos mais texturados criarem condições propícias para a acumulação de partículas e, conseqüentemente, para a fixação de diversos microorganismos, o que pode acelerar a deterioração dos sistemas ETICS [AMARO, 2011 e SARAIVA, 2011].

A amostra não está distribuída homogeneamente, sendo que dos 170 revestimentos inspeccionados, 139 exibem um acabamento "rugoso" e 31 apresentam um acabamento "liso" (Figura 3.19).

Através da análise da Figura 3.20, verifica-se que as curvas de degradação para os diferentes tipos de textura conduzem a coeficientes de determinação elevados (superiores a 0,8), mas estes resultados não tem significância estatística, devido não só à distribuição não uniforme da amostra pelos tipos de acabamento, mas também porque as curvas se cruzam várias vezes e estão todas muito próximas.

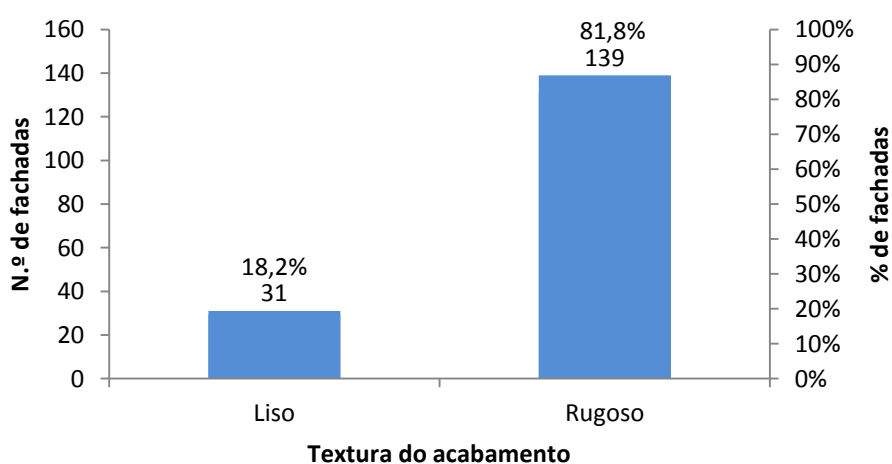


Figura 3.19. Distribuição da amostra em função da textura do acabamento, em número e em percentagem de fachadas

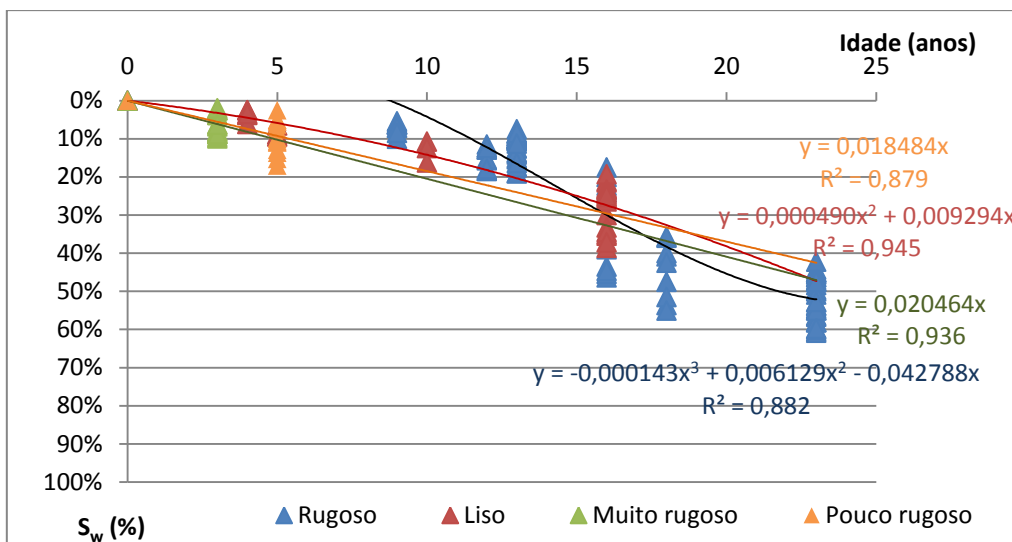


Figura 3.20. Curvas de degradação em função da textura do acabamento [adaptado de XIMENES, 2012]

Apesar de o valor do coeficiente de determinação do acabamento "liso" ser elevado ( $R^2$  de 0,945), o número de revestimentos estudados é reduzido (31 fachadas inspeccionadas), não havendo revestimentos com essas características com idades superiores ao intervalo de 15 a 19 anos. Desta forma, torna-se necessário aumentar a amostra em pelo menos 10 novos revestimentos com textura "lisa" (Tabela 3.8).

Tabela 3.8. Número mínimo de novos casos necessários relativamente à textura do acabamento e em função da idade dos revestimentos

Idade	Amostra de Ximenes (2012)			Número mínimo de novos casos necessários			Somatório
	Liso	Rugoso	Total	Liso	Rugoso	Total	
5 a 9 anos	8	32	40	0	5	5	45
10 a 14 anos	3	12	15	0	10	10	25
15 a 19 anos	20	52	72	0	10	10	82
20 a 24 anos	0	9	9	5	10	15	24
> 25 anos	0	34	34	5	10	15	49
Soma:	31	139	170	10	45	55	225

Como os sistemas ETICS têm pouca resistência às solicitações mecânicas nas zonas acessíveis (choque de objectos ou impacto de equipamentos ou veículos, de forma acidental ou intencional), são mais propensos à degradação acelerada nessas zonas dos revestimentos. Assim, existe a necessidade de planear soluções de reforço nestas zonas que previnam a ocorrência de situações anómalas. Algumas soluções usuais são a execução de sistemas com perfil de arranque elevado (sistemas colocados a um nível mais elevado para minimizar a acção de impactos nas zonas acessíveis) ou a execução de socos, que conferem maior protecção às zonas inferiores das fachadas.

Tendo em consideração os aspectos referidos, a Figura 3.21 ilustra a distribuição dos tipos de remate inferior pelas fachadas analisadas por Ximenes (2012), observando-se que 137 dos 170 revestimentos inspeccionados são protegidos inferiormente através de perfis de arranque elevados ou socos (correspondem, respectivamente, a 22,9% e a 57,6% dos revestimentos). Já os revestimentos menos protegidos nas zonas acessíveis (sem nenhum tipo de remate inferior ou com rodapé, por exemplo) correspondem a 19,4% da amostra total (33 revestimentos).

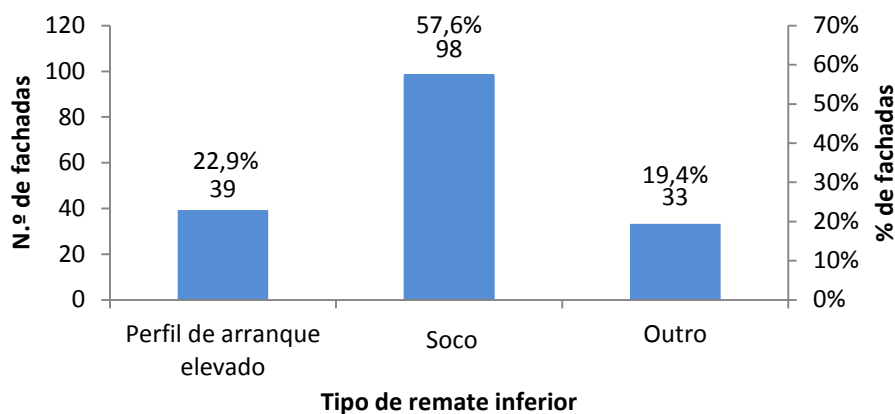


Figura 3.21. Distribuição da amostra em função do tipo de remate inferior, em número e em percentagem de fachadas

As curvas de degradação estimadas por Ximenes (2012) para o tipo de remate inferior estão associadas a valores do coeficiente de determinação elevados (Figura 3.22). No entanto, as curvas cruzam-se, o que dificulta a percepção da influência deste factor na vida útil dos ETICS analisados.

Outra conclusão possível é que, apesar de estas curvas não traduzirem a realidade esperada, existe alguma coerência nos resultados obtidos para a variável "outro". Esta variável apresenta uma deterioração mais rápida do que os outros tipos de remate inferior e, de facto, estando as zonas acessíveis mais desprotegidas inferiormente, existe maior vulnerabilidade dos revestimentos a impactos de diversa natureza. De forma contrária, os resultados obtidos para a evolução da degradação dos restantes tipos de remate inferior não correspondem ao que seria esperado, uma vez que se esperaria que os revestimentos com perfil de arranque elevado tivessem sempre um melhor desempenho diferido do que os que têm soco. No entanto, só a partir do ponto em que se intersectam as duas curvas, é que esta situação se verifica. Face a estes resultados, Ximenes (2012) considerou que o tipo de remate inferior não era condicionante para a avaliação da durabilidade dos revestimentos, pois o processo de modelação não contabiliza as acções acidentais ou de vandalismo, uma vez que são acções imprevisíveis e, por isso, impossíveis de modelar.

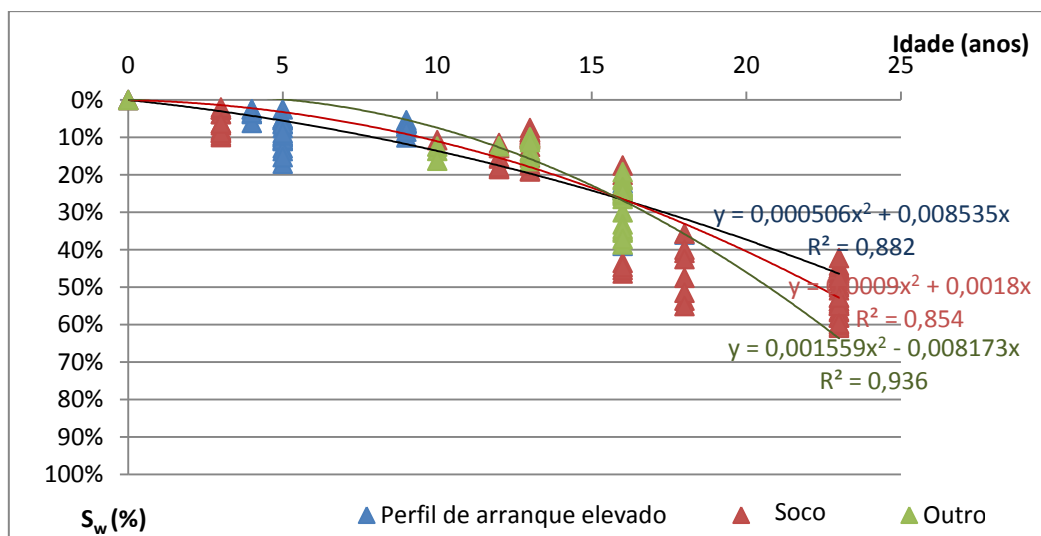


Figura 3.22. Curvas de degradação em função do tipo de remate inferior [adaptado de XIMENES, 2012]

Assim, e apesar de este factor não ser considerado condicionante, será interessante expandir a amostra, sobretudo no que se refere a revestimentos com "outro" tipo de remate inferior, nos intervalos de idades entre 5 e 9 anos, entre 20 e 24 e para idades superiores a 25 anos (Tabela 3.9).

Finalmente, após a análise do número mínimo de novos casos necessários de acordo com os diversos factores considerados e em função da idade dos revestimentos, é possível estimar o valor total de novos casos a juntar à amostra inicial de Ximenes (2012), através da conjugação dos dados obtidos nas Tabelas 3.1 a 3.9. O resultado desta união encontra-se representado na Tabela 3.10 em que, para cada intervalo de idades, se seleccionou o número máximo de revestimentos necessários, independentemente dos factores que o suscitaram. Desta forma, foi possível estimar uma nova amostra de, pelo menos, 80 revestimentos.

Através da Tabela 3.10, destaca-se a cor dos revestimentos como o factor mais preponderante para determinar o valor mínimo de casos, uma vez que apresenta o maior número de valores marcados com cor mais escura que correspondem aos valores máximos utilizados na contabilização da amostra necessária. De forma semelhante, a orientação também se impõe como um factor determinante na estimativa da nova amostra.

**Tabela 3.9. Número mínimo de novos casos necessários relativamente ao tipo de remate inferior e em função da idade dos revestimentos**

Idade	Amostra de Ximenes (2012)				Número mínimo de novos casos necessários				Somatório
	Perfil de arranque elevado	Soco	Outro	Total	Perfil de arranque elevado	Soco	Outro	Total	
5 a 9 anos	24	16	0	40	0	0	5	5	45
10 a 14 anos	11	1	3	15	0	5	0	5	20
15 a 19 anos	3	39	30	72	0	0	0	0	72
20 a 24 anos	1	8	0	9	5	0	5	10	19
> 25 anos	0	34	0	34	5	0	5	10	44
<b>Soma:</b>	<b>39</b>	<b>98</b>	<b>33</b>	<b>170</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>200</b>

**Tabela 3.10. Número mínimo total de novos casos necessários**

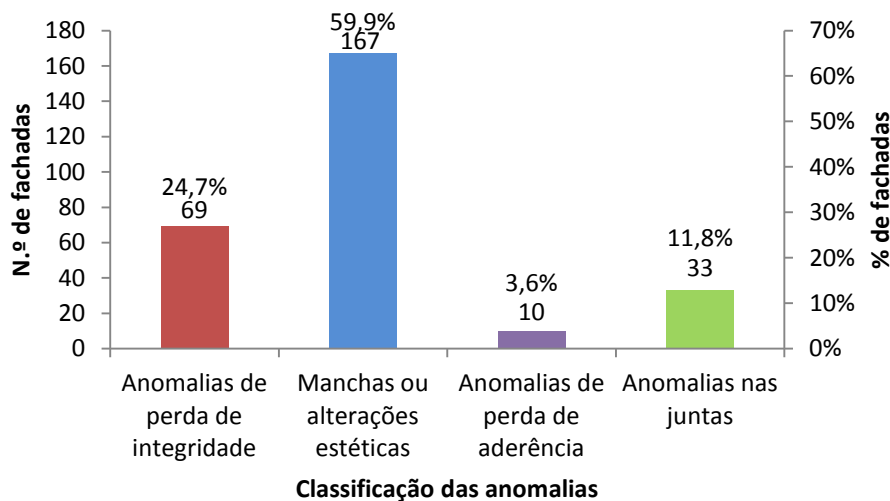
Idade	Número mínimo de casos novos necessários									Total
	Orientação	Distância ao mar	Exposição à humidade	Acção da chuva - vento	Exposição aos agentes poluentes	Tipo de revestimento	Textura do acabamento	Cor	Remate inferior	
5 a 9 anos	0	5	0	5	0	<b>10</b>	5	<b>10</b>	5	10
10 a 14 anos	<b>15</b>	10	0	10	0	10	10	5	5	15
15 a 19 anos	0	5	0	10	5	5	10	<b>15</b>	0	15
20 a 24 anos	10	10	5	10	5	10	15	<b>20</b>	10	20
> 25 anos	<b>20</b>	10	5	10	5	10	15	<b>20</b>	10	20
										<b>80</b>

### 3.4.4. Caracterização das anomalias existentes na amostra

Concluindo a análise dos resultados obtidos por Ximenes (2012), é realizada uma caracterização das anomalias registadas nos revestimentos inspeccionados. Desta forma, a autora (Ximenes, 2012) agrupou as diversas anomalias segundo as características que exibiam e as alterações provocadas nos revestimentos. Estes grupos são:

- manchas e alterações cromáticas e/ou de textura - neste grupo, incluem-se as manchas de origem biológica, manchas de humidade, manchas de sujidade, eflorescências, manchas de oxidação, marcas de escorrências e alterações na textura e cor do revestimento devido a líquenes e algas;
- anomalias de perda de integridade - engloba anomalias como a fissuração e a deterioração do recobrimento das cantoneiras de reforço;
- anomalias de perda de aderência - integra os fenómenos de empolamento e destacamento;
- anomalias nas juntas - este grupo inclui fissuração nas juntas, visualização das juntas entre placas associada à sujidade ou devido à presença de humidade.

Todas as fachadas analisadas apresentam algum tipo de anomalia, sendo as alterações visuais as mais correntes, correspondendo a 59,9% das anomalias detectadas e afectando 167 dos 170 revestimentos (Figura 3.23). Inversamente, as anomalias de perda de aderência são as menos representativas, correspondendo a uma frequência de apenas 3,6% no conjunto analisado. Já as anomalias de perda de integridade e as anomalias nas juntas apresentam uma frequência moderada nos revestimentos correspondendo a 24,7% e 11,8% da amostra, respectivamente.



**Figura 3.23. Distribuição dos revestimentos analisados por Ximenes (2012) por cada grupo de anomalias, em número e em percentagem de casos**

Relativamente ao tipo de anomalias detectadas (Figura 3.24), as que têm maior significância na amostra são as manchas de humidade / fungos que representam 29,9% dos fenómenos de degradação analisados (138 revestimentos afectados). Outras manifestações muito comuns são as marcas de escorrência e a fissuração correspondendo a 24,9% e a 15%, respectivamente, da amostra total, sendo seguidas pelos líquenes e algas com 9,1% e pela sujidade superficial presente em 8,7% da amostra. A visualização de juntas entre placas associada à

presença de humidade (4,8%) e a fissuração nas juntas (2,4%) apresentam uma frequência reduzida nos revestimentos, enquanto as restantes anomalias não exibem grande representatividade na amostra, correspondendo a cerca de 0,2% a 2% do conjunto de manifestações anómalas analisadas.

Importa referir que, dentro de cada grupo de anomalias, existem tipos de ocorrências que se destacam pela frequência com que surgem nas fachadas. Assim, no grupo predominante das alterações estéticas, as anomalias que se distinguem são as manchas de humidade / fungos, seguidas pelas marcas de escorrências, o que fortalece a noção da elevada susceptibilidade dos sistemas ETICS aos efeitos da humidade.

No grupo das anomalias de perda de integridade, evidencia-se a presença da fissuração, representada em 69 dos revestimentos. Já nas anomalias de perda de aderência, não existe suficiente representatividade das ocorrências, sendo o empolamento a anomalia com maior prevalência na amostra analisada, com mais sete casos do que a anomalia destacamento.

Finalmente, no grupo das anomalias nas juntas, a visualização das juntas entre placas por alteração cromática associada a humidade prevalece comparativamente com as anomalias do tipo fissuração nas juntas e visualização das juntas entre placas por alteração cromática associada a sujidade.

Toda a informação analisada será, novamente, objecto de estudo no ponto 3.8 em que se irá proceder à análise e comparação com os dados obtidos no novo trabalho de campo.

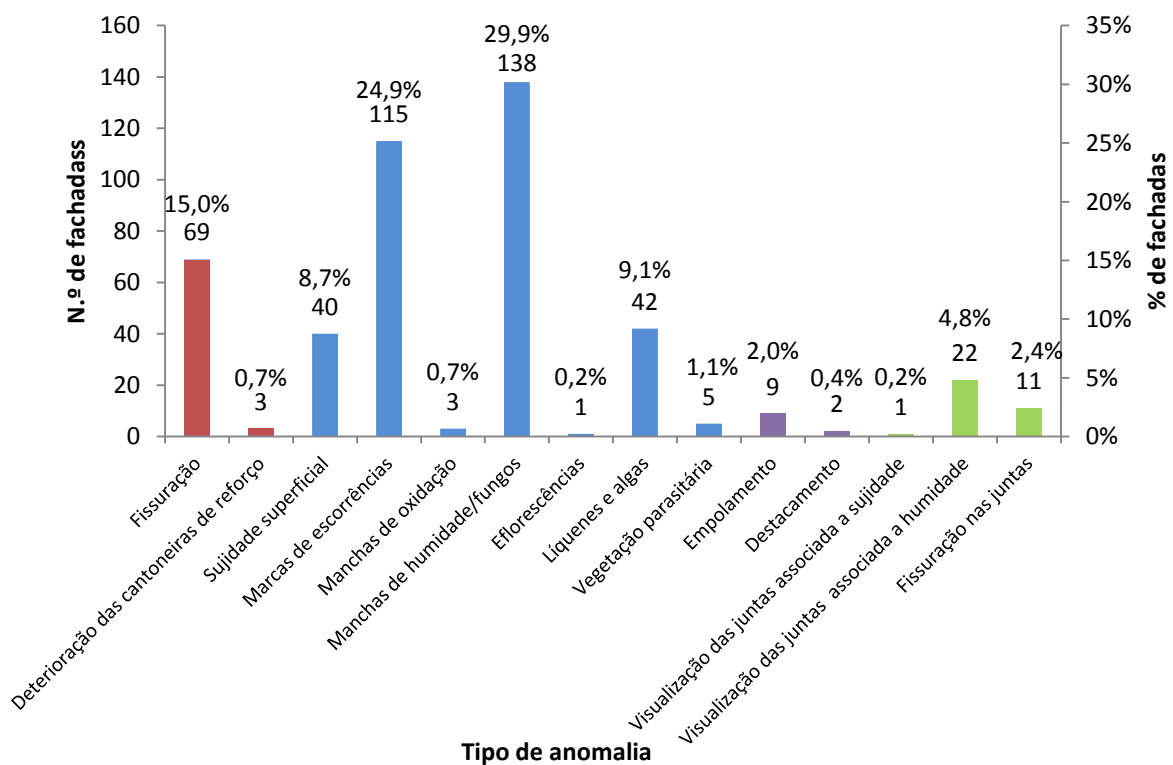


Figura 3.24. Distribuição dos revestimentos analisados por Ximenes (2012) pelos diferentes tipos de anomalias, em número e em percentagem de casos

### **3.5. Metodologia de investigação adoptada**

A estruturação do trabalho de campo, com a consideração das técnicas de inspecção e diagnóstico a integrar na análise da nova amostra, baseadas na metodologia utilizada por Gaspar (2009), articulou diversos procedimentos necessários para uma recolha de dados que se exigia fiável e rigorosa. Desta forma, tornou-se fundamental proceder à identificação e definição de todos os parâmetros determinantes para a caracterização dos revestimentos ETICS a analisar, designadamente as suas características e a área afectada por cada manifestação anómala (informação quantitativa) e toda a informação relevante para aferir sobre a sua durabilidade e estado de degradação (informação qualitativa).

Inicialmente, foi necessário definir o tipo de levantamento de dados possível, de acordo com os recursos técnicos e as condições de execução da inspecção existentes. Assim, o levantamento consistiu numa inspecção visual não intrusiva e sujeita a calendarização prévia, em que, complementarmente, se listou e reuniu os meios técnicos necessários a adoptar na recolha e registo de dados.

De uma forma geral, o trabalho de campo estruturou-se de forma semelhante à campanha realizada por Ximenes (2012). A primeira fase, antes de se iniciar as actividades de inspecção, foi dedicada ao planeamento do trabalho de campo que compreendeu a identificação e selecção de casos a analisar, em função de critérios relacionados com os principais factores que condicionam a durabilidade de ETICS. Para além disso, foi necessário compilar, previamente, informação que possibilitasse complementar e enquadrar a amostra no contexto existente.

A recolha prévia de informação pretendeu constituir uma caracterização rigorosa de cada caso em análise e permitiu obter dados referentes à idade da construção ou à data da última grande intervenção, às características do edifício (o tipo de estrutura e as características de utilização, essencialmente) e às condições a que está sujeito (localização, orientação, condições de exposição ambiental). Posteriormente, definiu-se criteriosamente a metodologia a aplicar na recolha de informação em campo. Todos os dados recolhidos nesta fase foram registados num documento que se apresenta como essencial para estudar e compreender o processo da degradação ao longo do tempo. Este documento designa-se por ficha de inspecção e diagnóstico e reúne diversas informações que permitem caracterizar o edifício e a fachada particular em análise, designadamente a informação prévia obtida na fase de selecção da amostra e também os dados recolhidos sobre as características e o estado de degradação da fachada durante a actividade de inspecção, servindo para posterior inclusão em modelos de degradação e na elaboração do modelo factorial.

Finalmente, a última fase integra o processo de levantamento dos dados em campo e a definição da amostra, através da avaliação visual dos revestimentos.

Os recursos técnicos adoptados para o auxílio da inspecção visual foram: fita métrica para medição de elementos de referência, bússola, máquina fotográfica, régua de fissuras e binóculos. Importa salientar que, para minimizar os efeitos da distorção nas fotografias, se tentou fotografar as fachadas sempre de frente. A informação a recolher nesta última fase inclui as condições de exposição, utilização e manutenção dos edifícios, os materiais aplicados, os dados sobre a área do revestimento, a quantificação da área afectada por anomalias



(através de medição real em campo ou através da quantificação estimada de degradação em zonas inacessíveis) e o respectivo nível de degradação dos revestimentos.

Como os sistemas ETICS são continuamente aplicados nas fachadas, as estimativas das áreas foram realizadas através da medição de elementos de referência no local, que complementavam o registo fotográfico, possibilitando a reprodução do revestimento, à escala, em AutoCAD®. De forma conexas, houve necessidade de realizar esquemas e desenhos que permitissem reconhecer mais facilmente as características das fachadas e as anomalias existentes, a sua densidade e a respectiva localização, possibilitando também a marcação de observações relevantes que auxiliassem na análise dos revestimentos, pois por vezes a resolução das fotografias não permitia uma percepção tão clara das suas características.

### **3.5.1. Ficha de inspecção e diagnóstico**

A ficha de inspecção e diagnóstico foi realizada com o propósito de sistematizar, simplificar e tirar o maior partido possível do trabalho de campo. Aquando da realização da referida ficha, foi necessário ter já consolidado todos os conceitos relevantes, nomeadamente o conhecimento geral e a distinção dos diversos tipos de anomalias e as razões possíveis para a sua ocorrência, de forma a ser possível relacionar, com relativa facilidade, as anomalias encontradas com a sua causa provável.

A ficha de inspecção e diagnóstico teve como referência principal a ficha elaborada por Ximenes (2012), mas também teve por base fichas realizadas por outros autores em investigações no âmbito da temática da previsão de vida útil de diversos revestimentos como Gaspar (2002), Sousa (2008), Silva (2009), Chai (2011), Emídio (2012) e Galbusera (2013).

Em resumo, este documento serviu como meio complementar à inspecção e diagnóstico patológico de novos revestimentos a adicionar à amostra inicial, permitindo registar e classificar as anomalias existentes. Assim, a ficha de diagnóstico deve responder com clareza aos seguintes pontos:

- recolha e descrição das anomalias visíveis;
- identificação e localização nas fachadas das principais anomalias e reconhecimento das causas expectáveis para a sua ocorrência;
- forma de manifestação da degradação, extensão e intensidade das alterações;
- registo e definição de critérios de quantificação do grau de severidade das anomalias detectadas;
- conhecimento dos principais factores que podem influenciar a degradação;
- informações complementares e observações relevantes que sejam necessárias para melhor identificar as possíveis causas, como, por exemplo, o meio envolvente e a localização da anomalia na fachada.

Esta ficha contém todos os parâmetros relevantes para uma adequada definição do nível global de degradação da fachada e para a análise da evolução da degradação em função de factores considerados relevantes, de que são exemplos a idade, factores de projecto e execução, particularidades construtivas, acções ambientais, tipo de envolvente e condições de exposição, tipo de sistema utilizado e as características intrínsecas dos materiais

aplicados, a existência de manutenção, entre outros [ISO 15686, 2000]. A ficha de inspeção base contém, assim, campos de preenchimento que assentam no reconhecimento destes factores, que se apresentam como condicionantes na degradação, e que são divididos em cinco grupos:

**I) Características gerais e tipologia do edifício:**

- Endereço;
- Ano de aplicação;
- Tipo de envolvente: Urbana / Rural / Marítima / Industrial;
- Utilização predominante: Habitação/ Comércio/ Serviços/ Outra;
- Número de pisos acima do solo;
- Configuração volumétrica: Compacta/ Irregular;
- Número de fachadas inspeccionadas;

**II) Características gerais das fachadas:**

- Tipo de fachada: Frontal/ Tardoz/ Lateral;
- Orientação da fachada: Norte/ Sul/ Este/ Oeste;
- Área da fachada com ETICS (em m<sup>2</sup>);
- Número de fachadas inspeccionadas;

**III) Características gerais do revestimento ETICS:**

- Tipo de revestimento: Tradicional/ Cerâmico/ Reforçado/ Outro;
- Tipo de acabamento;
- Cor do acabamento;
- Tipo de remate inferior;

**IV) Condições ambientais:**

- Exposição aos agentes poluentes: Sim/ Não;
- Acção da chuva e do vento: Suave/ Moderada/ Severa;
- Exposição à humidade: Elevada/ Reduzida;
- Proximidade do mar: ≤ 1 km/ >1 km e <5 km/ >5 km;

**V) Condições de manutenção:**

- Manutenção regular: Sim/ Não;
- Data da última reparação.

No grupo III), dedicado às características gerais do revestimento, surgem diferentes designações para classificar o tipo de revestimento. Assim, o revestimento tradicional refere-se à solução corrente dos sistemas ETICS, composta por placas de isolamento com poliestireno expandido moldado, armadura de fibra de vidro e acabamento simples e com alguma rugosidade. Já a denominação de revestimento reforçado utiliza-se quando existe aplicação dupla de armadura. Finalmente, os revestimentos cerâmicos referem-se, tal como o nome indica, a sistemas com acabamento cerâmico. Importa referir que os sistemas resistentes não são explicitados nesta ficha de inspeção, podendo inserir-se na categoria "outro", devido à dificuldade de retirar conclusões, em campo, sobre a existência de materiais utilizados para conferir maior resistência à solução adoptada.

No grupo IV), respeitante às condições ambientais, existem parâmetros utilizados de forma a sistematizar o levantamento de dados, definidos por Ximenes (2012). Neste contexto, no campo de preenchimento referente à exposição do edifício aos agentes poluentes, existe a opção "sim" que é marcada quando existem vias urbanas principais nas suas proximidades, atribuindo-se "não" no caso contrário.

A acção da chuva e do vento é classificada em suave, moderada e severa, segundo as regras adoptadas na análise de Ximenes (2012) e expostas no ponto 3.4.2. Relativamente à exposição à humidade, esta pode ser "elevada" quando o edifício se encontre nas proximidades de rios ou do mar (distância inferior a 1 km) e "reduzida" caso contrário.

Além desta primeira parte, dedicada às características gerais da amostra e aos factores de degradação mais condicionantes para a durabilidade, a ficha inclui ainda uma parte a preencher referente à caracterização das anomalias existentes nos revestimentos ETICS inspeccionados e ao aspecto global da fachada analisada. As anomalias verificadas são distribuídas em quatro grupos referentes ao género de alterações observadas (estes grupos encontram-se discriminados no ponto 3.6), sendo efectuada a atribuição dos respectivos níveis de degradação (de acordo com a classificação adoptada também no ponto 3.6), bem como a referência da localização e extensão das manifestações anómalas e as causas prováveis para o seu surgimento.

As causas expectáveis e possíveis de serem avaliadas para o aparecimento dos fenómenos são agrupadas em quatro tipos de factores distintos, definidos por Ximenes (2012): factores ambientais (i), características gerais do edifício (ii), características dos materiais utilizados (iii) e acções humanas (iv).

A localização das anomalias no revestimento é disposta também em quatro zonas, em coerência com as definições impostas por Ximenes (2012): zona acessível (ZA), admitida até 2 m de altura (aproximadamente); zona não acessível (ZNA); arestas (A) e próximo de uma abertura (PA).

A ficha de inspecção e diagnóstico pode ser consultada no Anexo I.

### **3.6. Classificação das anomalias e definição dos níveis de degradação**

De forma a concretizar uma análise rigorosa da evolução da degradação dos revestimentos ao longo do tempo, é necessário definir níveis de degradação para caracterizar as anomalias existentes. Estes níveis de degradação são traduzidos em escalas ou padrões visuais de referência, caracterizados por parâmetros passíveis de serem identificados inteligivelmente durante as actividades de inspecção. A análise destes parâmetros e a sua introdução em escalas bases foi desenvolvida por diferentes autores, ainda que utilizando diferentes critérios. Distingue-se, assim, os trabalhos realizados por autores como Freitas *et al.* (1999), Marteinson e Jónsson (1999), Flourentzou *et al.* (2000), Brandt e Rasmussen (2002) e Shohet e Paciuk (2004). Destaca-se ainda o estudo de Gaspar e Brito (2005), que estimam a severidade de cada anomalia em função das suas características e da extensão de degradação no revestimento. Posteriormente, Chai (2011) aplicou no seu estudo uma quantificação baseada em padrões visuais de referência, estabelecidos em documentos normativos, tendo em consideração a natureza, extensão, quantidade e intensidade das manifestações anómalas.

Assim, durante o trabalho de campo e, seguindo a metodologia aplicada por vários autores em outros trabalhos inseridos no âmbito da previsão da vida útil de revestimentos, como Sousa (2008), Silva (2009), Chai (2011), Emídio (2012), Ximenes (2012) e Galbusera (2013), identificou-se as anomalias existentes nos sistemas ETICS. Para

proceder à classificação de anomalias, tornou-se necessário reconhecer os fenómenos de degradação presentes nos revestimentos, avaliando e quantificando as suas características, bem como a sua localização.

Inicialmente, os fenómenos de degradação devem ser organizados em diferentes grupos que visam reunir e distinguir as manifestações de acordo com as alterações que promovem nos revestimentos. Como refere Ximenes (2012), as anomalias devem ser agrupadas de acordo com a sua gravidade, relevância na durabilidade dos revestimentos, a sua frequência e os efeitos que introduzem nos sistemas ETICS, para, posteriormente, serem definidos patamares de degradação. Desta forma, e no seguimento do mesmo trabalho (Ximenes, 2012), as anomalias distribuem-se, segundo os critérios definidos, nas seguintes categorias (referidas no ponto 3.4.4):





- manchas e alterações cromáticas e/ou de textura;
- perda de integridade;
- perda de aderência;
- anomalias nas juntas.

Seguindo o modelo de classificação de anomalias definido por Gaspar (2002) e Gaspar e Brito (2005) e aplicado por Ximenes (2012), foram definidos cinco patamares de degradação, iniciando-se no nível 0, correspondente ao aspecto inalterado do revestimento, e atingindo o nível máximo de 4, respeitante à degradação generalizada (Tabela 3.11).

O sistema de avaliação e categorização adoptado é composto por quatro tabelas base, com a discriminação dos grupos de anomalias apresentados, em que é realizada a descrição sumária das anomalias, distribuídas segundo as suas características mais preponderantes pelos cinco níveis de degradação propostos (nível 0 a 4). Neste contexto, é introduzida uma simplificação que possibilita a análise individual de cada anomalia, sem o estabelecimento de relações de interdependência com outras alterações verificadas. Estes quadros são baseados no sistema de avaliação aplicado por Ximenes (2012) para sistemas ETICS, sendo por isso realizada uma abordagem mais simplificada, considerando também os exemplos de referência da autora.

A ausência de determinadas anomalias neste esquema de classificação e a sua exclusão no processo de análise e modelação dos dados explicam-se pela impossibilidade de definir o processo da evolução da sua degradação ao longo do tempo, ou seja, estas anomalias desprezadas não são modeláveis na perspectiva da previsão da vida útil dos revestimentos. Desta forma, suprimiu-se da amostra anomalias resultantes de situações pontuais, como impactos acidentais e acções de vandalismo (*graffiti*, lacunas de material), deficiências de planeza e outras irregularidades e alterações na cor ou textura da superfície resultantes de erros na execução, devido ao facto de não ser possível identificar todas as condições existentes nas fases de concepção e de aplicação do sistema.

Tabela 3.11. Escala para definição e avaliação dos níveis de degradação e intensidade das alterações

Nível	Intensidade das alterações	Exemplos de referência
0	Aspecto inalterado	-
1	Alterações pouco perceptíveis	 <p><b>Anomalias:</b>  Marcas de escorrência  Manchas de humidade/fungos  (as anomalias indicadas afectam cerca de 10,8% da área da fachada)</p>
2	Intensidade ligeira	 <p><b>Anomalias:</b>  Marcas de escorrência  Manchas de humidade/fungos  (as anomalias indicadas afectam cerca de 58% da área da fachada)</p>
3	Intensidade moderada	 <p><b>Anomalias:</b>  Fissuração  Algas  Manchas de humidade/fungos  Fissuração nas juntas</p>
4	Degradação generalizada	 <p><b>Anomalias:</b>  Fissuração  Algas e líquenes  Marcas de escorrência  Manchas de humidade/fungos  Destacamento do acabamento</p>

### 3.6.1. Anomalias de perda de integridade

Tal como descrito no ponto 2.7.1, as anomalias de perda de integridade referem-se a casos em que se verifica a rotura dos materiais constituintes do sistema ETICS, podendo afectar o seu desempenho e funcionalidade.

A determinação dos níveis de degradação a adoptar neste tipo de anomalias baseia-se em padrões visuais de referência, particularmente no que se refere à sua abertura, padrão e intensidade nas fachadas revestidas. Esta opção justifica-se pela dificuldade em avaliar visualmente, sem o recurso a outros meios técnicos de diagnóstico significativamente mais complexos, outros parâmetros como a profundidade, o tipo de descontinuidade, a tipologia ou o grau de estabilização da abertura. De forma a ser possível estimar este parâmetro em zonas de difícil acessibilidade, adoptou-se o mesmo critério aplicado por Ximenes (2012), tendo como referência o estudo de Silva (2009):

- fissuras de abertura  $\leq 0,2$  mm - são visíveis a distância inferior a 2 metros;
- fissuras de abertura  $> 0,2$  mm - são visíveis a distância superior a 2 metros.

Como é possível verificar na Tabela 3.12, as anomalias do tipo fissuração englobam todos os níveis de degradação (níveis 0, 1, 2, 3 e 4), uma vez que a densidade de fissuração e a abertura são fundamentais na avaliação da durabilidade. Estas características podem contribuir para a entrada e retenção de ar, água e sujidade e evoluir para anomalias com maior gravidade como os destacamentos.

Seguindo a metodologia definida, a deterioração do recobrimento das cantoneiras de reforço abrange apenas dois níveis de degradação - nível 1 e nível 2 (Tabela 3.12). O nível 1 integra anomalias do tipo fissuração e o nível 2 é adoptado quando há destaque do material constituinte do sistema. Todos os parâmetros utilizados para caracterizar as anomalias de perda de integridade figuram, assim, na Tabela 3.12.

**Tabela 3.12. Níveis de degradação para anomalias de perda de integridade**


Níveis de degradação	Caracterização das anomalias e intensidade das alterações		Abertura (mm)
<b>Nível 0</b> <i>Inalterado</i>	Não apresenta degradação visível		-
<b>Nível 1</b> <i>Alterações pouco perceptíveis</i>	Fissuração	Muito pouca ou pouca intensidade	$\leq 0,2$ mm
	Deterioração do recobrimento das cantoneiras de reforço (fissuração)		-
<b>Nível 2</b> <i>Degradação ligeira</i>	Fissuração	Muito pouca ou pouca intensidade	$> 0,2$ mm
		Intensidade moderada	$\leq 0,2$ mm
	Deterioração do recobrimento das cantoneiras de reforço (destaque do material)		-
<b>Nível 3</b> <i>Degradação moderada</i>	Fissuração	Intensidade moderada	$> 0,2$ mm
		Intensidade muito elevada	$\leq 0,2$ mm
<b>Nível 4</b> <i>Degradação generalizada</i>	Fissuração	Intensidade muito elevada	$> 0,2$ mm










### 3.6.2. Anomalias do tipo manchas / alterações cromáticas ou de textura

Este grupo refere-se a manchas e alterações de cor, brilho ou textura que se distinguem pela alteração estética que promovem nos revestimentos, contribuindo para a sua degradação visual, embora não interfiram profundamente com a sua funcionalidade ou desempenho. No entanto, as manchas provocadas pela ocorrência de eflorescências ou pela fixação biológica apresentam maior gravidade, devido à presença de humidade, contribuindo, eventualmente, para a expansão e evolução da deterioração dos revestimentos.

Neste grupo, os parâmetros mais relevantes a serem avaliados são o tipo de anomalia e a sua intensidade nos revestimentos. Torna-se fundamental distinguir o tipo de anomalia, pois cada fenómeno manifesta-se de forma distinta em termos dos seus efeitos no desempenho e na percepção visual dos revestimentos, podendo ter severidades diferentes consoante a causa expectável que o originou. A título de exemplo, as manchas de sujidade não apresentam, manifestamente, alterações tão acentuadas nas fachadas comparativamente com as manchas de humidade ou de colonização biológica. Assim, a retenção de sujidade é quantificada na Tabela 3.13 apenas com o nível 1 (alterações pouco perceptíveis), pois apresenta-se normalmente na forma de depósitos pontuais de resíduos ou mesmo como alterações ligeiras e homogéneas ao longo das fachadas e pouco perceptíveis, não afectando a qualidade e o desempenho dos sistemas ETICS de forma tão expressiva como as restantes anomalias referenciadas. A determinação da extensão deste grupo de anomalias é realizada através da identificação e quantificação da área afectada por cada uma das anomalias. Os níveis de degradação adoptados para este grupo de anomalias figuram na Tabela 3.13.

**Tabela 3.13. Níveis de degradação para anomalias do tipo manchas ou alterações cromáticas ou de textura**

Níveis de degradação	Caracterização das anomalias	Intensidade das alterações
<b>Nível 0</b> <i>Inalterado</i>	Não apresenta degradação visível	-
<b>Nível 1</b> <i>Alterações pouco perceptíveis</i>	Sujidade superficial Marcas de escorrências Manchas de oxidação Fungos / manchas de humidade	Ligeira ou alterações pouco perceptíveis
	<b>Exemplos de referência:</b>	
		
	Marcas de escorrências pouco perceptíveis	Sujidade superficial de intensidade ligeira
	Manchas de oxidação de intensidade ligeira	
<b>Nível 2</b> <i>Degradação ligeira</i>	Marcas de escorrências Manchas de oxidação Fungos / manchas de humidade	Moderada ou bastante perceptível
	Eflorescências Líquenes e algas Vegetação parasitária	Ligeira ou alterações pouco perceptíveis

Níveis de degradação	Caracterização das anomalias	Intensidade das alterações
	<b>Exemplos de referência:</b>	
		
	Marcas de escorrências bastante perceptíveis	Líquenes de intensidade ligeira
		
		Vegetação parasitária de intensidade ligeira
<b>Nível 3</b> <i>Degradação moderada</i>	Marcas de escorrências Fungos/ manchas de humidade	Elevada ou alterações pronunciadas
	Eflorescências Líquenes e algas Vegetação parasitária	Moderada ou bastante perceptível
	<b>Exemplos de referência:</b>	
		
	Fungos de intensidade elevada	Algas de intensidade moderada
		
		Marcas de escorrências pronunciadas
<b>Nível 4</b> <i>Degradação generalizada</i>	Marcas de escorrências Fungos/ manchas de humidade	Muito elevada ou alterações muito pronunciadas
	Líquenes e algas Vegetação parasitária	Elevada ou alterações pronunciadas
	<b>Exemplos de referência:</b>	
		
	Fungos de intensidade muito elevada	Marcas de escorrências muito pronunciadas
		
		Algas de intensidade elevada

### 3.6.3. Anomalias de perda de aderência

As anomalias de perda de aderência analisadas são os empolamentos e os destacamentos e são considerados como os fenómenos mais condicionantes para a durabilidade dos revestimentos. Os empolamentos correspondem a deformações convexas na superfície do revestimento, podendo evoluir para fissuração e consequentes destacamentos do material. Quando ocorrem destacamentos, estes traduzem uma condição de degradação mais grave.



Neste contexto, as anomalias do tipo empolamento passam directamente do nível 0 (inalterado) para o nível 2 de degradação (degradação ligeira) e os destacamentos não têm níveis de degradação inferiores a 3. Desta forma, é possível constatar que a transição directa do nível 0 para o nível 2 nos empolamentos se fundamenta na gravidade que as anomalias de perda de aderência apresentam relativamente às anomalias categorizadas com o nível 1 dos outros grupos já discriminados. Para os destacamentos, a justificação é a mesma, mas com a agravante de ser ainda mais crítica do que as anomalias do tipo empolamento, apresentando apenas os níveis 3 e 4 da escala de degradação proposta (Tabela 3.14).

**Tabela 3.14. Níveis de degradação para anomalias de perda de aderência**

<b>Níveis de degradação</b>	<b>Caracterização das anomalias</b>	<b>Quantidade e dimensão dos efeitos</b>
<b>Nível 0</b> <i>Inalterado</i>	Não apresenta degradação visível	-
<b>Nível 2</b> <i>Degradação ligeira</i>	Empolamento	Pouca quantidade e maior dimensão inferior a 15 cm
<b>Nível 3</b> <i>Degradação moderada</i>	Empolamento	Pouca quantidade e maior dimensão superior a 15 cm Quantidade moderada e maior dimensão inferior a 15 cm
	Destacamento	Pouca quantidade e maior dimensão inferior a 15 cm
<b>Nível 4</b> <i>Degradação generalizada</i>	Empolamento	Quantidade moderada e maior dimensão superior a 15 cm Padrão denso (qualquer dimensão)
	Destacamento	Pouca quantidade e maior dimensão superior a 15 cm
		Padrão denso e moderado (qualquer dimensão)

Importa ainda referir que o nível 4, correspondente à degradação generalizada, pode ser atingido se existir um padrão denso de destacamento ou empolamento, independentemente da sua dimensão.

Os critérios que permitem quantificar a degradação associada a estas anomalias de uma forma expedita são, portanto, a sua quantidade e dimensão. Devido à dificuldade no levantamento de dados em campo, houve necessidade de adoptar critérios já definidos no trabalho de Ximenes (2012), em que se limitou os padrões e as dimensões das ocorrências, de forma a ser mais simples de visualizar (Tabela 3.14).

### **3.6.4. Anomalias nas juntas**

A fissuração nas juntas entre as placas de isolamento térmico ou a sua maior distinção devido à presença de humidade ou de sujidade são consideradas anomalias específicas do sistema ETICS. Desta forma, surge a necessidade de agrupar estas anomalias e caracterizá-las de acordo com as suas particularidades.

A fixação de sujidade ou o estabelecimento de fungos nas juntas justifica-se pela facilidade de interposição destes agentes nas zonas mais salientes das placas, de que é exemplo a passagem preferencial de água por estas juntas. Seguindo a linha de investigação de Ximenes (2012), aplica-se critérios de quantificação dos níveis de degradação semelhantes aos referidos para as anomalias de fissuração em zona corrente, embora se considere que o nível de severidade das discontinuidades das juntas seja muito superior à fissuração regular no revestimento (anomalias de perda de integridade).

A Tabela 3.15 apresenta os níveis de degradação considerados na caracterização das anomalias nas juntas, cuja determinação, no caso da fissuração, deriva da consideração da sua abertura. No caso da visualização de juntas, provém da intensidade das alterações verificadas. Neste último caso, a percepção das juntas associada à presença de sujidade cobre apenas o nível 1, pois manifesta-se, sobretudo, através de efeitos marcadamente estéticos nos revestimentos.

**Tabela 3.15. Níveis de degradação para anomalias nas juntas**

<b>Níveis de degradação</b>	<b>Caracterização das anomalias e intensidade das alterações</b>		<b>Abertura das fissuras</b>
<b>Nível 0</b> <i>Inalterado</i>	Não apresenta degradação visível		-
<b>Nível 1</b> <i>Alterações pouco perceptíveis</i>	Visualização de juntas entre as placas por alteração cromática associada a sujidade Visualização de juntas entre as placas por alteração cromática associada a fungos	Intensidade ligeira ou alterações pouco perceptíveis	-
<b>Nível 2</b> <i>Degradação ligeira</i>	Fissuração nas juntas		≤ 0,2 mm
	Visualização de juntas entre as placas por alteração cromática associada a fungos	Intensidade moderada ou com alterações bastante perceptíveis	-
<b>Nível 3</b> <i>Degradação moderada</i>	Fissuração nas juntas		> 0,2 mm e ≤ 1 mm
	Visualização de juntas entre as placas por alteração cromática associada a fungos	Intensidade elevada ou com alterações pronunciadas	-
<b>Nível 4</b> <i>Degradação generalizada</i>	Fissuração nas juntas		> 1 mm

Tal como estabelecido por Ximenes (2012), aplicou-se a metodologia utilizada por Silva (2009) para proceder à medição da abertura da fissuração existente nas juntas:

- fissuras de abertura ≤ 0,2 mm - são visíveis a distância inferior a 2 metros;
- fissuras de abertura > 0,2 mm e ≤ 1 mm - são visíveis a distância inferior a 8 metros;
- fissuras de abertura > 1 mm - são visíveis a distância inferior a 12 metros.

### **3.7. Critérios adoptados na selecção da nova amostra**

Foram inspeccionados 133 novos revestimentos distribuídos em zonas distintas do país. A amostra adicional consiste em fachadas revestidas com sistemas ETICS, de forma parcial ou total, cuja aplicação se efectuou entre 1984 e 2011.

Tanto o intervalo de idades (31 anos) como a quantidade de revestimentos com idades superiores a 20 anos são reduzidos devido à aplicação relativamente recente deste tipo de soluções em Portugal. As idades referidas para os revestimentos analisados correspondiam ao ano da conclusão da construção, que compreendia a execução deste tipo de soluções de isolamento térmico pelo exterior ou, em edifícios reabilitados, ao ano de aplicação destas soluções. Nenhum dos revestimentos foi alvo de manutenção ou reparação generalizada dos sistemas ETICS desde a sua aplicação.

A selecção de edifícios foi realizada tendo em consideração as diversas fontes consultadas, procedendo à exclusão de edifícios muito recentes e que, por isso, não apresentavam, naturalmente, sinais de degradação suficientemente evidentes para permitir a sua transposição para modelos válidos de previsão da vida útil. Importa salientar que grande parte das características dos edifícios só pôde ser reconhecida durante as actividades de inspecção, o que também condicionava a aplicação de critérios a adoptar na selecção.

Como a amostra de Ximenes (2012) apresentava um número considerável de fachadas inspeccionadas na zona do Porto (em que as temperaturas são mais reduzidas, o que explica assim a utilização mais recorrente deste tipo de soluções) e na zona de Coimbra, optou-se por alargar a amostra a outras localidades em que se conseguiu obter informações sobre edifícios revestidos com sistemas ETICS, sobretudo na zona de Lisboa e arredores. No Sul do país, não foi analisado nenhum revestimento devido à escassez de edifícios com estas características, sendo que os poucos que existem são relativamente recentes. A necessidade de alargar a amostra a outros locais deveu-se à necessidade de avaliar as características dos revestimentos em diferentes contextos ambientais e construtivos e expostos a diversos factores de degradação, apresentando, conseqüentemente, comportamentos distintos.

Os revestimentos analisados foram:

- 27 fachadas na Residência Universitária Eng.º Duarte Pacheco, Av. D. João II, Parque das Nações Norte;
- 30 fachadas no empreendimento Alto da Mira, Amadora;
- 2 fachadas em edifício da Av. D José I, nº 65, Amadora;
- 11 fachadas na urbanização Encosta do Mosteiro, Restelo;
- 14 fachadas na Escola Básica e Jardim de Infância de São Silvestre do Gradil, Mafra (11 fachadas do pavilhão principal e 3 fachadas do bloco da recepção);
- 16 fachadas na Escola Básica e Jardim de Infância de São Miguel de Alcainça, Mafra;
- 6 fachadas no Lar "Casa Alapraia", São João do Estoril (2 fachadas no lote 190A e 4 fachadas no lote 190B);
- 3 fachadas no posto de abastecimento da Galp, EN 115-5 km, Bucelas;
- 3 fachadas em edifício da Rua Madre Maria Clara, nº 33, Queijas;
- 6 fachadas em edifício na Rua Beatriz Costa, nº 18, Alfragide;
- 6 fachadas na "Casa - Laboratório Termicamente Optimizada", *Campus* do INETI, Porto;
- 9 fachadas no conjunto habitacional de Bouça, Rua da Boavista, Porto.

Finalmente, descreve-se sumariamente os factores que mais influenciam a durabilidade dos revestimentos e os respectivos parâmetros identificáveis no presente trabalho de campo, de acordo com o preceito normativo ISO 15686 - "*Building Service Life Planning*" (2000):

- factores de projecto: número de pisos, textura do acabamento e tipo de remate inferior;
- características do material: tipo de revestimento e cor do acabamento;

- factores de execução (estes factores são excluídos devido à dificuldade em analisar as condições existentes e os procedimentos aplicados na preparação e execução dos sistemas ETICS, a existência ou não de materiais homologados e de mão-de-obra qualificada para o efeito [XIMENES, 2012 citando CHAI, 2011];
- condições ambientais e de exposição: orientação da fachada, proximidade do mar, exposição à humidade, acção combinada da chuva e do vento, exposição aos agentes poluentes;
- manutenção: data da última grande intervenção.

A amostra global objecto de estudo resultou da junção da amostra adicional, em que foram excluídos dez casos (123 revestimentos), com o conjunto de casos analisados por Ximenes (2012), totalizando 293 revestimentos associados a sistemas ETICS.

### **3.7.1. Casos excluídos**

Dos 133 revestimentos analisados no novo trabalho de campo, dez foram excluídos por não apresentarem um comportamento congruente relativamente à evolução do seu processo de deterioração natural.

Foram excluídos 2 revestimentos, pertencentes ao mesmo edifício (Residência Universitária Eng.º Duarte Pacheco), com 17 anos de idade, e orientados a Sul, pois apresentavam erros de projecto e/ou execução evidentes, agravados ainda pela inexistência de remate inferior. Estes problemas eram claramente visíveis, constatando-se a perda de aderência das placas isolantes ao suporte e visualizando-se o substrato na parte inferior das fachadas, em quase todo o seu comprimento (Figura 3.25). A dessolidarização dos sistemas ETICS ao suporte era de tal forma grave que, apenas com recurso ao toque em algumas das zonas acessíveis, era possível constatar a enorme fragilidade dos sistemas provocada pelo fenómeno de descolamento, que se apresentava numa grande extensão das duas fachadas.

Os erros de utilização também são responsáveis pelo estado em que se encontrava a parte inferior dos revestimentos, porque os impactos sofridos contribuiriam para a deterioração mais acelerada dos revestimentos.

Importa destacar que a ausência de remate na zona inferior das duas fachadas, além de as tornar mais vulneráveis aos choques, pode ainda possibilitar a entrada de humidade no interior do edifício (proveniente, por exemplo, de chuva intensa ou dos aspersores utilizados na rega da relva) com os eventuais danos que daí poderão advir.

Na Figura 3.26, reconhece-se uma tentativa de reparação pontual dos revestimentos, evidente pela sua fraca dissimulação, que surgiu da necessidade de aumentar a adesão dos sistemas ETICS ao suporte. Os erros de aplicação do sistema podem também ajudar a explicar a manifestação de diversas anomalias nas juntas dos revestimentos excluídos da nova amostra, ilustradas na Figura 3.27.



**Figura 3.25. Descolamento das placas de isolamento térmico do suporte, agravado pela inexistência de remate inferior**



**Figura 3.26. Tentativa de reparação dos revestimentos afectados**

Finalmente, os dois revestimentos apresentavam ainda elevada frequência de lacunas de material que traduziam a ocorrência de choques de objectos ou de equipamentos, particularmente nas zonas acessíveis (Figura 3.28). Também estas anomalias não eram relevantes no âmbito da metodologia de previsão da vida útil dos sistemas ETICS.



**Figura 3.27. Anomalias nas juntas presentes nas duas fachadas**



**Figura 3.28. Exemplos de lacunas de material observadas em duas das fachadas excluídas da amostra**

Foram excluídos ainda dois revestimentos pertencentes à "Casa - Laboratório Termicamente Optimizada", com 31 anos, e 6 revestimentos pertencentes ao empreendimento Alto da Mira, com 10 anos. No primeiro caso, os dois revestimentos apresentavam valores da severidade de degradação normalizada inferiores a 30%, o que não era consistente com o padrão de degradação apresentado pelas restantes fachadas inspeccionadas que possuíam valores de severidade superiores a 60%. O bom estado de conservação das duas fachadas, face à idade que apresentam, pode dever-se a eventuais intervenções de manutenção a que foram sujeitas e das quais não existe registo. No segundo caso, os revestimentos inspeccionados apresentavam valores de severidade superiores a 50%, percentagens admitidas como muito elevadas tendo em consideração a idade, apresentando também considerável discrepância numa análise comparativa com as restantes fachadas que tinham índices muito inferiores (Figura 3.29). Estes índices elevados deviam-se, sobretudo, a anomalias estéticas associadas a níveis de degradação elevados. Eventuais erros conceptuais ou de aplicação podem estar na origem destas diferenças tão significativas, como por exemplo, a incorrecta execução de peitoris, caleiras e tubos de queda, que deram origem, sobretudo, a marcas de escorrências e a marcas de humidade/ fungos muito pronunciadas, que afectam grande parte da área revestida por sistemas ETICS.



**Figura 3.29. Exemplos de casos excluídos no empreendimento Alto da Mira**



No Anexo II e no Anexo III, são apresentados os endereços e as características principais dos 293 revestimentos analisados.

### 3.8. Caracterização da totalidade da amostra

De forma a analisar a totalidade da amostra, resultante da união da amostra de Ximenes (2012) com os dados recolhidos no novo trabalho de campo, torna-se necessário caracterizar os edifícios inspeccionados através da decomposição dos factores de degradação em parâmetros facilmente detectáveis no trabalho de campo (referidos no ponto 3.4). Todos estes dados permitirão avaliar com maior segurança a influência dos diversos factores na modelação da previsão da vida útil dos sistemas ETICS.

#### 3.8.1. Caracterização das construções analisadas na amostra adicional

Inicialmente, caracterizam-se as construções pertencentes à amostra obtida no novo trabalho de campo, de forma individual, tal como já efectuado por Ximenes (2012) na amostra que inspeccionou. Os critérios a serem analisados são o tipo de utilização principal, o número de pisos elevados e a configuração volumétrica.

Através da análise do tipo de utilização na Figura 3.30, verifica-se que a grande maioria dos edifícios é destinada à habitação, correspondendo a 65% da amostra. Os edifícios de serviços correspondem a 24,4% da amostra, não existindo nenhum edifício destinado exclusivamente ao comércio. A designação "outro" abrange edifícios que não se integram em nenhuma das outras categorias, como por exemplo a "Casa - Laboratório Termicamente Optimizada" no Porto, e também edifícios que apresentam utilizações mistas, isto é, que apresentam mais de uma utilização predominante. Este tipo de utilização exibe uma frequência reduzida (10,6% da amostra).

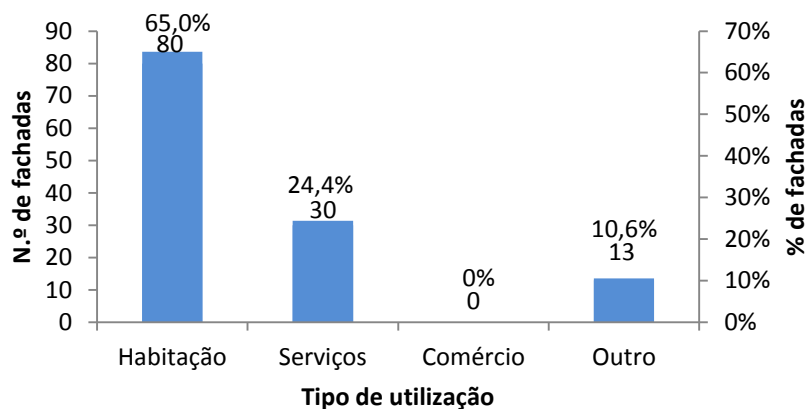


Figura 3.30. Distribuição dos novos revestimentos em função do tipo de utilização, em número de fachadas e em percentagem

A Figura 3.31 apresenta a distribuição dos revestimentos em função da altura dos edifícios, observando-se que os edifícios que têm entre 3 e 4 pisos são os mais recorrentes, apresentando-se esta característica em 52% dos casos estudados. Já os edifícios com 5 ou mais pisos representam 10,6% da amostra, enquanto as construções com menos de dois pisos correspondem a 37,4%. Em edifícios com pouca altura existe, naturalmente, maior facilidade na inspecção, uma vez que existe maior percepção das anomalias nas zonas superiores dos edifícios. Importa referir que a maior frequência de edifícios altos (com mais de 3 pisos) pode ter uma importância significativa na

degradação dos revestimentos, uma vez que quanto mais alto um edifício for, maior exposição tem às intempéries, particularmente no que se refere à acção do gelo, vento e chuva e também à poluição atmosférica [WESTBERG *et al.*, 2001 e CHAI, 2011].

No que se refere à tipologia construtiva, constata-se que grande parte dos edifícios inspeccionados tem uma configuração volumétrica compacta (83,7% da amostra), enquanto a geometria irregular apenas ocorre em 16,3% dos casos (Figura 3.32). Mais uma vez, o facto de a maioria dos edifícios possuir uma geometria compacta permitiu reconhecer os fenómenos de degradação de forma mais clara, pois as fachadas inspeccionadas não apresentavam grandes saliências, recuos ou recortes na geometria das paredes, sobreposição de volumes ou significativa pormenorização que condicionasse a sua visualização [GASPAR, 2009].

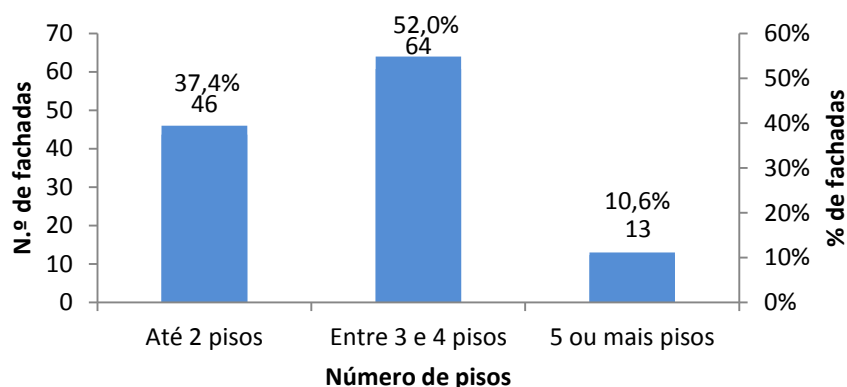


Figura 3.31. Distribuição dos novos revestimentos em função do número de pisos, em número de fachadas e em percentagem

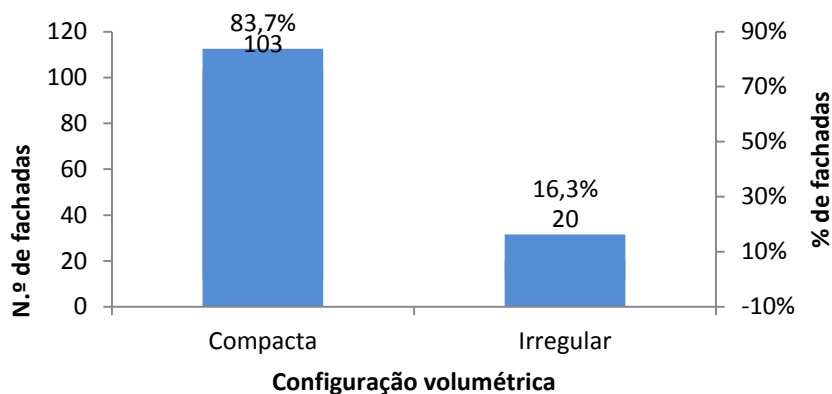


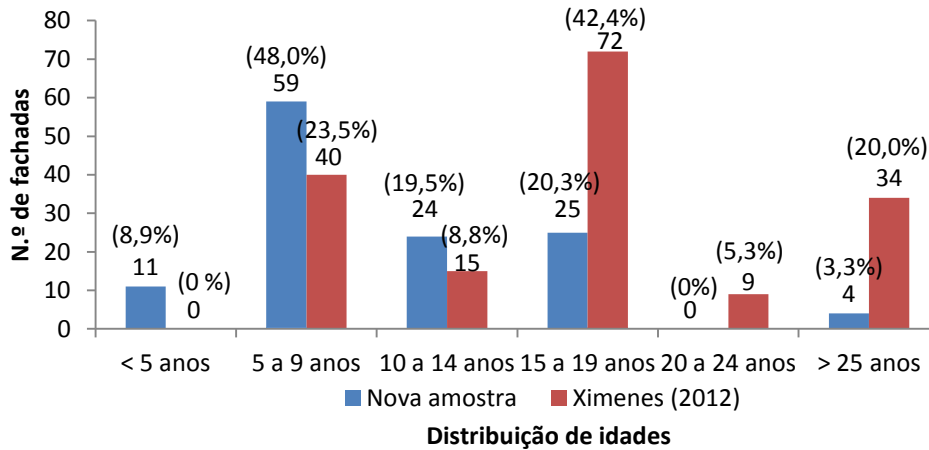
Figura 3.32. Distribuição dos novos revestimentos em função da sua configuração volumétrica, em número de fachadas e em percentagem

### 3.8.2. Caracterização da idade dos revestimentos inspeccionados

Como referido, a idade dos revestimentos considerada correspondeu ao ano de aplicação dos sistemas ETICS. Na Figura 3.33, é apresentada a distribuição das idades dos diversos revestimentos objecto de estudo, obtidos a partir do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012). Nesta análise, verifica-se que a maioria dos novos revestimentos estudados apresenta idades entre 5 e 9 anos (48% da amostra), fundamentada, como

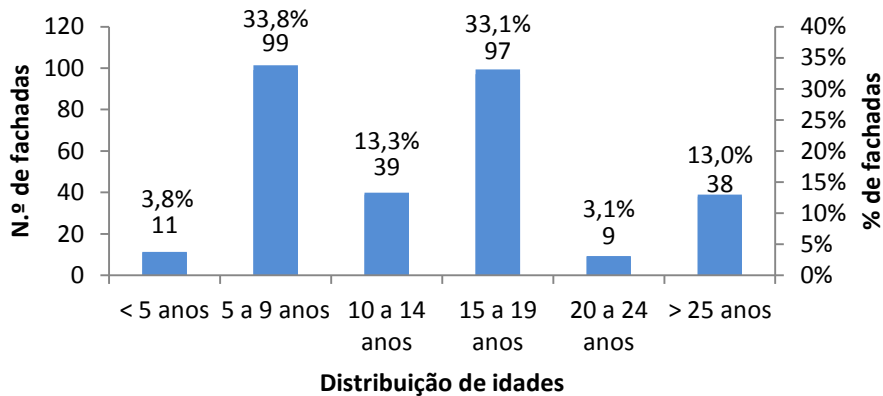


descrito, pela dificuldade em localizar revestimentos com idades muito superiores a 10 anos. Os intervalos de idades entre 10 e 14 anos e entre 15 e 19 anos apresentam frequência moderada, constituindo 19,5% e 20,3% da amostra, respectivamente. No trabalho de campo, houve grandes dificuldades em encontrar revestimentos com idades entre 20 e 24 anos, o que justifica a ausência de novos casos neste intervalo.



**Figura 3.33. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função das idades, em número de fachadas e em percentagem**

Na Figura 3.34, observa-se a distribuição de idades da totalidade da amostra constituída por 293 revestimentos, sendo notória a predominância de idades entre 5 e 9 anos, correspondendo a 33,8% da amostra, e entre 15 e 19 anos, constituindo 33,1% da totalidade dos casos. O intervalo que apresenta menos casos é o referente a idades entre 20 e 24 anos (3,1%), pelas razões descritas.



**Figura 3.34. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função das idades, em número de fachadas e em percentagem**

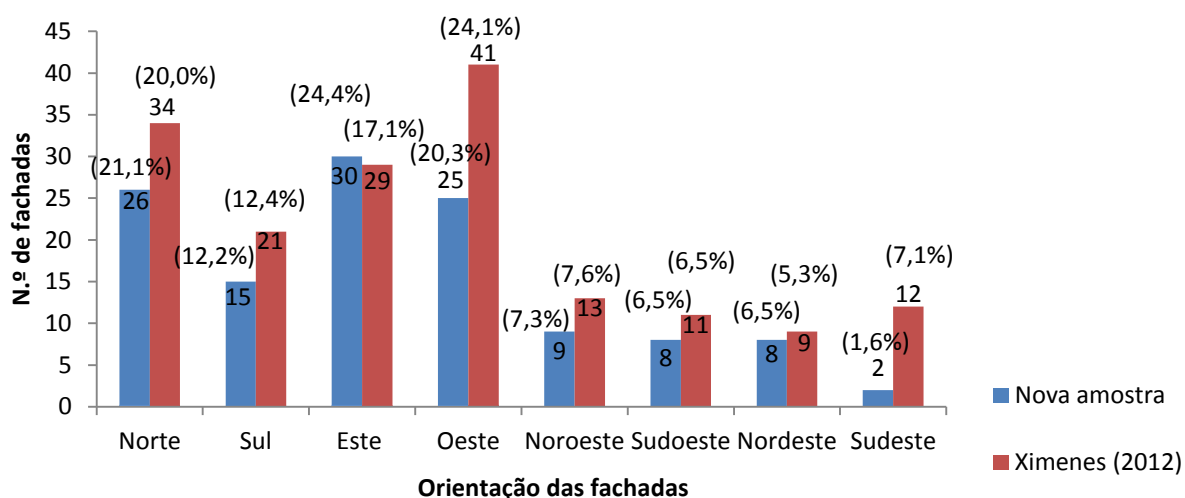
### 3.8.3. Caracterização da zona envolvente

Tal como descrito na análise da amostra de Ximenes (2012), a orientação das fachadas inspeccionadas e a zona envolvente têm influência nos mecanismos de degradação que afectam os revestimentos.

A Figura 3.35 indica a distribuição da amostra de Ximenes (2012) e dos revestimentos analisados no novo levam-

tamento de dados pelas diferentes orientações. É possível observar que os quadrantes principais são os que têm maior predominância, sendo que, na nova amostra, as fachadas orientadas a Este são as mais comuns (24,4%), logo seguidas pelas fachadas viradas a Norte (21,1%) e Oeste (20,3%).

Já na Figura 3.36, observa-se a distribuição da totalidade da amostra pelas diferentes orientações, distinguindo-se o quadrante Oeste que representa 22,5% da amostra. As fachadas viradas a Norte e a Este também surgem com frequência, constituindo 20,5 e 20,1% da amostra total, respectivamente. As fachadas orientadas a Sudeste têm a menor incidência, correspondendo a 4,8% da totalidade dos casos. Verifica-se ainda que a amostra se distribui de forma relativamente uniforme pelas orientações principais, excepto pelo quadrante Sul que apresenta menos casos do que os restantes.



**Figura 3.35. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função das orientações, em número de fachadas e em percentagem**

Os dados obtidos na nova amostra relativamente à proximidade do mar, apresentados na Figura 3.37, indicam que a grande maioria dos revestimentos inspeccionados se encontra a uma distância à zona costeira superior a 5 km, correspondendo a 91,9% da totalidade da nova amostra. Para distâncias entre 1 km e 5 km, a frequência de casos é reduzida (8,1%).

Tal como já tinha ocorrido a Ximenes (2012), não foi possível encontrar revestimentos muito próximos da faixa costeira (distância inferior a 1 km). Esta dificuldade em encontrar edifícios muito próximos do mar pode, eventualmente, justificar-se pela vulnerabilidade significativa que os ETICS apresentam à humidade e aos sais provenientes da água do mar e transportados pela acção do vento, que podem ser responsáveis por muitos dos fenómenos de eflorescências e de alterações estéticas nos revestimentos, entre outros tipos de anomalias. Face ao exposto, evitar a aplicação corrente de ETICS nas construções existentes nestes meios mais agressivos seria compreensível e, de certa forma, até previsível.

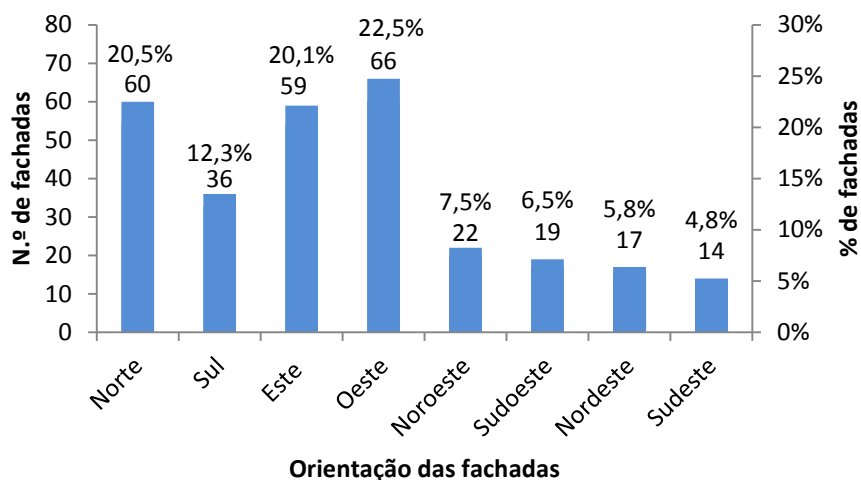


Figura 3.36. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função das orientações, em número de fachadas e em percentagem

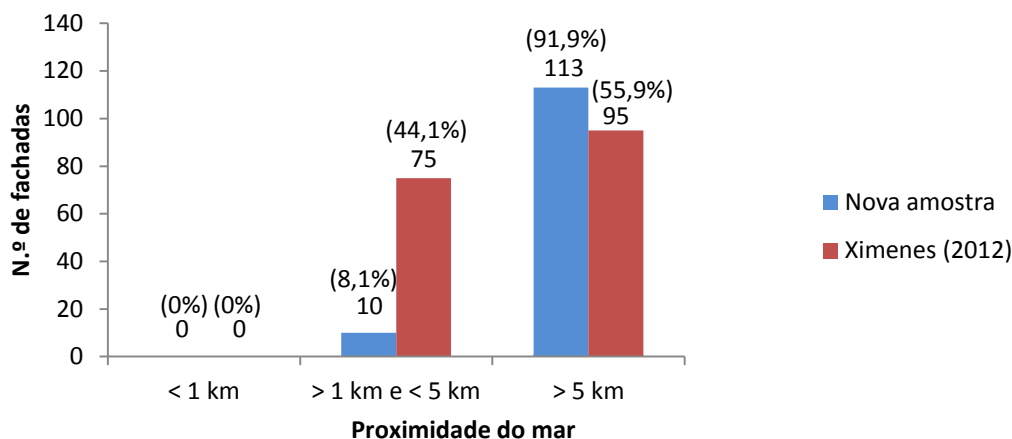


Figura 3.37. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função da proximidade ao mar, em número de fachadas e em percentagem

A Figura 3.38 expõe a distribuição da totalidade dos revestimentos em função da distância ao mar. Os revestimentos aplicados em meios mais afastados do mar predominam, correspondendo a 71% da amostra, enquanto os casos a uma distância entre 1 km e 5 km constituem 29% do conjunto dos casos.

Quanto à exposição à humidade, verifica-se que 79,7% da nova amostra corresponde a uma reduzida proximidade dos revestimentos ao rio ou ao mar. Apenas 20,3% do conjunto de casos apresenta uma exposição elevada a este agente (Figura 3.39). Assim, apesar de não se ter atingido uma distribuição uniforme, foi possível aumentar significativamente os casos sujeitos a exposição "baixa" à humidade. Observando o conjunto total de dados na Figura 3.40, verifica-se uma predominância dos revestimentos com reduzida exposição à humidade (60,1%).

Como se vê na Figura 3.8, o Porto é uma zona mais húmida, sendo este facto constatado pelos maiores valores médios de precipitação anual acumulada que apresenta relativamente aos valores das restantes zonas conside-

radas [INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA, 2015]. No entanto, o factor que foi admitido como tendo maior influência na exposição à humidade é a proximidade dos casos inspeccionados a rios ou ao mar.

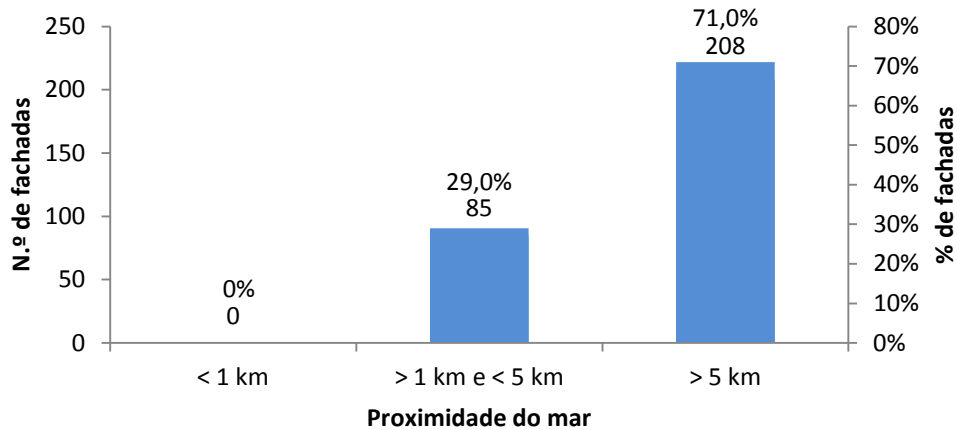


Figura 3.38. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função da proximidade ao mar, em número de fachadas e em percentagem

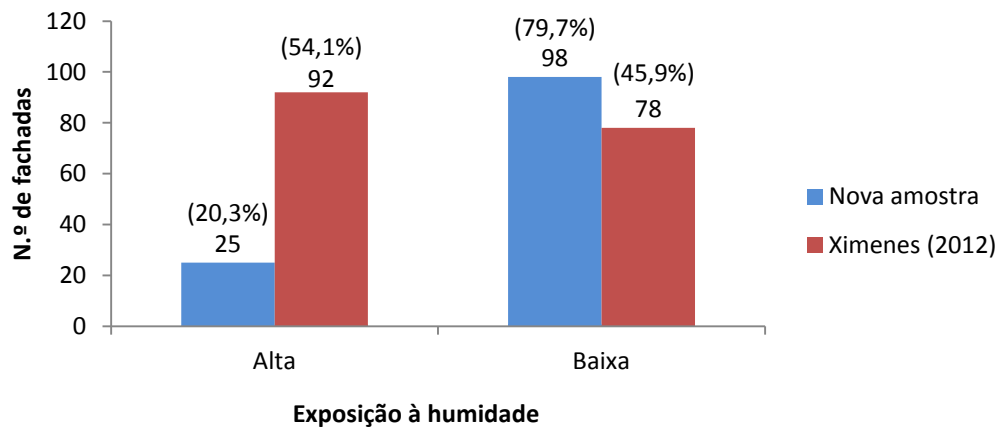


Figura 3.39. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função da exposição à humidade, em número de fachadas e em percentagem

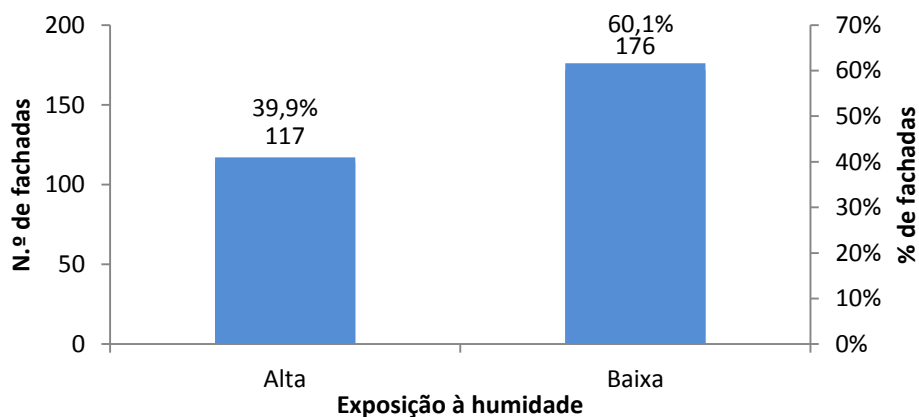
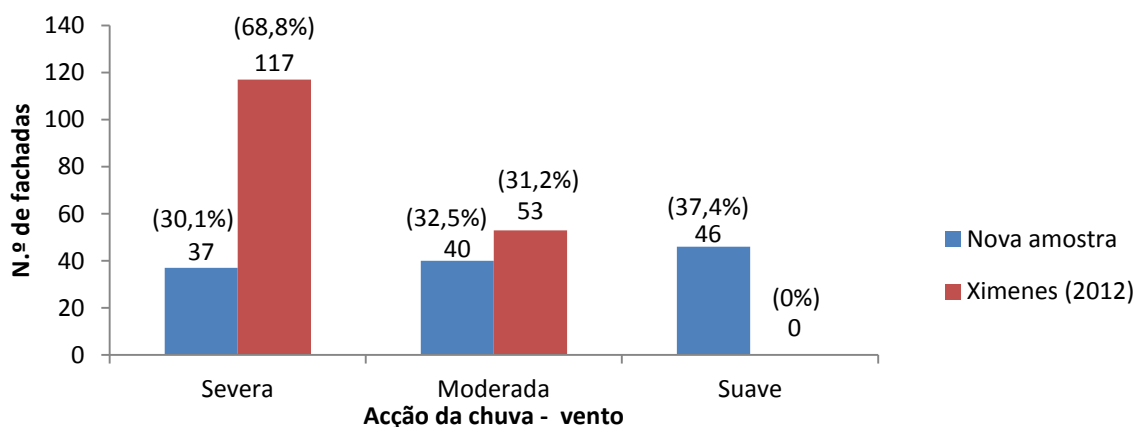


Figura 3.40. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função da exposição à humidade, em número de fachadas e em percentagem

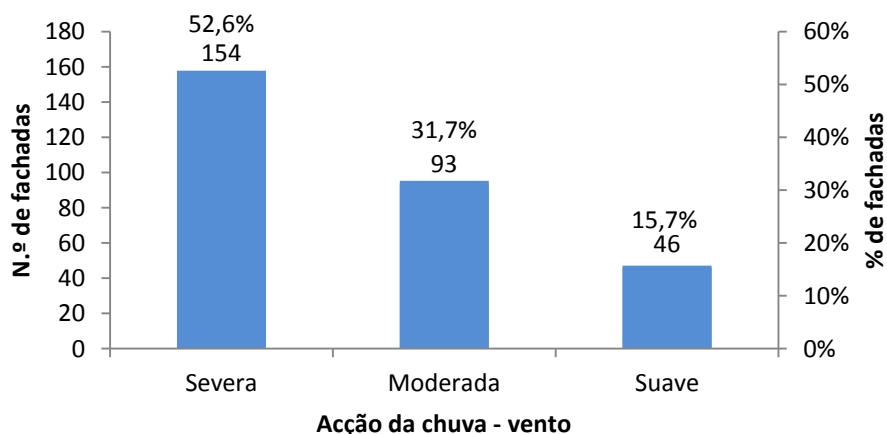
Relativamente ao parâmetro acção da chuva-vento, constata-se que a acção "severa" dos agentes atmosféricos constitui 30,1% da nova amostra, enquanto os revestimentos que sofrem uma acção "moderada" apresentam uma incidência no conjunto de 32,5% (Figura 3.41). Nesta nova análise, procurou-se completar a amostra existente, sobretudo com revestimentos sujeitos a acção "suave", já que era uma lacuna que existia no estudo efectuado anteriormente por Ximenes (2012). Assim, foram adicionados 46 revestimentos com estas características, constituindo 37,4% da nova amostra e correspondendo à parcela de casos com maior frequência neste conjunto.



**Figura 3.41. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função da acção combinada da chuva e do vento, em número de fachadas e em percentagem**

Na totalidade dos casos, verifica-se que grande parte da amostra se encontra muito exposta aos efeitos acentuados da chuva e do vento (52,6%), enquanto 15,7% se encontra mais protegida destes agentes (Figura 3.42).

Importa referir que, embora não tenha sido possível homogeneizar a distribuição dos casos, a amostra total apresenta um número significativo de casos em cada um dos três níveis de exposição considerados, o que permite analisar a influência deste factor na deterioração dos sistemas ETICS.



**Figura 3.42. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função da acção combinada da chuva e do vento, em número de fachadas e em percentagem**

A Figura 3.43 apresenta a distribuição do conjunto no que se refere à proximidade a fontes de poluição atmosférica susceptíveis de afectarem a durabilidade dos revestimentos. Esta exposição é determinada pela presença de tráfego viário intenso, nas proximidades dos edifícios, que provoca a emissão de gases poluentes nocivos para a conservação dos revestimentos.

Os revestimentos com exposição "alta" aos agentes poluentes têm maior representatividade, correspondendo a 78% do conjunto analisado. Já os revestimentos menos sujeitos à acção poluente representam 22% da nova amostra. Importa referir que houve necessidade de complementar a amostra de Ximenes (2012) com casos mais expostos aos agentes referidos, uma vez que existiam poucos na amostra da autora (14 revestimentos). Desta forma e, tal como explícito na Figura 3.43 e na Figura 3.44, aumentaram-se consideravelmente os casos com "alta" exposição. Na Figura 3.44, verifica-se que os revestimentos com "baixa" exposição aos agentes poluentes têm maior preponderância, representando 62,5% da totalidade do conjunto apresentado.

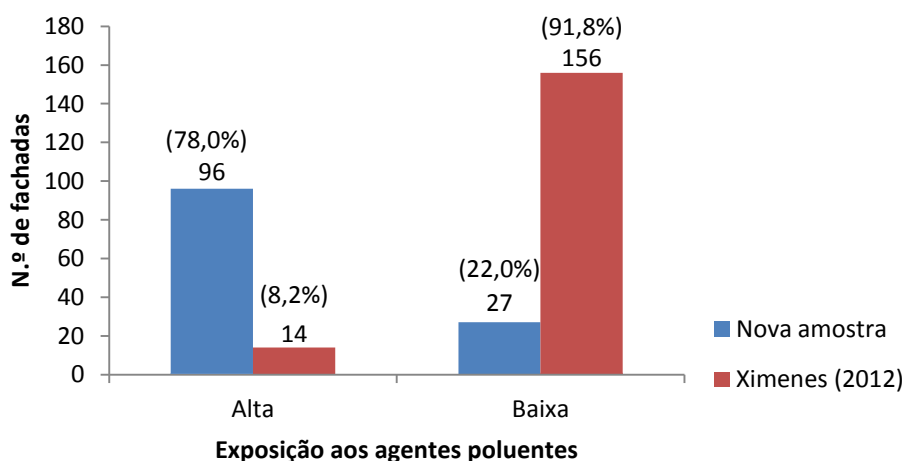


Figura 3.43. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função da exposição aos agentes poluentes, em número de fachadas e em percentagem

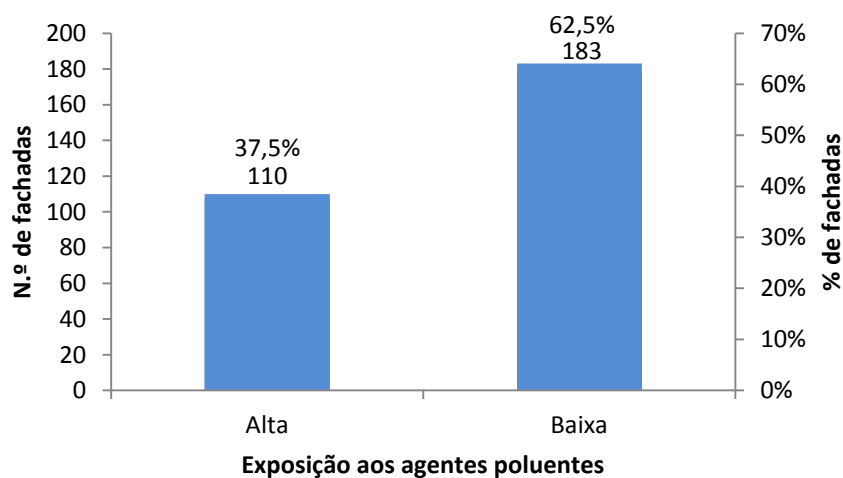
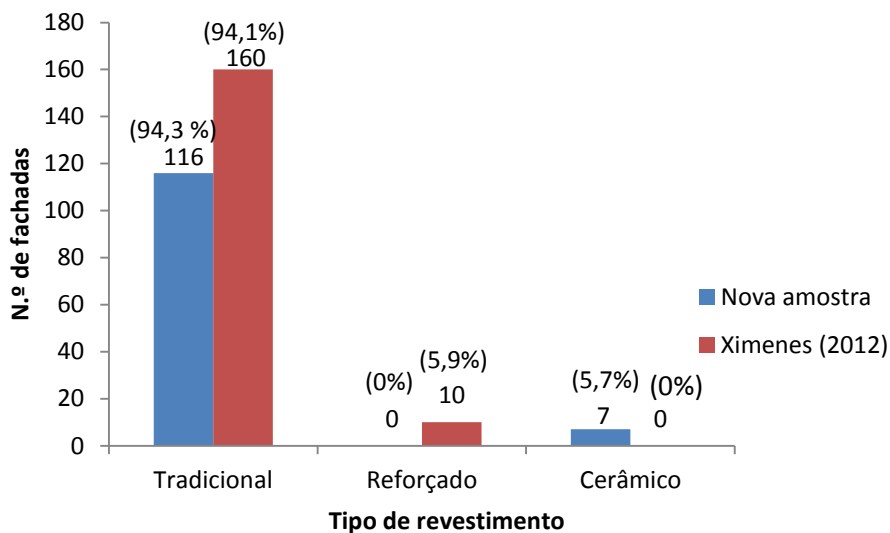


Figura 3.44. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função da exposição aos agentes poluentes, em número de fachadas e em percentagem

### 3.8.4. Caracterização dos revestimentos analisados

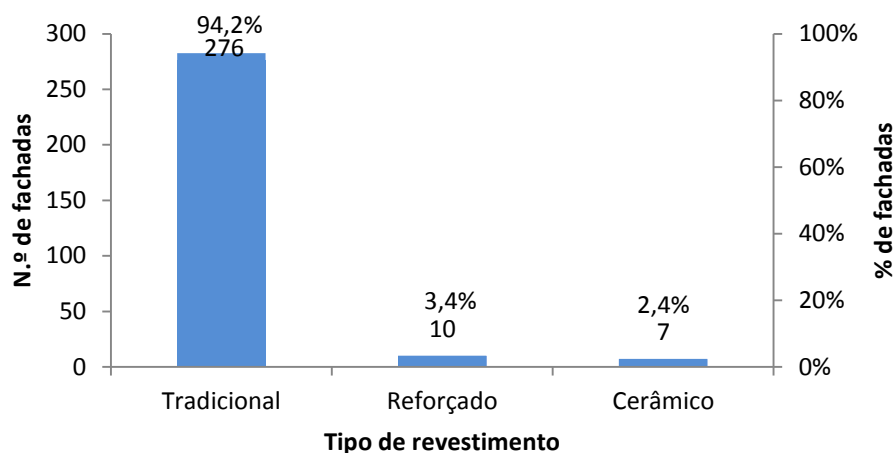
A caracterização dos revestimentos analisados refere-se novamente aos parâmetros identificados na avaliação visual das fachadas, como o tipo de revestimento, a textura do acabamento, a cor e o tipo de remate inferior.

A Figura 3.45 apresenta a distribuição dos dados recolhidos em campo, em função do tipo de revestimento, e a sua comparação com os resultados de Ximenes (2012), permitindo verificar que a amostra não se encontra bem distribuída relativamente a este parâmetro. A grande maioria dos sistemas ETICS utilizados é do tipo "tradicional", utilizado em 116 dos 123 novos casos analisados (94,3% da nova amostra). Nesta nova inspeção, não se observou a aplicação de sistemas reforçados, ao contrário do que tinha sucedido na inspeção de Ximenes (2012), não se conseguindo atingir o número mínimo de casos definido. No entanto, foi possível complementar a amostra existente com novos dados sobre sistemas do tipo "cerâmico" (5,7% da nova amostra), ainda que não apresentem grande representatividade. Como é facilmente perceptível, a utilização de revestimentos cerâmicos permite proteger e preservar os sistemas ETICS, verificando-se, normalmente, neste tipo de acabamentos, uma menor incidência de anomalias.



**Figura 3.45. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função do tipo de revestimento, em número de fachadas e em percentagem**

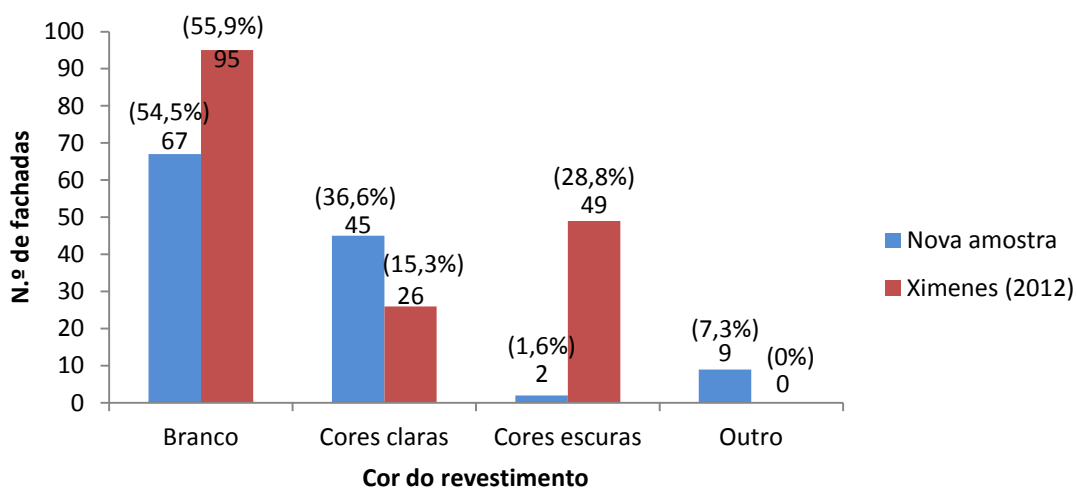
Na Figura 3.46 constata-se que o sistema tradicional é o que tem maior prevalência, correspondendo a 94,2% da totalidade da amostra, enquanto os revestimentos cerâmicos têm a menor incidência (2,4% do conjunto analisado). Esta disparidade de resultados pode explicar-se pela utilização mais frequente do sistema tradicional em detrimento dos outros tipos, pois apresenta-se como uma solução mais económica, tendo este factor muita relevância no mercado de construção e reabilitação.



**Figura 3.46. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função do tipo de revestimento, em número de fachadas e em percentagem**

Relativamente à cor dos revestimentos, a Figura 3.47 mostra a predominância da cor "branco", representando 54,5% da nova amostra. As cores "claras" têm uma frequência moderada nos novos casos registados, com uma representatividade de 36,6%.

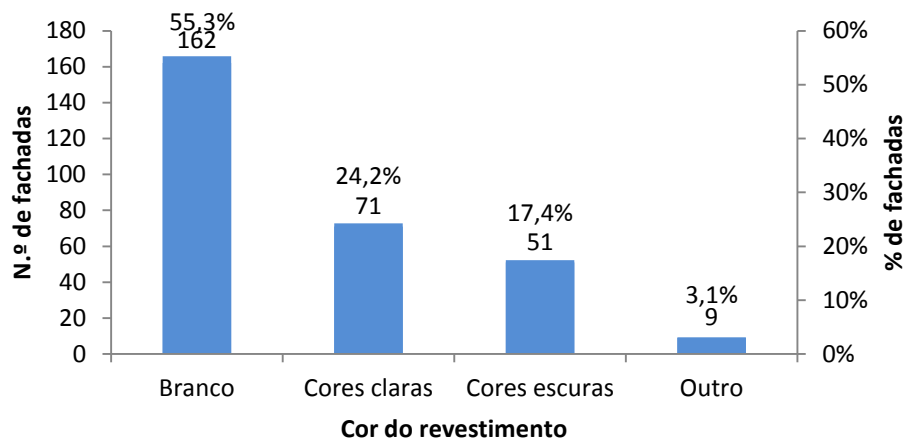
Os revestimentos com cores "escuras" apresentam uma incidência residual na nova amostra (1,6%), não apresentando relevância estatística. A designação "outro" refere-se a fachadas com mais de uma cor na sua extensão ou a revestimentos cerâmicos que apresentem como cor do acabamento as cores dos ladrilhos correspondentes, nomeadamente castanho ou laranja. Estes casos constituem 7,3% da nova amostra.



**Figura 3.47. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função da sua cor, em número de fachadas e em percentagem**

Na amostra total, verifica-se, então, que mais de metade dos revestimentos inspeccionados possui cor branca, perfazendo 55,3% do conjunto, sendo as cores com a designação "outro" as menos significativas estatisticamente, correspondendo a 3,1% dos casos (Figura 3.48).

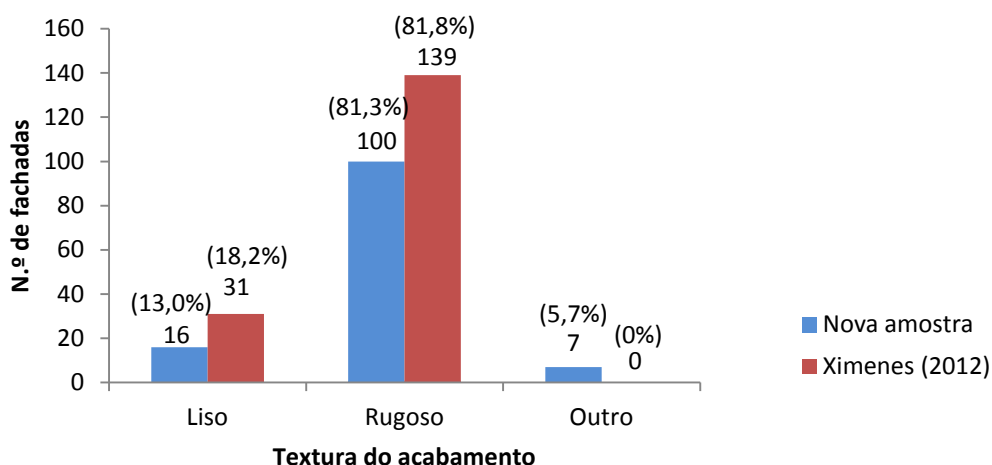




**Figura 3.48. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função da cor do revestimento, em número de fachadas e em percentagem**

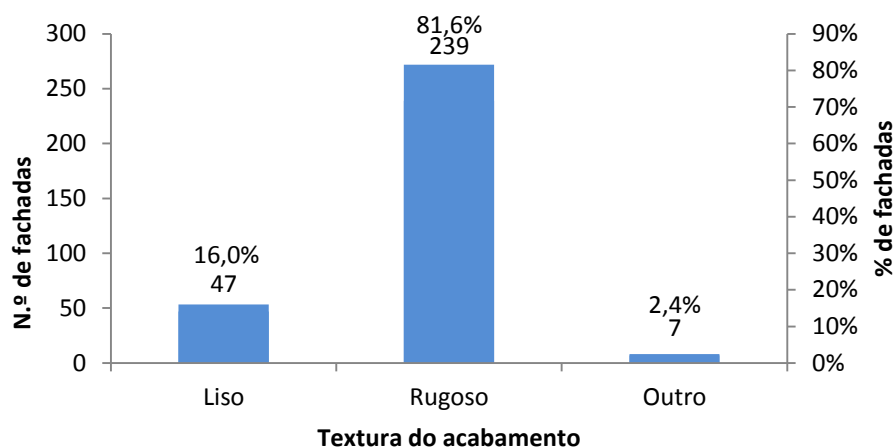
Quanto ao tipo de acabamento, denota-se uma clara predominância dos revestimentos rugosos, perfazendo um total de 81,3% do novo conjunto de casos (Figura 3.49). O tipo de acabamento com a designação "outro" corresponde a revestimentos cerâmicos em que, naturalmente, não se aplicam as definições de textura apresentadas. Este tipo de acabamento tem a menor incidência na amostra, correspondendo a apenas 5,7% dos casos, mais uma vez, justificada pela falta de sistemas cerâmicos na amostra.

Foram ainda acrescentados à amostra inicial 16 novos casos com acabamento do tipo "liso", correspondendo a 13% da nova amostra.



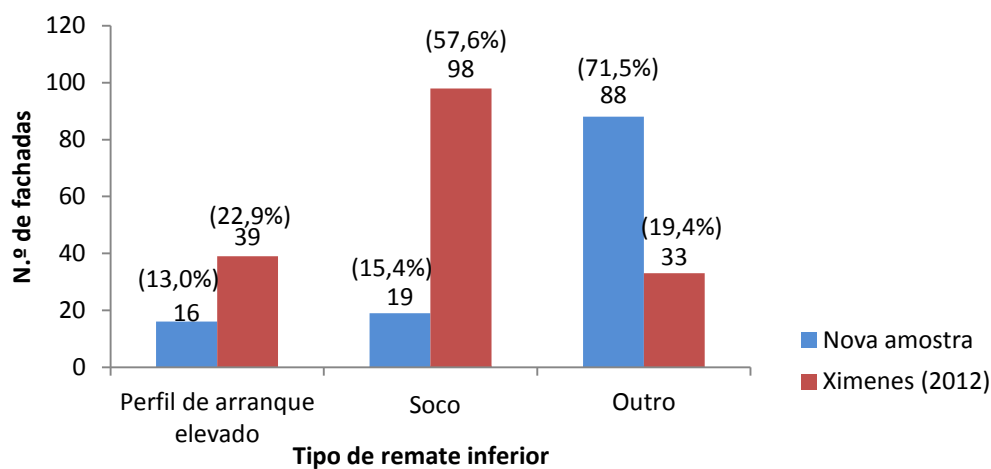
**Figura 3.49. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função da textura do acabamento, em número de fachadas e em percentagem**

Da análise da Figura 3.50, verifica-se que a distribuição dos casos em função da textura do acabamento é muito heterogénea, sendo mais frequente a existência de revestimentos com acabamento "rugoso" (81,6% da totalidade da amostra). Já o "outro" tipo de acabamento tem a menor incidência, ocorrendo em 2,4% dos casos.



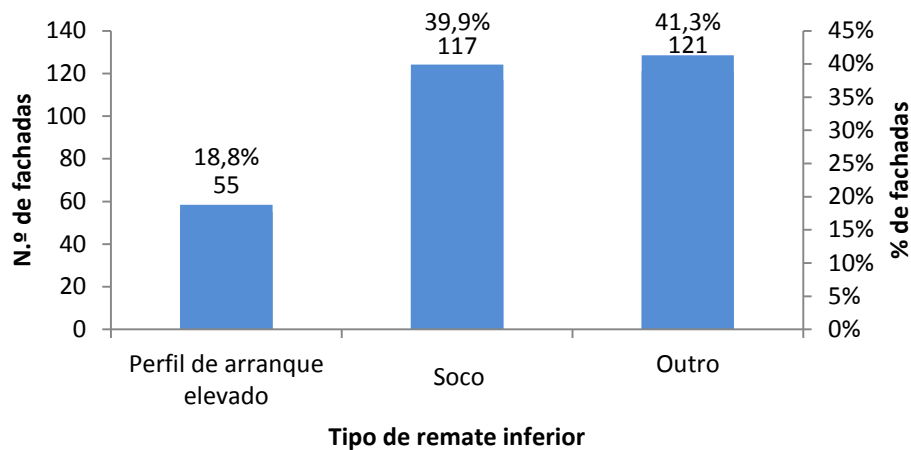
**Figura 3.50. Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função da textura do acabamento, em número de fachadas e em percentagem**

Quanto ao tipo de remate inferior, verifica-se na Figura 3.51 que a maior parte dos revestimentos analisados tem "outro" tipo de remate inferior, ou seja, não apresenta soluções de protecção inferior das zonas acessíveis tão reforçadas como os restantes revestimentos analisados, perfazendo, assim, 71,5% da nova amostra inspeccionada. Respeitando a necessidade de incluir novos casos em cada uma das categorias consideradas (discriminados na Tabela 3.9), complementou-se a amostra, tentando uniformizar mais o conjunto analisado.



**Figura 3.51. Distribuição dos revestimentos do novo trabalho de campo e da amostra de Ximenes (2012) em função do tipo de remate inferior, em número de fachadas e em percentagem**

A Figura 3.52 apresenta uma amostra mais homogénea, com significância estatística suficiente em todas as categorias, embora os revestimentos com perfil de arranque elevado sejam os menos representativos, correspondendo a 18,8% da totalidade dos casos.



**Figura 3.52.** Distribuição da totalidade da amostra inspeccionada em função do tipo de remate inferior, em número de fachadas e em percentagem

### 3.8.5. Caracterização das anomalias detectadas

Tal como na campanha visual efectuada por Ximenes (2012), constatou-se que todos os revestimentos da nova amostra apresentavam anomalias. Desta forma, a caracterização dos fenómenos de degradação detectados torna-se relevante para retirar conclusões sobre o desempenho e durabilidade dos revestimentos afectados e analisar quais são as manifestações anómalas com maior representatividade na amostra e os seus respectivos níveis de degradação. Assim, numa primeira fase, é estudada a frequência das anomalias detectadas nos revestimentos inspeccionados, por cada grupo ou por cada tipo de anomalia. Posteriormente, é efectuada a análise sobre os níveis de degradação quantificados na amostra, correspondentes à gravidade admitida para cada anomalia.

#### 3.8.5.1. Frequência das anomalias detectadas

Através da Figura 3.53, verifica-se que todos os novos revestimentos, correspondentes a 123 fachadas analisadas, apresentam anomalias estéticas, sendo assim as anomalias mais recorrentes, tal como verificado na amostra de Ximenes (2012). Desta forma, e observando a amostra total (Figura 3.54) constata-se uma considerável predominância deste grupo de anomalias, que surgem em 290 dos 293 revestimentos inspeccionados.

Por sua vez, as anomalias de perda de integridade apresentam ocorrências no novo conjunto de dados semelhantes às que se verificaram no estudo de Ximenes (2012), perfazendo um total de 48% da nova amostra (Figura 3.53). Analisando na perspectiva da totalidade das anomalias, na Figura 3.54, verifica-se que são as anomalias mais comuns depois das anomalias estéticas, aparecendo em 128 dos 293 casos alvo de estudo.

Os fenómenos que apresentam menor incidência na amostra total são as anomalias de perda de aderência, sendo observadas em apenas 21,1% dos novos casos e em 12,3% do conjunto total de casos analisado (Figura 3.53 e Figura 3.54).

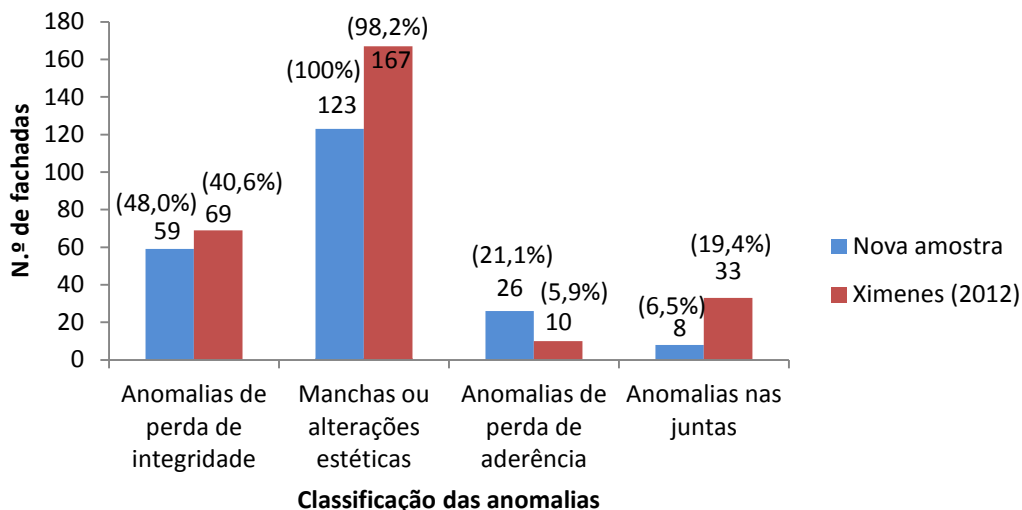


Figura 3.53. Distribuição do número de revestimentos que apresenta cada grupo de anomalias e frequência da degradação na presente amostra e no trabalho de Ximenes (2012)

Importa referir que os critérios utilizados nesta fase para a quantificação e análise das anomalias foram os mesmos utilizados por outros autores, nomeadamente Ximenes (2012), que admitem que as anomalias do mesmo grupo e que se apresentem em simultâneo apenas são contabilizadas uma vez, independentemente da frequência com que se manifeste a sua presença num revestimento. Desta forma, mesmo que um revestimento apresente diversos tipos de anomalias que se insiram num mesmo grupo comum, será avaliado apenas como tendo ou não esse determinado grupo de anomalias, não se fazendo a distinção entre as várias anomalias pertencentes ao conjunto.

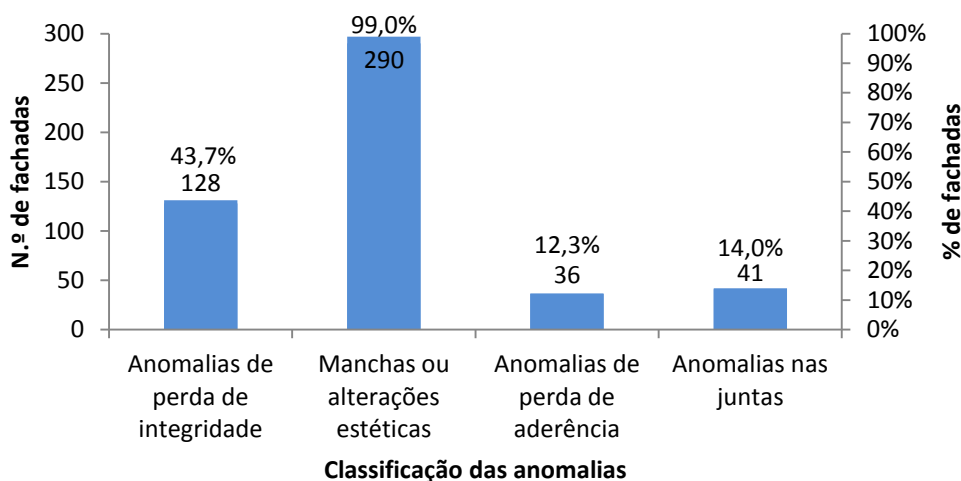


Figura 3.54. Frequência de cada grupo de anomalias na totalidade dos revestimentos e frequência da degradação

Analisando agora as anomalias individualmente (Figura 3.55 e Figura 3.56), verifica-se que, no grupo das anomalias visuais, as anomalias mais comuns observadas no novo trabalho de campo foram as manchas de humidade / fungos (23,6%), ocorrendo em 88 dos 123 revestimentos analisados. Sucedem-lhes as marcas de escor-

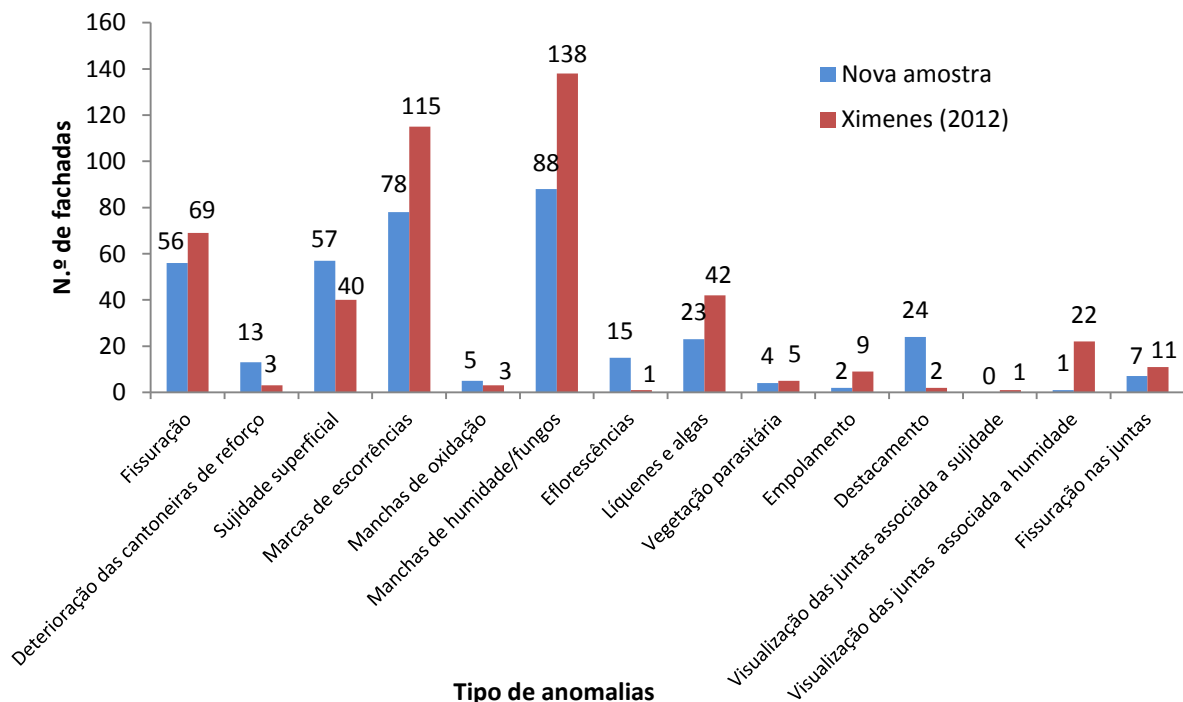
rência que surgem em 20,9% dos novos casos, e a sujidade superficial, observável em 15,3% dos revestimentos. Neste grupo das alterações estéticas, as que se verificam um menor número de vezes são as manchas devidas à vegetação parasitária (1,1%) e as manchas de oxidação (1,3% da nova amostra).

No conjunto das anomalias de perda de integridade, o mecanismo de deterioração mais frequente é a fissuração que se apresenta em 15% dos casos registados no novo trabalho de campo. Esta percentagem é idêntica à distribuição de dados obtidos por Ximenes (2012) para esta anomalia, que apresenta uma ocorrência de 15% na amostra inicial. Quanto à deterioração das cantoneiras de reforço, verificou-se um aumento da sua ocorrência relativamente à recolha anterior, ocorrendo em 3,5% dos novos casos.

No conjunto das anomalias de perda de aderência, que, tal como referido, é o grupo menos significativo estatisticamente, verificou-se um aumento dos casos de estudo no que concerne ao fenómeno de destacamento em comparação com os resultados de Ximenes (2012), constituindo 6,4% da nova amostra. Quanto aos casos de empolamento, verificou-se uma diminuição de casos relativamente à amostra da autora (Ximenes, 2012), sendo apenas detectados duas vezes.

No grupo das anomalias das juntas, destaca-se a fissuração nas juntas como o fenómeno mais recorrente, evidenciando-se em 1,9% das fachadas inspeccionadas no novo trabalho de campo.

As anomalias que apresentam números de casos desprezáveis são as associadas a vegetação parasitária (1,1%), ao empolamento (0,5%) e à visualização de juntas entre placas associada a alteração cromática devido à humidade (0,3%). Já a visualização de juntas entre placas devido à sujidade não foi verificada em nenhuma situação.



**Figura 3.55. Distribuição do número de revestimentos que apresenta cada tipo de anomalia na presente amostra e no trabalho de Ximenes (2012)**

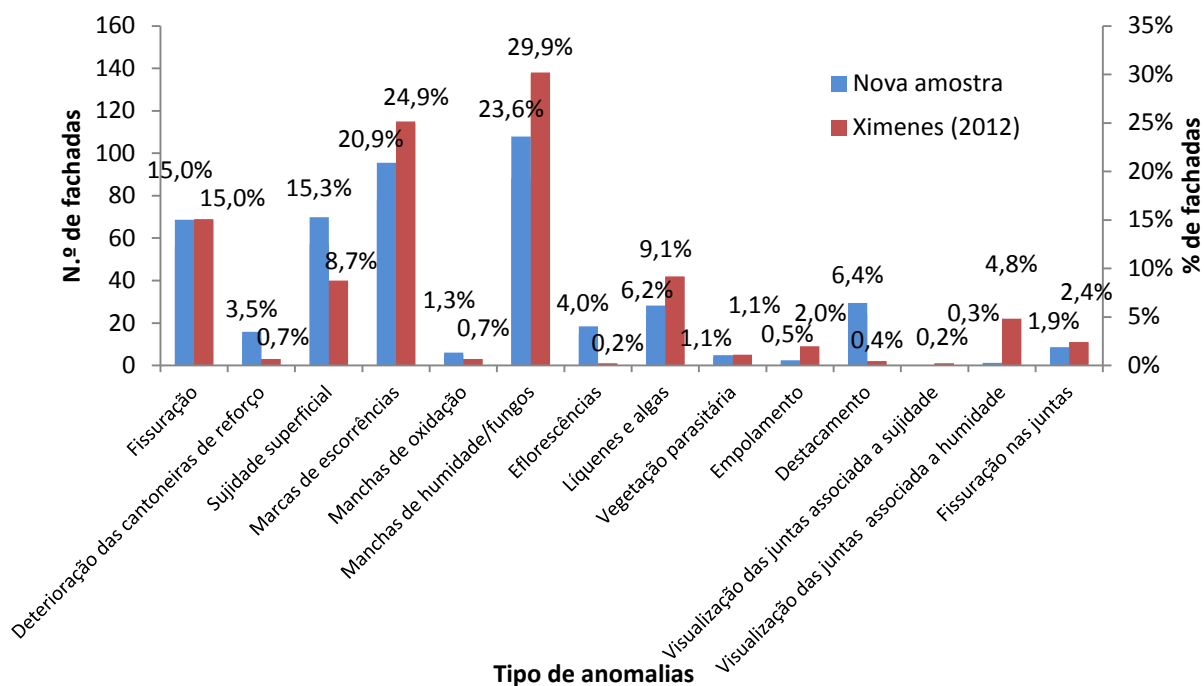


Figura 3.56. Frequência da degradação na presente amostra e no trabalho de Ximenes (2012)

Na Figura 3.57, referente à união dos resultados dos dois trabalhos de campo, depreende-se que as anomalias predominantes na amostra global são as manchas de humidade / fungos que ocorrem em 226 dos 293 revestimentos inspeccionados (27,1%), seguidas pelas manchas de escorrências (23,1%) e pela fissuração (15%). Os dois primeiros tipos de anomalias pertencem ao grupo das anomalias estéticas, confirmando o evidente domínio destas alterações na amostra analisada.

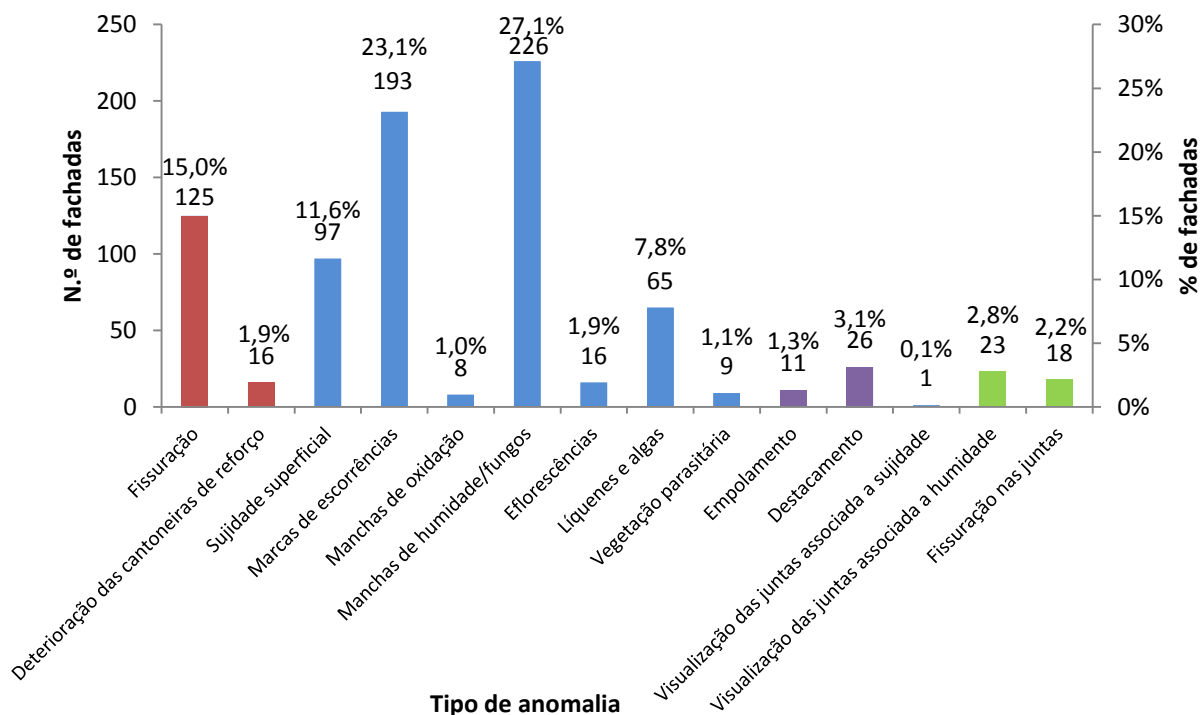


Figura 3.57. Distribuição do número de revestimentos que apresenta cada tipo de anomalia na amostra global

### 3.8.5.2. Níveis de severidade das anomalias

Avaliando os níveis de gravidade das anomalias (Figura 3.58), observa-se que o nível 1 de degradação (intensidade das alterações reduzida) é o que se apresenta com maior frequência nas duas amostras analisadas. Estes resultados indiciam que grande parte dos fenómenos registados apresenta extensão e severidade ligeiras, com excepção da anomalia de retenção de sujidade que, invariavelmente, corresponde ao nível 1 qualquer que seja a área afectada ou a intensidade que apresente nos revestimentos.

O nível 4 (degradação generalizada) é o menos recorrente nas duas amostras, apresentando pouco significado comparativamente com os outros níveis.

Estes resultados são reforçados pela observação da Figura 3.59, que apresenta a incidência dos diferentes níveis na globalidade da amostra. Assim, as anomalias correspondentes ao nível 1 foram detectadas em 43,9% da amostra, 35,6% das anomalias correspondem ao nível 2 (nível ligeiro de degradação), 16,3% correspondem ao nível 3 (nível moderado de degradação) e, finalmente, apenas 4,2% do conjunto de dados apresenta o nível de degradação 4. Com esta distribuição, facilmente se conclui que as anomalias apresentam frequência decrescente com o aumento do grau de severidade.

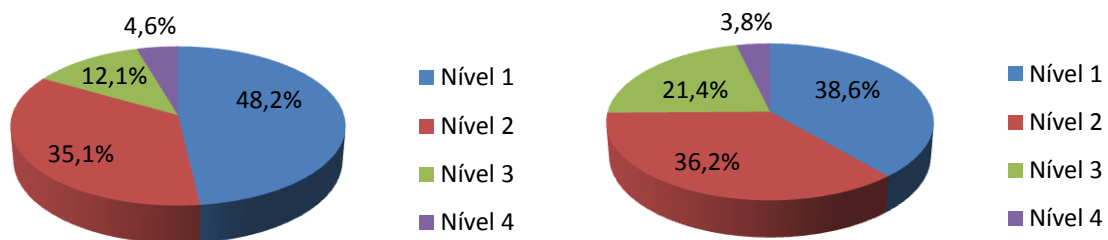


Figura 3.58. Distribuição dos casos de estudo de Ximenes (2012) por níveis de degradação (à esquerda) e distribuição dos casos de estudo da nova amostra por níveis de degradação (à direita)

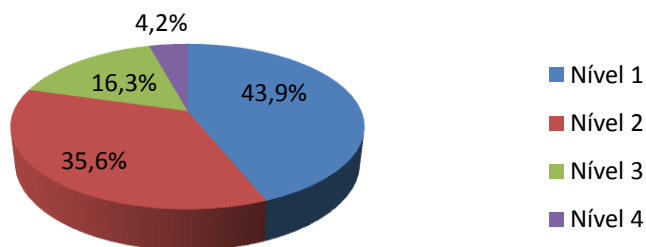


Figura 3.59. Distribuição dos casos de estudo por níveis de degradação (amostra global)

Para complementar a informação, a Figura 3.60 demonstra que as alterações estéticas são as anomalias mais comuns em cada patamar de degradação, ou seja, são aquelas que mais contribuem para a definição de cada nível de degradação.

O nível 1 engloba, para além das anomalias estéticas (80,9%), anomalias de perda de integridade e, em menor número, anomalias nas juntas, representando, respectivamente, 13,7% e 5,5% das anomalias deste nível.

O nível 2 abrange todos os grupos de anomalias, com maior destaque para as anomalias estéticas (71,4%) e para as anomalias de perda de integridade (24,2%). Também o nível 3 se apresenta com alguma representatividade em todos os grupos de anomalias, mas claramente com maior prevalência nas alterações estéticas (61,8%).

Já o nível generalizado de degradação (nível 4) apenas se regista em três grupos (anomalias estéticas, perda de aderência e perda de integridade), não sendo observado em nenhum caso associado a anomalias nas juntas.

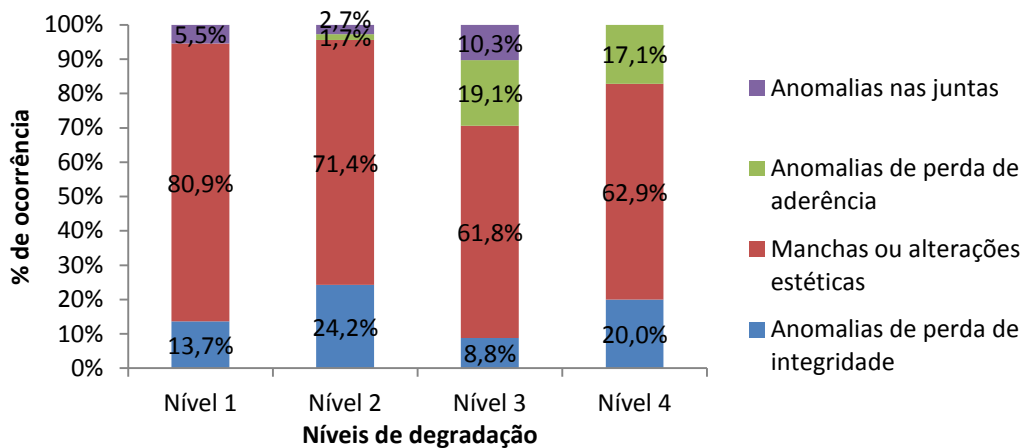


Figura 3.60. Contribuição de cada grupo de anomalias para cada nível de degradação

Na Figura 3.61, ilustra-se a distribuição dos níveis de degradação pelos diferentes grupos de anomalias considerados. Constata-se que, nas anomalias de perda de integridade, o nível 2 de degradação é o que se regista na maior parte dos casos, correspondendo a 51,1% das manifestações de perda de integridade detectadas. O nível 4 é o que regista menor número de ocorrências nos casos inspeccionados (5,0%).

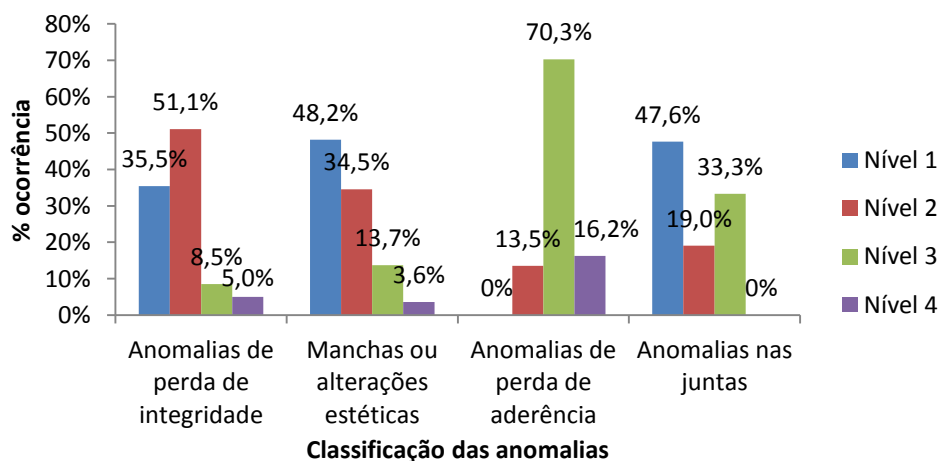


Figura 3.61. Distribuição dos níveis de degradação por cada grupo de anomalias na globalidade dos revestimentos analisados

Nas alterações estéticas e nas anomalias nas juntas, o nível 1 predomina (48,2% e 47,6%, respectivamente), enquanto o nível 4 apresenta a menor frequência nas alterações estéticas (3,6%), não se registando nenhum caso nas anomalias das juntas.



Finalmente, o grupo das anomalias de perda de aderência é maioritariamente constituído por fenómenos de nível 3 (70,3%), sendo a contribuição dos destacamentos muito significativa para estes resultados. Desta forma, não existem casos detectados associados ao nível 1, já que este tipo de anomalias apresenta uma gravidade muito superior à que é definida por esse patamar de severidade.

Esta distribuição permite comprovar que as anomalias estéticas apresentam maioritariamente deteriorações ligeiras (nível 1 e nível 2), enquanto grande parte dos revestimentos afectados por anomalias de perda de aderência apresenta gravidades superiores (nível 3 e nível 4).

A elevada incidência de anomalias de nível 1 explica-se pela elevada frequência de anomalias estéticas com gravidade correspondente a este patamar de degradação, como se pode ver na Figura 3.60 (80,9% das anomalias estéticas apresentam uma degradação reduzida). Estes dados são coerentes com a percepção natural de degradação das fachadas de edifícios recentes, já que as anomalias estéticas são dos primeiros tipos de alterações ligeiras que as construções manifestam nos primeiros anos de vida. Desta forma, surgiu a necessidade de discriminar a distribuição dos diferentes níveis de severidade para cada tipo de anomalia estética (Figura 3.62), a partir do que se conclui que, em grande parte dos mecanismos de degradação pertencentes a este grupo, o nível 1 predomina, designadamente nas categorias de sujidade superficial, manchas de escorrências, manchas de oxidação e manchas de humidade / fungos. Com excepção das manchas de oxidação, estas anomalias correspondem às alterações estéticas mais recorrentes no novo trabalho de campo e na amostra de Ximenes (2012).

Nas manchas associadas a eflorescências, líquenes e algas e a vegetação parasitária, o nível 2 é o mais frequente. Já em todas as alterações estéticas analisadas, o nível 4 de degradação é o menos frequente, não havendo registos de casos com este grau de severidade em manchas devidas a sujidade superficial, manchas de oxidação, eflorescências e vegetação parasitária.

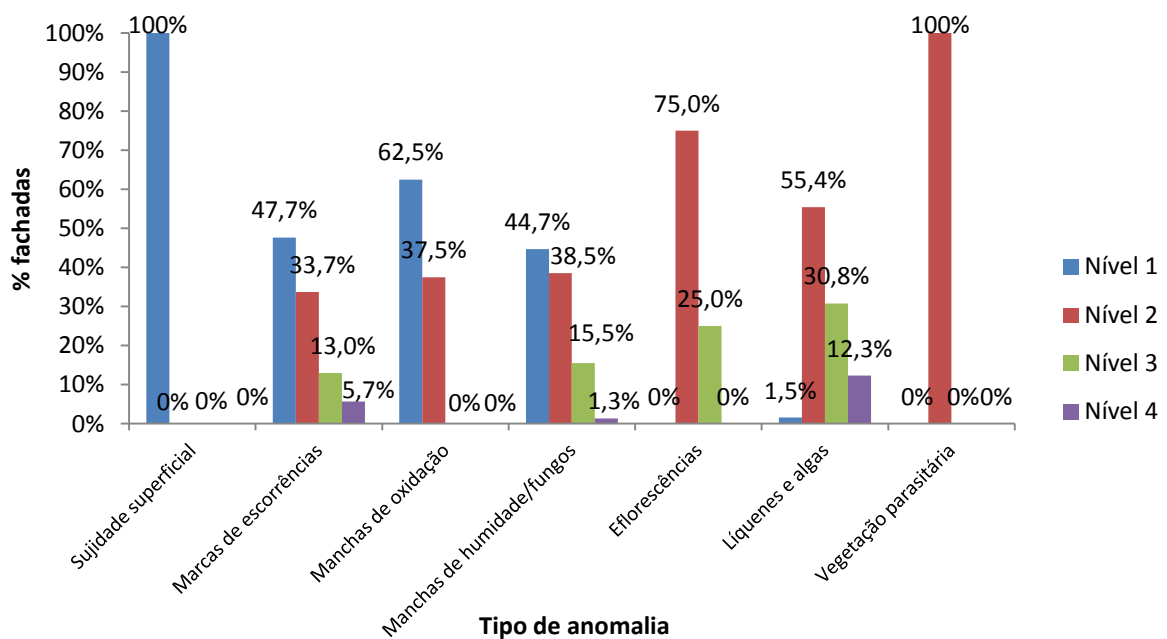


Figura 3.62. Distribuição dos níveis de degradação pelas anomalias do tipo manchas ou alterações estéticas da amostra global

Importa referir que a consideração do grupo das anomalias visuais nesta nova análise se deveu ao facto de este conjunto englobar diversos tipos de anomalias que, naturalmente, evidenciam comportamentos e gravidades distintos. Neste grupo, existe ainda uma distribuição clara de todos os níveis de degradação considerados no estudo, tal como verificado na Figura 3.62.

### **3.9. Conclusão**

O objectivo fundamental deste capítulo é descrever a metodologia de investigação e selecção aplicada, apoiada na informação recolhida e nos critérios adoptados para a identificação dos factores de degradação e a sua intensidade nos revestimentos.

Em suma, o trabalho de campo dividiu-se em três fases. A primeira consistiu na análise dos dados recolhidos por Ximenes (2012) e na identificação das necessidades dessa amostra, com a definição dos factores de degradação a adoptar que, de uma forma expectável, contribuísem para a determinação da vida útil dos sistemas ETICS. A fase seguinte correspondeu à obtenção de informação prévia que permitisse a selecção e caracterização da amostra a adicionar, recorrendo a uma ficha de inspecção e diagnóstico que compilava todos os dados relevantes para a discriminação dos revestimentos. Foi ainda estabelecido um sistema de classificação das anomalias evolutivas e definida uma categorização dos patamares de degradação que permitia quantificar a intensidade e a severidade das alterações observadas, a partir de uma escala de degradação já proposta por Ximenes (2012). A partir destes dados, foi iniciado o planeamento das actividades de inspecção.

Por fim, a última fase foi dedicada à realização das inspecções visuais e à recolha de dados em campo com consequente análise, descrição e discussão dos resultados. A amostra total, resultante da junção dos dois conjuntos de revestimentos inspeccionados, foi caracterizada de acordo com a sua idade, orientação solar, a sua zona envolvente, o tipo de revestimento utilizado e as suas características fundamentais, o tipo de anomalias detectadas e o grau de severidade respectivo. A consideração destes parâmetros permitirá avaliar a sua influência na durabilidade de ETICS em paredes exteriores.

Neste capítulo, não foi ainda mencionada a extensão dos fenómenos de degradação observados. Este parâmetro será avaliado no Capítulo 4, referente aos modelos de degradação, pois, tal como a intensidade das alterações, este factor tem uma significativa importância no processo de modelação.

## **4. Modelos de degradação - análise global da amostra**

### **4.1. Introdução**

Este capítulo tem como objectivo fundamental a apresentação e discussão de uma metodologia de análise da evolução da degradação dos revestimentos ETICS ao longo do tempo, recorrendo a um modelo gráfico de degradação baseado em representações matemáticas. Esta metodologia possibilita a definição de uma vida útil estimada para os revestimentos considerados e é desenvolvida a partir do tratamento estatístico, quantificação e conversão para o modelo dos dados recolhidos no trabalho de campo, objecto de estudo no Capítulo 3.

Numa primeira fase, é definido o enquadramento teórico da metodologia considerada para a previsão da vida útil, através da identificação e discriminação dos dados necessários para a obtenção de indicadores numéricos capazes de caracterizar a degradação dos revestimentos inspeccionados. Através de uma representação gráfica, estes indicadores são utilizados para distinguir a perda de desempenho global de cada caso ao longo do tempo, em função da sua idade. Posteriormente, são elaborados modelos de degradação considerando os diversos factores intervenientes, procurando compreender a sua influência no processo de degradação. Finalmente, é estimada a vida útil de referência com base na intersecção da curva teórica de degradação com o limite mínimo de aceitação de desempenho para revestimentos ETICS e é efectuada uma análise e discussão dos resultados obtidos.

Gaspar (2002) e Emídio (2012) enfatizam a necessidade de apreciar os modelos e respectivos resultados obtidos com alguma cautela e sentido crítico, uma vez que os dados são recolhidos a partir de inspecções visuais que, naturalmente, envolvem alguma subjectividade. Assim, a aplicação dos modelos referidos pode ser considerada como uma fase introdutória para o desenvolvimento de investigações de modelos analíticos, baseados, sobretudo, em estudos laboratoriais como ensaios e caracterizações dos materiais ou do sistema de construção para condições de exposição simuladas [CHAI *et al.*, 2014; EMÍDIO *et al.*, 2014 e XIMENES *et al.*, 2015].

### **4.2. Metodologia de estimativa da vida útil de ETICS**

A vida útil de um revestimento corresponde ao intervalo de tempo em que este atinge ou excede os níveis mínimos aceitáveis esperados para o seu desempenho [ISO 15686-1, 2000].

Apesar de ser um conceito de difícil definição [MOSER, 2004], o fim da vida útil dos revestimentos está associado à perda de aptidão para o desempenho satisfatório das funções aos quais se destinam, estando sujeitos à acção dos agentes e mecanismos de degradação existentes nas condições normais de serviço e exposição. Neste contexto, a vida útil de um revestimento termina quando um fenómeno de degradação excede os estados limites definidos, promovendo a obsolescência funcional e/ou a deterioração física e estética desse revestimento, comprometendo o desempenho económico e o cumprimento das exigências mínimas [GASPAR, 2002 e GASPAR, 2009].

Assentando o presente estudo na adopção e aplicação de modelos matemáticos que possibilitem a definição, de forma aproximada, do processo de degradação e a estimativa da vida útil de revestimentos ETICS, torna-se relevante discriminar a metodologia utilizada.

Existem vários modelos utilizados na previsão de vida útil de revestimentos, em função da sua idade, destacando-se os estudos de Gaspar (2002), Shohet *et al.* (2002), Shohet e Paciuk (2004) e Gaspar (2009). Na presente Dissertação, a metodologia utilizada fundamenta-se no modelo proposto por Gaspar (2009). Este modelo surgiu da necessidade do autor de desenvolver o seu modelo anterior (2002), colmatando algumas das limitações detectadas. Os dois modelos propostos baseiam-se no levantamento de informação através de inspecções meramente visuais, com o reconhecimento e registo das anomalias detectadas, a sua classificação em grupos e os respectivos níveis de degradação, com o objectivo de determinar índices numéricos que permitam descrever o estado de degradação das fachadas revestidas. No entanto, o modelo de Gaspar (2009) diferencia-se do estudo anterior pela inclusão de indicadores de degradação associados às anomalias registadas e pela integração das áreas afectadas por cada tipo de anomalias. A aplicação destes índices permite a obtenção de modelos gráficos que descrevem a evolução da degradação ao longo do tempo e o estudo da contribuição dos factores de degradação para o desempenho dos revestimentos, possibilitando, conseqüentemente, a determinação da sua vida útil de referência prevista.

#### **4.2.1. Modelo de degradação - modelo de Gaspar (2009)**

O modelo de Gaspar (2009) tem como objectivo estimar um índice numérico (no caso da presente Dissertação foi adoptado o indicador severidade da degradação normalizada -  $S_w$ ) que indica o nível de degradação global dos revestimentos inspeccionados durante o trabalho de campo. De forma a obter e interpretar o significado desta variável, importa recolher informação sobre a área total e a extensão degradada dos revestimentos ETICS pelas diversas anomalias, o tipo de anomalias existente e o seu nível de degradação, tornando-se relevante discriminar e quantificar alguns factores, tais como [GASPAR, 2009]:

- área total da fachada ( $A$ ), expressa em  $m^2$  - considera-se apenas a área da fachada efectivamente revestida com sistemas de isolamento térmico do tipo ETICS;
- área da fachada degradada, por tipo de anomalia, expressa em  $m^2$  - área afectada por cada tipo de anomalias (anomalias de perda de integridade; anomalias do tipo manchas ou alterações cromáticas ou de textura; anomalias de perda de aderência e anomalias nas juntas);
- área degradada ponderada ( $A_w$ ), expressa em  $m^2$  - traduzida pelo produto da área afectada por cada anomalia por uma constante que traduz a sua condição e gravidade;
- extensão da degradação do revestimento ( $E$ ), expressa em percentagem - obtida pelo quociente entre as áreas da fachada degradadas por cada tipo de anomalia existente no revestimento considerado e a área total da fachada revestida por ETICS;
- extensão da degradação ponderada ( $E_w$ ), expressa em percentagem - obtida pelo quociente entre a área degradada ponderada e a área total da fachada revestida por ETICS.

Através da quantificação e estimativa de todos estes parâmetros, é possível determinar o indicador da severidade da degradação normalizada que é obtido através da relação entre a área degradada ponderada e a área total da fachada revestida por ETICS multiplicada pelo maior nível de degradação conhecido.

#### 4.2.1.1. Área degradada ponderada ( $A_w$ )

A área degradada ponderada é obtida através do produto das áreas afectadas por cada anomalia detectada no revestimento por um factor multiplicativo que traduz o nível de degradação que esta apresenta (expressão 4.1). Este factor de ponderação possibilita a diferenciação das condições de deterioração de fachadas distintas, com a mesma extensão de revestimento afectada por anomalias, mas em que estas manifestações apresentam características e gravidades diferentes. A área degradada ponderada, de acordo com o nível de degradação das manifestações anómalas presentes, é estimada através da seguinte expressão:

$$A_w = \sum(A_n \times k_n) \quad (4.1)$$

em que:

$A_w$  - somatório da área degradada ponderada pelos diversos tipos de anomalias, em  $m^2$ ;

$A_n$  - área do revestimento afectada por uma anomalia  $n$ , em  $m^2$ ;

$k_n$  - factor multiplicativo das anomalias  $n$ , em função do seu nível de degradação ( $k$  varia entre os valores 0 e 4).

Desta forma, a multiplicação do somatório das áreas degradadas dos revestimentos pelos respectivos níveis de degradação corresponde à soma do somatório das áreas afectadas por cada anomalia multiplicadas pelo nível de degradação correspondente (expressão 4.2).

$$\sum(A_n \times k_n) = \sum(A_c \times k_c) + \sum(A_m \times k_m) + \sum(A_d \times k_d) + \sum(A_j \times k_j) \quad (4.2)$$

Para fachadas revestidas a ETICS, tem-se [XIMENES, 2012]:

$A_n$  - área do revestimento degradada, em  $m^2$ ;

$A_c$  - área do revestimento afectada por anomalias de perda de integridade, em  $m^2$ ;

$A_m$  - área do revestimento afectada por anomalias do tipo manchas ou alterações cromáticas ou de textura, em  $m^2$ ;

$A_d$  - área do revestimento afectada por anomalias de perda de aderência, em  $m^2$ ;

$A_j$  - área do revestimento afectada por anomalias nas juntas, em  $m^2$ ;

$k_n$  - factor multiplicativo das anomalias, em função do seu nível de degradação, tomando os valores pertencentes ao intervalo  $K = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ ;

$k_c$  - factor multiplicativo das anomalias  $c$ , em função do seu nível de degradação, tomando os valores pertencentes ao intervalo  $K = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ ;

$k_m$  - factor multiplicativo das anomalias  $m$ , em função do seu nível de degradação, tomando os valores pertencentes ao intervalo  $K = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ ;

$k_d$  - factor multiplicativo das anomalias  $d$ , em função do seu nível de degradação, tomando os valores pertencentes ao intervalo  $K = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ ;

$k_j$  - factor multiplicativo das anomalias  $j$ , em função do seu nível de degradação, tomando os valores pertencentes ao intervalo  $K = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ .

O factor área degradada ponderada não apresenta um limite superior definido, ou seja, o limite máximo teórico não corresponde à degradação da área total revestida por ETICS, podendo assumir valores superiores. Como refere Chai (2011), este facto pode dever-se a circunstâncias distintas, como a ocorrência de pelo menos um tipo de anomalia com nível de degradação superior a 1 ou ao fenómeno de sobreposição de anomalias entre diferentes grupos de anomalias ou dentro de um mesmo grupo de anomalias. A manifestação de sobreposição de anomalias gera, na análise, um desajuste relativamente à realidade física, sendo por isso apenas considerada a sobreposição entre manifestações anómalas pertencentes a grupos diferentes. No caso de existir sobreposição de anomalias dentro do mesmo grupo, é contabilizada a anomalia que apresenta o maior nível de degradação, ou seja, o caso mais gravoso.

#### 4.2.1.2. Extensão da degradação (E)

A extensão da degradação é obtida através do quociente entre a área da fachada efectivamente degradada (somatório das áreas do revestimento afectadas por cada tipo de anomalias) e a área total do revestimento aplicado (expressão 4.3). Chai (2011) refere que este factor apresenta um significado limitado, uma vez que apenas traduz a percentagem da fachada que se encontra degradada, não indicando a gravidade das anomalias responsáveis por esse estado de degradação.

$$E = \frac{\sum A_n}{A} = \frac{A_c + A_m + A_d + A_j}{A} \quad (4.3)$$

Para revestimentos ETICS, tem-se [XIMENES *et al.*, 2015]:

$E$  - extensão da degradação do revestimento, em percentagem;

$A_n$  - área do revestimento afectada por uma anomalia  $n$ , em  $m^2$ ;

$A$  - área total da fachada revestida por sistemas ETICS, em  $m^2$ ;

$A_c$  - área do revestimento afectada por anomalias de perda de integridade, em  $m^2$ ;

$A_m$  - área do revestimento afectada por anomalias do tipo manchas ou alterações cromáticas ou de textura, em  $m^2$ ;

$A_d$  - área do revestimento afectada por anomalias de perda de aderência, em  $m^2$ ;

$A_j$  - área do revestimento afectada por anomalias nas juntas, em  $m^2$ .

Contrariando uma visão simplista dos fenómenos, o factor extensão de degradação não está limitado ao intervalo de 0 a 100%. Quando ocorrem situações de sobreposição de anomalias, este parâmetro poderá atingir valores superiores a 100%, admitindo um limite máximo e claramente improvável de 400%, no caso de ocorrência simultânea de anomalias de perda de integridade, manchas ou alterações cromáticas ou de textura, anomalias de perda de aderência e nas juntas.

#### 4.2.1.3. Extensão da degradação ponderada ( $E_w$ )

A extensão de degradação ponderada, expressa em percentagem, é estabelecida por Gaspar (2009) através da relação entre a área degradada ponderada do revestimento ( $A_w$ ) e a área total da fachada ( $A$ ), como indicado na expressão 4.4. Ao contrário do indicador  $E$ , este factor  $E_w$  integra o nível de gravidade da degradação das anomalias na estimativa.

$$E_w = \frac{A_w}{A} = \frac{\sum(A_n \times k_n)}{A} \times 100 \quad (4.4)$$

em que:

$E_w$  - extensão da degradação ponderada do revestimento, em percentagem;

$A_w$  - somatório ponderado da área afectada pelos diversos tipos de anomalias existentes no revestimento, em m<sup>2</sup>;

$k_n$  - factor multiplicativo das anomalias  $n$ , em função do seu nível de degradação, tomando os valores pertencentes ao intervalo  $K = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ ;

$A_n$  - área do revestimento afectada por uma anomalia  $n$ , em m<sup>2</sup>;

$A$  - área total da fachada revestida por sistemas ETICS, em m<sup>2</sup>.

Pelo significado relativo que apresenta, este indicador  $E_w$ , tal como referido por Ximenes (2012), citando Gaspar (2009) e Chai (2011), pode variar entre 0% e o somatório das áreas do revestimento afectadas por anomalias e ponderadas pelos correspondentes níveis de degradação. Consequentemente, a variação neste intervalo pode restringir a interpretação clara deste factor, condicionando a sua aproximação à realidade física. No seu estudo, Ximenes *et al.* (2015), organizou quadros com o valor máximo da extensão de degradação ponderada para o caso de ocorrência da situação mais gravosa de surgimento de todos os tipos de anomalias de cada grupo na totalidade do revestimento. Assim, a autora determinou que o valor de  $E_w$  pode variar entre 0% e 1600%. O limite máximo foi obtido considerando a situação hipotética de manifestação de todas as anomalias na área total da fachada, em simultâneo. Sendo assim, para este caso, o somatório da extensão da degradação ponderada máxima é gerado pela ocorrência de anomalias de integridade ( $100\% \times 4 = 400\%$ ), por anomalias do tipo manchas ou alterações cromáticas ou de textura ( $100\% \times 4 = 400\%$ ), de perda de aderência ( $100\% \times 4 = 400\%$ ) e nas juntas ( $100\% \times 4 = 400\%$ ). Os valores obtidos no presente estudo são significativamente mais reduzidos do que o limite máximo considerado, o que reflecte a elevada improbabilidade da manifestação simultânea de todas as anomalias na totalidade da área da fachada.

#### 4.2.1.4. Severidade da degradação normalizada ( $S_w$ )

Sendo a extensão da degradação ponderada um parâmetro de interpretação complexa, Gaspar (2009) definiu um indicador designado por severidade da degradação normalizada (expressão 4.5). Este factor constitui-se como o quociente entre o valor da extensão da degradação ponderada e o valor que representa o nível de condição mais elevada de degradação que, no caso de sistemas ETICS, apresenta o valor de  $k=4$  (nível de degradação generalizada). Ao contrário do factor  $E_w$  que variava num intervalo mais amplo e, por isso, de difícil percepção, o parâmetro  $S_w$  varia entre 0 e 100%, simplificando a análise da degradação.

$$S_w = \frac{E_w}{k} = \frac{\sum(A_n \times k_n)}{A \times k} \times 100 \quad (4.5)$$

Nos revestimentos ETICS, tem-se [XIMENES, 2012]:

$S_w$  - severidade da degradação normalizada do revestimento, expressa em percentagem;

$E_w$  - extensão da degradação ponderada, expressa em percentagem;

$k$  - factor multiplicativo correspondente ao nível de condição mais elevada da degradação de um revestimento de área  $A$  (neste caso, correspondente a  $k = 4$ );

$A_n$  - área do revestimento afectada por uma anomalia  $n$ , em  $m^2$ ;

$k_n$  - factor multiplicativo das anomalias  $n$ , em função do seu nível de degradação, tomando os valores pertencentes ao intervalo  $K = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ ;

$A$  - área total da fachada revestida com sistemas ETICS, em  $m^2$ .

#### 4.2.1.5. Relação entre a severidade normalizada e a condição global de degradação dos revestimentos ETICS

De forma a ser possível estimar a vida útil dos revestimentos ETICS através de modelos gráficos de degradação, é necessário estabelecer a correspondência teórica entre o indicador severidade de degradação normalizada e a respectiva condição, definida pelos cinco níveis de degradação especificados no Capítulo 3. Esta correspondência foi adaptada para os revestimentos ETICS por Ximenes (2012) a partir da metodologia proposta por Gaspar (2009), encontrando-se exposta na Tabela 4.1.

Adoptando a metodologia proposta por Gaspar (2009) e aplicada por Ximenes (2012), considerou-se o nível 3 (degradação mediana) como um limite aceitável da vida útil dos revestimentos ETICS. Desta forma, os revestimentos que apresentem um valor da severidade da degradação normalizada superior a 30% atingiram o final da sua vida útil, ou seja, o revestimento perde a sua aptidão para desempenhar eficazmente a função para o qual foi concebido, ficando, eventualmente, também com a aparência estética comprometida. Desta forma, pode ser necessário intervir, através de acções de limpeza e tratamento, reparação ou mesmo substituição parcial ou total do revestimento.

**Tabela 4.1. Correspondência entre a severidade normalizada de degradação e a condição global dos revestimentos**  
[adaptado de XIMENES *et al.*, 2015]

Níveis de degradação	Severidade normalizada de degradação
Nível 0 (inalterado)	$S_w \leq 1\%$
Nível 1 (pouco alterado)	$1\% < S_w \leq 10\%$
Nível 2 (degradação ligeira)	$10\% < S_w \leq 30\%$
Nível 3 (degradação moderada)	$30\% < S_w \leq 50\%$
Nível 4 (degradação generalizada)	$S_w \geq 50\%$

A Figura 4.1 ilustra a distribuição dos 293 revestimentos inspeccionados pelos cinco intervalos associados aos níveis de degradação. Através da sua análise, observa-se que a maioria da amostra apresenta uma degradação superior a 1% e inferior a 30%, o que categoriza grande parte dos revestimentos nos níveis 1 (alterações pouco perceptíveis) e 2 (degradação ligeira).



Apenas um revestimento ultrapassa uma severidade de degradação superior a 90%, considerada muito elevada, que se explica pelo facto da fachada pertencer ao edifício mais antigo da amostra ("Casa - Laboratório Termicamente Optimizada"), sendo detectadas, neste caso, essencialmente, anomalias do tipo manchas ou alterações cromáticas ou de textura associadas a níveis de degradação muito elevados, sendo a componente estética dos revestimentos a mais afectada. Apesar deste facto, a fachada apresenta ainda anomalias de perda de integridade, de perda de aderência e também anomalias nas juntas.

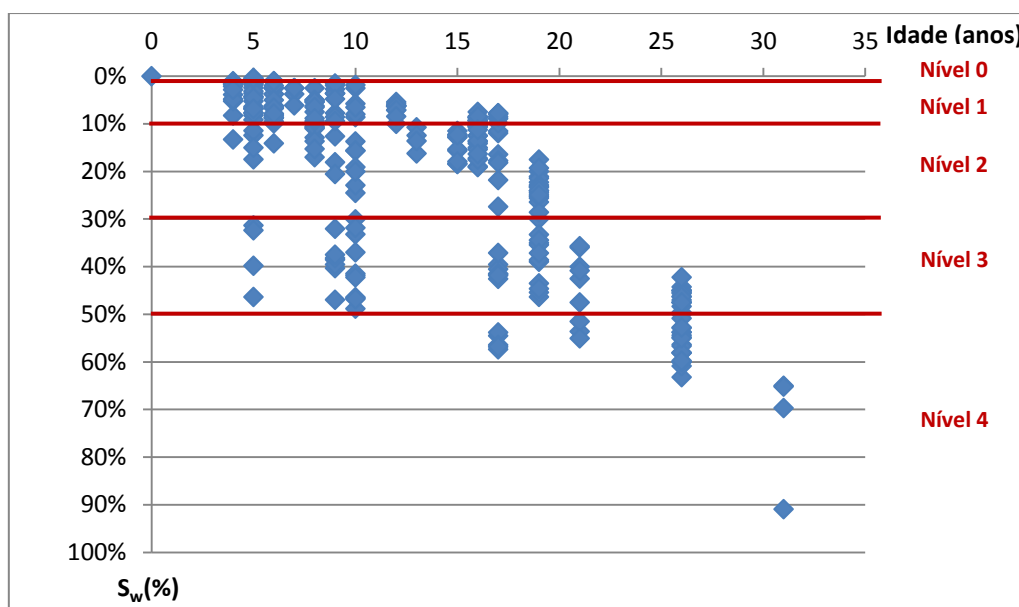


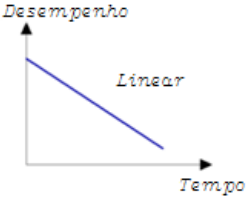

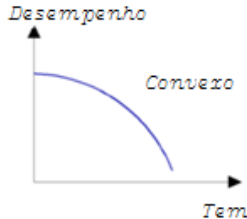
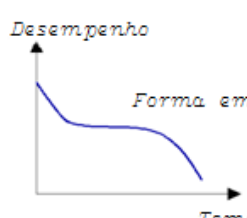
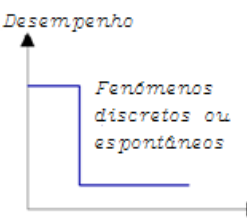
Figura 4.1. Distribuição da severidade normalizada de degradação, dos 293 casos de estudo, em cinco intervalos correspondentes aos níveis de degradação 0, 1, 2, 3 e 4

### 4.3. Evolução da degradação de ETICS - curvas de degradação

As curvas de degradação teóricas que descrevem a evolução da degradação ao longo do tempo, em função dos agentes intervenientes no processo de degradação, foram definidas por Shohet *et al.* (1999) e complementadas por Gaspar (2002). Estes padrões típicos de degradação (linear, côncavo, convexo, forma em "S" e fenómenos discretos ou espontâneos) são apresentados na Tabela 4.2.

Para além dos exemplos ilustrados, Ximenes (2012) indica ainda a existência de fenómenos não padronizáveis, resultantes de erros ou omissões na fase de projecto e concepção dos elementos. Adicionalmente, Gaspar (2009) refere que as curvas de degradação obtidas podem resultar da sobreposição de dois ou mais padrões conhecidos de degradação. Ximenes (2012) destaca o exemplo da curva em "S" que resulta da combinação de curvas associadas a padrões do tipo côncavo e convexo.

**Tabela 4.2. Padrões típicos de degradação associados a agentes e mecanismos de degradação (adaptado de SHOHET et al., 1999; GASPAR, 2002; SILVA, 2009 e GALBUSERA, 2013)**

Padrão típico de deterioração	Agente de deterioração
	<p>Padrão que corresponde à actuação em permanência do agente de deterioração no revestimento, exercendo um impacto contínuo nos revestimentos (exemplos: acções atmosféricas como a incidência de radiação U.V. ou a acção agressiva do vento).</p>
	<p>Padrão correspondente à ocorrência frequente de agentes de deterioração biológicos que, inicialmente, se desenvolvem rapidamente, mas cujo potencial de degradação diminui ao longo do tempo (exemplos: eflorescências, fungos e anomalias relacionadas com escorrência de águas).</p>
	<p>Padrão referente à manifestação de fenómenos físicos e químicos, que actuam, inicialmente, de forma lenta, mas cujos efeitos se fazem sentir cumulativamente. Esta acção tende a acelerar no tempo (exemplos: fenómenos de retracção que provocam o surgimento de fissuração e eventual destacamento).</p>
	<p>Padrão associado a fenómenos que se manifestam precocemente (normalmente, os seus efeitos e alterações podem ser observados nos primeiros anos de vida dos revestimentos) e alteram a sua intensidade ao longo do tempo. Estes fenómenos aparentemente estabilizam ao longo do tempo, mas, posteriormente, na fase final, podem gerar uma degradação mais profunda e de acelerado desenvolvimento.</p>
	<p>Padrão associado a fenómenos que não conseguem ser traduzidos por uma função contínua, podendo ocorrer em qualquer fase da vida útil do elemento, estando relacionados com acções de carácter accidental ou vandalismo [SILVA, 2009, citando GASPAR, 2002]. A função é normalmente representada por patamares de degradação, separados por um intervalo de tempo em que a acção aparentemente foi interrompida (exemplos: fissuração decorrente de assentamentos da estrutura, degradação causada por acidentes). Na presente Dissertação, não se considera este tipo de padrão, uma vez que os mecanismos de degradação a si associados não são modeláveis numa perspectiva de previsão da vida útil.</p>

### 4.3.1. Curva de degradação geral

Através da aplicação da metodologia de Gaspar (2009) e Gaspar e Brito (2011) ao estudo efectuado, a Figura 4.2 apresenta a curva de degradação geral que traduz graficamente a evolução da degradação dos revestimentos analisados por Ximenes (2012) e no novo trabalho de campo, em função da respectiva idade. A curva foi obtida através de uma regressão linear múltipla, em que se ajustou uma linha polinomial de grau 3 à mancha de pontos correspondente aos 293 casos de estudo.

A concentração de dados nas várias idades consideradas ocorre devido à existência de várias fachadas pertencentes a um mesmo edifício.

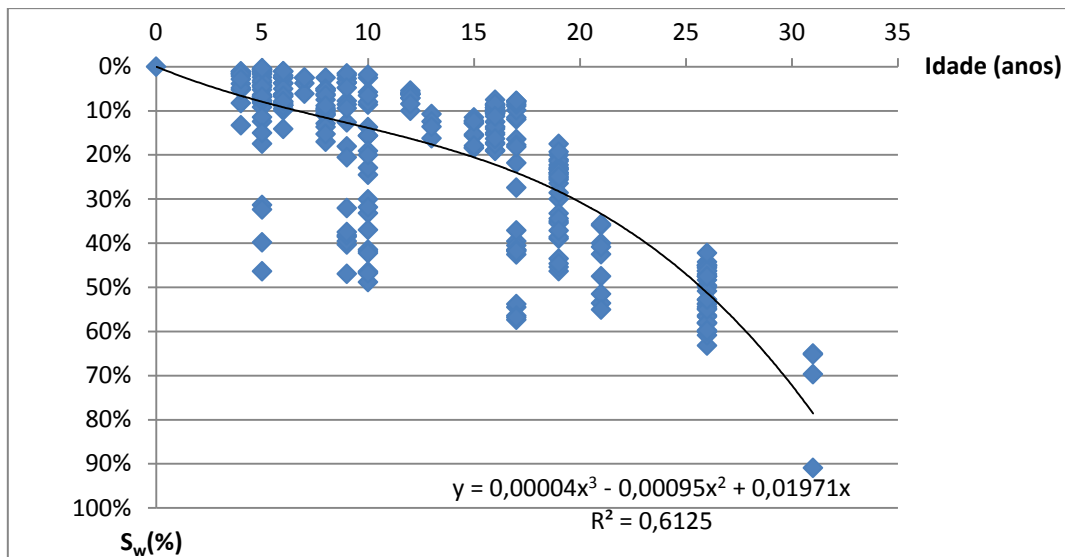


Figura 4.2. Curva de degradação geral obtida a partir dos 293 revestimentos inspeccionados no trabalho de campo

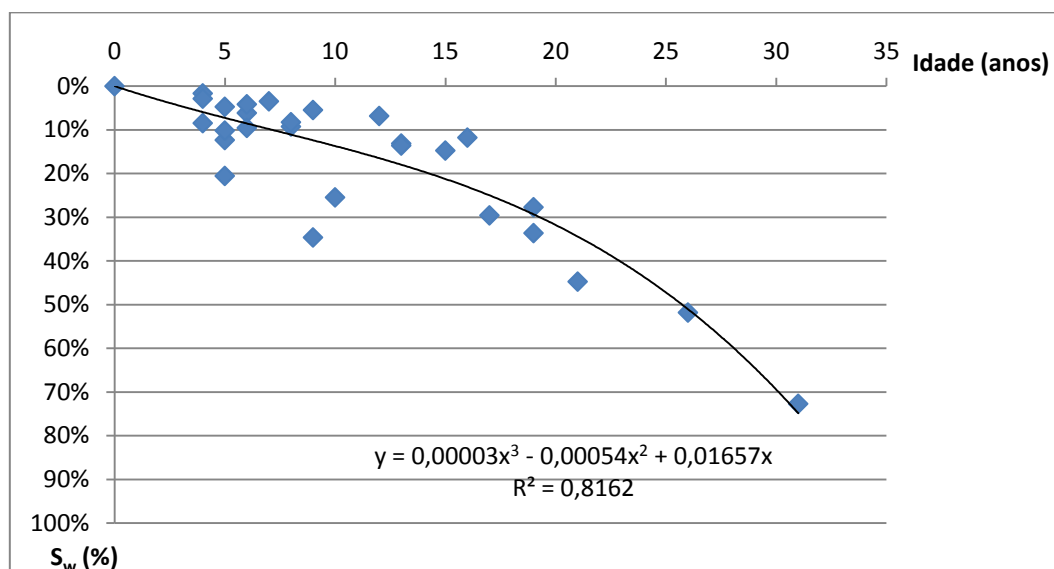
O coeficiente de determinação (quadrado do coeficiente de correlação momentânea do produto de Pearson -  $R^2$  - que varia entre 0 e 1) associado ao padrão de degradação apresenta um valor razoável de cerca de 0,61. Este valor, contrariamente ao que ocorreu no estudo de Ximenes *et al.* (2015), reflecte a significativa dispersão de resultados observada, particularmente nos revestimentos com 5, 10, 17 e 31 anos. Desta forma, a amostra estudada caracteriza e descreve de forma aceitável a perda de desempenho global dos revestimentos ETICS, apresentando, no entanto, algumas limitações. A dispersão verificada pode indicar que os sistemas ETICS aplicados nas fachadas estão sujeitos a outros factores não considerados nesta análise, uma vez que os revestimentos, nas suas condições normais de serviço, mesmo os que pertencem a um mesmo edifício, estão sujeitos a factores e mecanismos de degradação distintos que condicionam o seu desempenho.

Assim, a curva obtida permite constatar que aproximadamente 61% da variabilidade da degradação ( $S_w$ ) é explicada pelo modelo adoptado, isto é, a variância dos valores de  $S_w$  é justificada pela idade dos revestimentos, e cerca de 39% deve-se a outros factores como as características específicas dos revestimentos, a interacção com outros materiais, a qualidade dos materiais, a concepção e as condições de execução, entre outros, não avaliados na análise efectuada [SILVA *et al.*, 2012 e EMÍDIO, 2012].

Apesar de alguma dispersão nos resultados e do facto de não existirem revestimentos com idades superiores a 31 anos, presume-se uma certa tendência para a manifestação de níveis de severidade superiores em idades mais avançadas. A ligeira configuração em "S" da curva polinomial indica que os revestimentos têm alguma tendência para apresentar alterações que se manifestam prematuramente e cujas acções se desenvolvem ao longo do tempo, aumentando de intensidade. De facto, até aos 5 anos, os revestimentos apresentam níveis de degradação relativamente reduzidos, tendendo estes níveis a aumentar com o avançar da idade.

Verificando-se a considerável variabilidade de resultados observada na Figura 4.2, tornou-se interessante traçar uma nova curva em função dos valores obtidos a partir da média das severidades normalizadas de degradação das fachadas pertencentes a cada edifício inspeccionado, como ilustrada na Figura 4.3. Desta forma, e como refere Ximenes (2012), é obtida a degradação global das fachadas de cada edifício, sendo possível melhorar

a distribuição de dados, minimizando a sua variabilidade e, complementarmente, possibilitar uma interpretação mais explícita e perceptível do fenómeno de degradação em fachadas revestidas por sistemas ETICS. Com efeito, foi obtido um coeficiente de correlação de cerca de 0,82, bastante superior ao obtido a partir a curva de degradação representada na Figura 4.2. Assim, cerca de 82% da variabilidade encontrada para  $S_w$  é justificada pela idade e cerca de 18% deve-se a outros factores.



**Figura 4.3. Curva de degradação obtida a partir da média das severidades das fachadas de cada edifício inspeccionado no trabalho de campo**

### 4.3.2. Influência dos factores condicionantes

Os factores e os agentes de degradação a que estão sujeitos os revestimentos e a susceptibilidade que estes apresentam face aos seus efeitos influenciam consideravelmente a sua durabilidade. Neste contexto, analisou-se o parâmetro da severidade de degradação em função de diversos factores condicionantes, procurando melhorar a caracterização do padrão de deterioração, tornando-o mais representativo. Esta análise foi também realizada no ponto 3.4.2 e 3.4.3 para a amostra de Ximenes (2012).

Todos os factores relativos à zona envolvente e às características dos revestimentos ETICS descritos nesta fase serão considerados na modelação realizada através do método factorial, introduzido no Capítulo 5.

#### 4.3.2.1. Influência da orientação solar

Relativamente à influência da orientação solar na degradação dos revestimentos, a Figura 4.4 ilustra a distribuição estatística dos resultados referentes à perda de desempenho global em função da idade. De forma idêntica à análise da amostra de Ximenes (2012), introduziu-se uma simplificação, considerando-se, numa fase inicial, apenas os quatro quadrantes principais.

Segundo Freitas e Gonçalves (2005) e Gaspar (2009), os quadrantes sujeitos a acções mais agressivas são Norte (mais húmido e frio) e Oeste (fachadas mais expostas à radiação solar e a gradientes térmicos). Efectivamente, na amostra analisada, a orientação Oeste apresenta uma tendência de degradação mais acentuada. Também os dados obtidos para Norte correspondem ao padrão esperado, apresentando os menores valores de vida útil esperada (19

anos), embora o seu valor do coeficiente de determinação seja reduzido ( $R^2$  de cerca de 0,20). Esta constatação pode dever-se ao facto de existir apenas uma fachada orientada a Norte no intervalo entre os 20 e os 31 anos.

As orientações Sul, Oeste e Este apresentam correlações mais satisfatórias (com um  $R^2$  superior a 0,50), apresentando os revestimentos a Sul maiores valores de vida útil quando comparados com os restantes revestimentos (22 anos).

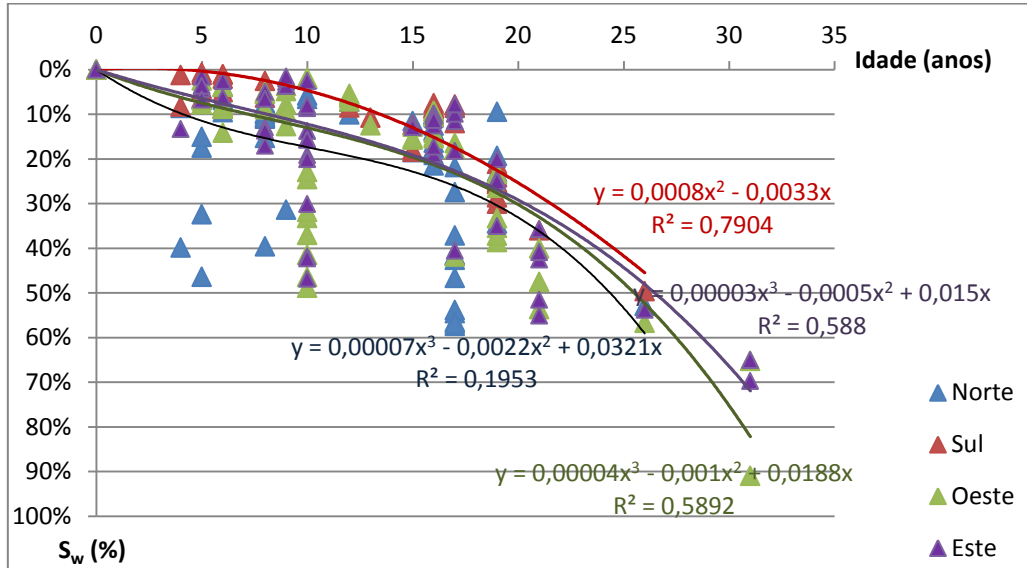


Figura 4.4. Curvas de degradação em função das orientações principais da fachada

Tal como Ximenes (2012) considerou na sua análise, optou-se também por distribuir os dados em três grupos de quadrantes, de acordo com a intensidade de degradação esperada (Figura 4.5): Oeste (W), Noroeste (NW) e Norte (N); Sudoeste (SW), Sul (S) e Sudeste (SE) e, finalmente, Este (E) e Nordeste (NE). Tal como esperado, a curva referente às orientações W, NW e N apresenta a inclinação mais acentuada de degradação. Já a curva respeitante à perda de desempenho dos revestimentos orientados a SW, S ou SE foi a única que apresentou um coeficiente de determinação elevado, de cerca de 0,80, revelando uma forte correlação entre a amostra e a curva.

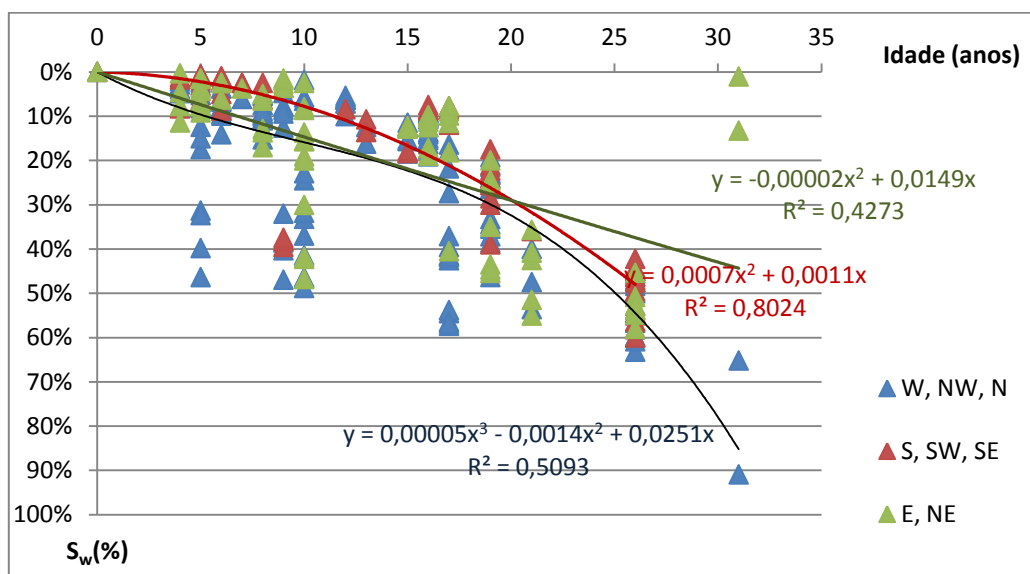


Figura 4.5. Curvas de degradação em função das orientações das fachadas

Apesar da evolução de degradação dos revestimentos apresentar padrões coerentes ao que seria expectável, as três curvas intersectam-se, dificultando a percepção da influência destes grupos de quadrantes, o que reforça o facto de estes não serem parâmetros preponderantes na avaliação da previsão da vida útil de revestimentos ETICS.

#### 4.3.2.2. Influência da exposição à proximidade do mar

A Figura 4.6 representa a análise da perda de desempenho dos revestimentos em função da sua proximidade ao mar. Não é fácil interpretar a influência deste factor, uma vez que as curvas se intersectam e o coeficiente de determinação associado à curva representativa da evolução de degradação dos revestimentos com uma distância ao mar superior a 5 km é muito reduzido (cerca de 0,20), contrariamente ao que acontece nas fachadas a uma distância do mar entre 1 e 5 km que apresentam uma correlação muito elevada ( $R^2$  de cerca de 0,94). Esta diferença significativa nos valores de correlação das curvas pode dever-se ao facto de os revestimentos com uma distância ao mar superior a 5 km não terem grande representatividade a partir de 20 anos de idade, tendo, no intervalo entre 20 e 31 anos, apenas 9 fachadas registadas no mesmo edifício (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Pólo II - Departamento de Engenharia Informática).

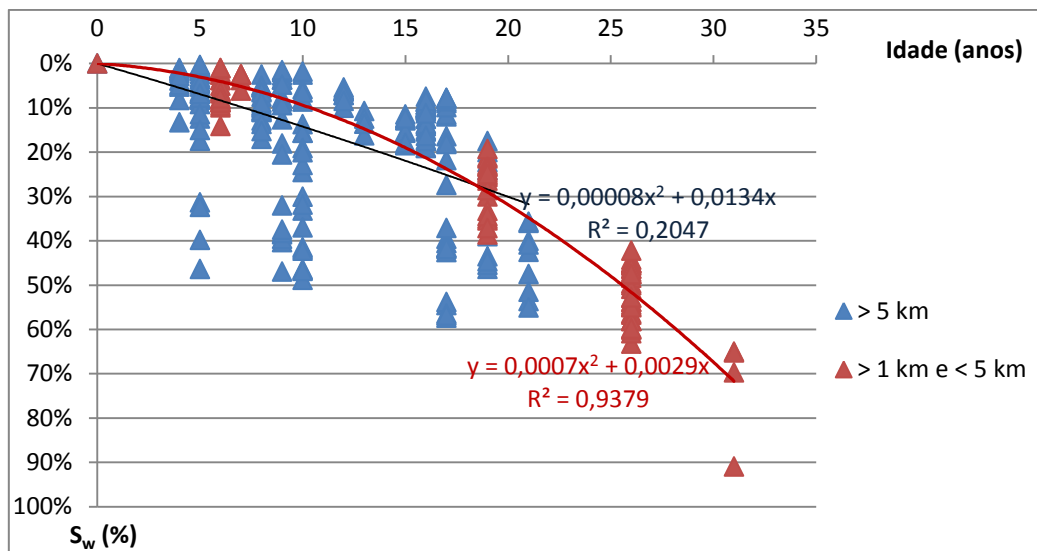


Figura 4.6. Curvas de degradação em função da proximidade do mar

A inexistência de casos com uma proximidade à linha costeira inferior a 1 km, em que se verifica maior exposição à acção do vento e, conseqüentemente, a sais e humidade transportados por este agente, também não permite retirar conclusões estatisticamente relevantes. Apesar destas considerações, as curvas obtidas apresentam resultados coerentes, uma vez que os revestimentos a uma distância entre 1 e 5 km do mar apresentam uma deterioração mais rápida do que os casos a uma distância superior a 5 km.

#### 4.3.2.3. Influência da exposição à humidade

Em relação à exposição dos revestimentos à humidade, observa-se na Figura 4.7 pouca definição nos resultados obtidos. A curva referente à "alta" exposição (casos situados a uma distância inferior a 1 km do mar ou de rios) traduz uma deterioração mais rápida dos revestimentos, apresentando um coeficiente de determinação elevado (cerca de 0,73).

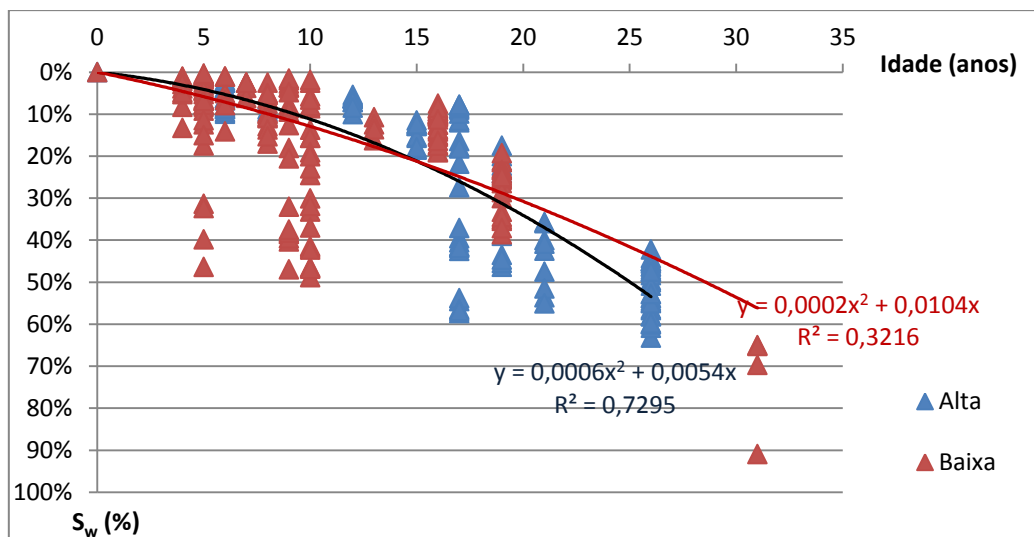


Figura 4.7. Curvas de degradação em função da exposição à humidade

Já a curva referente aos casos com menor exposição à humidade apresenta um coeficiente de determinação reduzido ( $R^2$  de cerca de 0,32), razão pela qual os resultados obtidos devem ser analisados com alguma cautela. O facto de existirem apenas 24 casos com estas características a partir dos 19 anos, pertencentes a apenas dois edifícios contidos na amostra (4 fachadas pertencentes à "Casa - Laboratório Termicamente Optimizada" e 20 revestimentos na Urbanização Quinta Verde), pode justificar esta correlação tão pouco significativa, limitando, assim, a aplicabilidade do modelo. O reconhecimento da influência deste factor é também condicionado pelo facto de as duas curvas se cruzarem, não possibilitando a obtenção de considerações definitivas.

#### 4.3.2.4. Influência da exposição à acção combinada chuva-vento

A Figura 4.8 ilustra a evolução da degradação dos revestimentos ETICS em função da sua exposição à acção conjunta da chuva e do vento, tendo sido agrupados segundo a intensidade destes agentes atmosféricos: severa, moderada e suave.

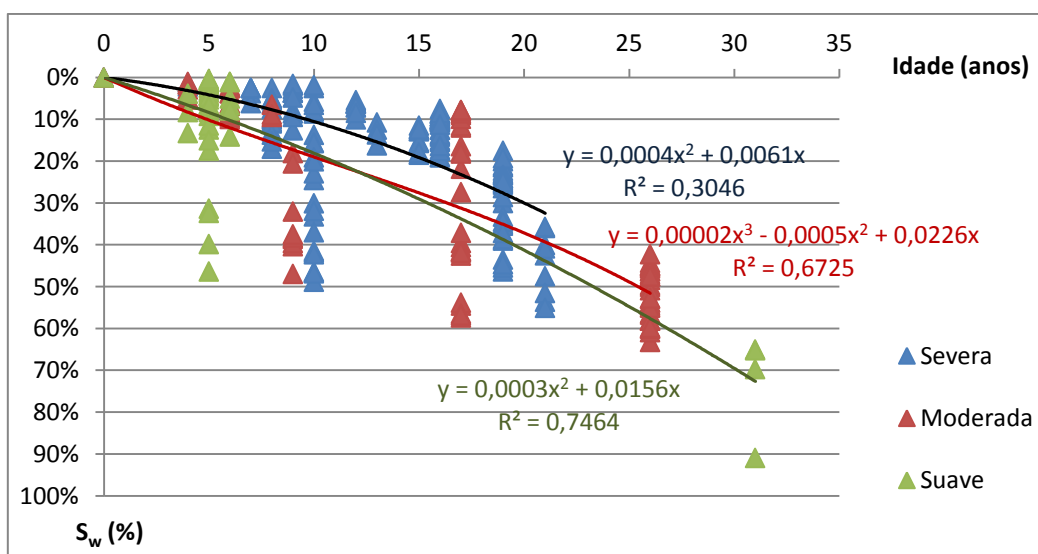


Figura 4.8. Curvas de degradação em função da acção chuva-vento

As curvas de degradação representativas da intensidade da acção combinada da chuva e do vento apresentam coeficientes de determinação razoáveis (valores de  $R^2$  superiores a 0,60), com excepção dos casos expostos a uma acção "severa" dos agentes referidos que apresentam um valor sem representatividade estatística (cerca de 0,30). Este valor pouco satisfatório pode dever-se à inexistência de casos sujeitos a exposição "severa" a partir de 22 anos. Também a curva correspondente à acção "suave", apesar de ter uma correlação elevada entre a amostra e o modelo (com um coeficiente de determinação de 0,75), depende da análise de apenas 46 casos com exposição mais reduzida à acção do vento-chuva, em que 42 casos têm idades iguais ou inferiores a 5 anos e 4 casos apresentam uma idade de 31 anos, o que não permite retirar conclusões estatisticamente válidas.

Os dados obtidos contrariam o que seria expectável, uma vez que a curva de acção "suave" apresenta uma deterioração manifestamente mais rápida que as curvas referentes à acção "severa" e "moderada". Uma possível justificação para os resultados obtidos é a aplicação de um conceito abstracto para definir o tipo de exposição a que os revestimentos estão sujeitos. A altura dos edifícios é um parâmetro de difícil transposição para a quantificação deste factor, uma vez que não é conhecido exactamente a partir de que número de pisos é que a acção é moderada ou severa [XIMENES, 2012].

#### 4.3.2.5. Influência da exposição aos agentes poluentes

Para a exposição a agentes poluentes, pode-se verificar na Figura 4.9 que, de forma oposta ao que seria previsível, os revestimentos com menor exposição aos agentes poluentes apresentam uma deterioração mais rápida do que os revestimentos mais afectados pela proximidade a vias de intenso tráfego. Uma possível razão para esta tendência é o facto de grande parte dos edifícios inspeccionados com "baixa" exposição aos agentes poluentes possuir idades mais avançadas, o que pode ter enviesado os resultados obtidos (das 183 fachadas analisadas com estas características, 119 apresentavam idades iguais ou superiores a 15 anos).

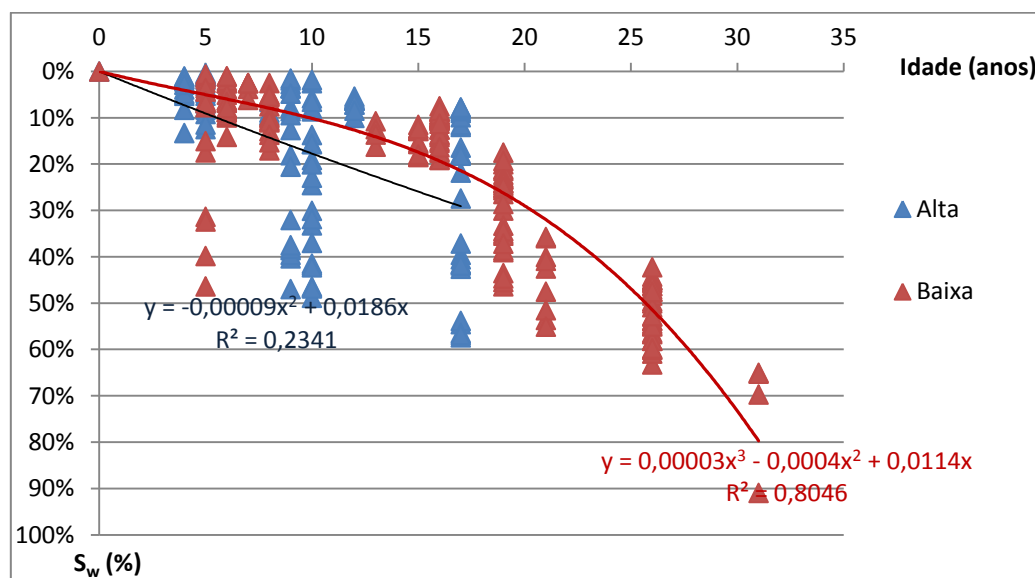


Figura 4.9. Curvas de degradação em função da exposição aos agentes poluentes

Também a curva de evolução da degradação para revestimentos com "alta" exposição a fontes poluentes apresenta um coeficiente de determinação muito reduzido ( $R^2$  de cerca de 0,23), reforçado pelo facto de não existirem



casos com estas características a partir de 17 anos. Apesar destas conclusões, constata-se que, quando o limite aceitável para a durabilidade dos revestimentos é atingido (correspondente a uma severidade normalizada de 30%), a vida útil é superior em cerca de dois anos nos revestimentos menos expostos à poluição atmosférica.

Finalmente, é possível verificar que o modelo não permite avaliar adequadamente a contribuição deste factor na durabilidade dos revestimentos.

#### 4.3.2.6. Influência do tipo de revestimento

A Figura 4.10 exprime a tendência de degradação dos revestimentos ETICS em função do tipo de sistema aplicado: tradicional, reforçado ou cerâmico.

Observa-se que, na amostra analisada, o número de sistemas ETICS com acabamento em ladrilho cerâmico e do tipo "reforçado" é relativamente reduzido. Existem apenas 7 revestimentos do tipo "cerâmico" na amostra e 10 do tipo "reforçado", estes últimos pertencentes ao mesmo caso (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Pólo II - Departamento de Engenharia Civil), não permitindo assim retirar conclusões claras sobre a influência do tipo de revestimento na durabilidade dos sistemas ETICS.

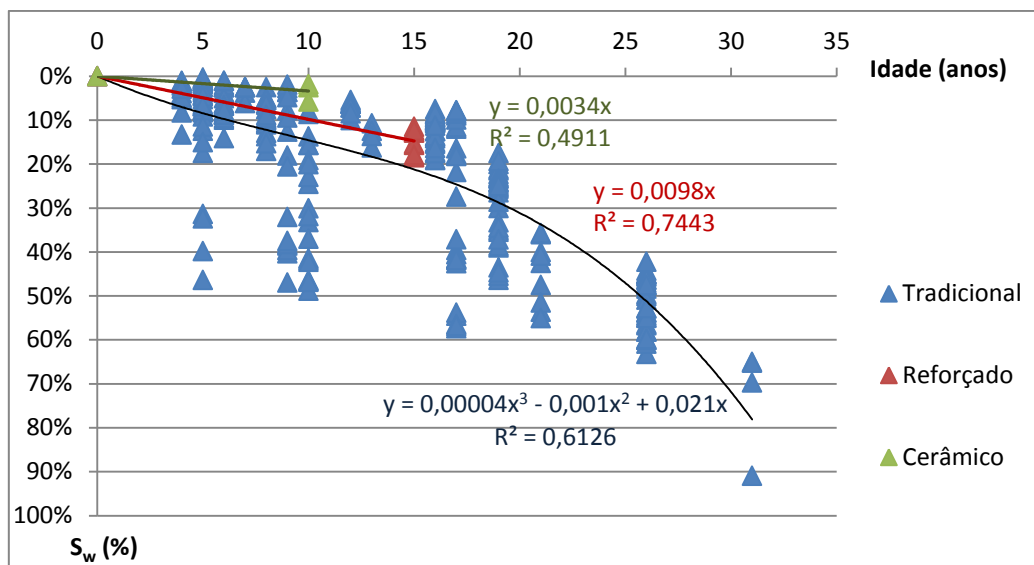


Figura 4.10. Curvas de degradação em função do tipo de revestimento

#### 4.3.2.7. Influência da cor do revestimento

A Figura 4.11 representa a modelação da perda de desempenho global dos revestimentos em função da sua cor. As curvas referentes às cores "rosa/salmão", "cinzento" e do tipo "outro" apresentam valores de correlação pouco satisfatórios ( $R^2$  inferior a 0,60), com particular destaque para a cor "rosa/salmão" que apresenta um coeficiente de determinação sem relevância estatística ( $R^2$  de cerca de 0,15) que pode dever-se ao reduzido número de casos, situados em apenas dois edifícios (3 fachadas no Bairro Alto da Eira e 25 revestimentos na Residência Universitária Eng.º Duarte Pacheco). Para além disso, as curvas respeitantes às cores "rosa/salmão" e "branco" sobrepõem-se numa extensão significativa.

Segundo Teo *et al.* (2005) e Chai (2011) os revestimentos com cores mais claras e com acabamentos mais lisos

apresentam maior reflectância à radiação ultravioleta, minimizando assim a ocorrência de anomalias devidas, principalmente, a tensões internas e a variações dimensionais de origem térmica. No entanto, nesta análise, a cor "amarelo" apresenta uma tendência de degradação mais acelerada do que as restantes curvas traçadas. A cor que apresenta o segundo maior potencial de degradação é o "branco", sendo as cores "cinzento" e do tipo "outro" as que apresentam menor inclinação das curvas. Como exposto no ponto 3.4.3, as cores mais claras facilitam a identificação das anomalias, o que pode explicar o padrão de degradação apresentado [GASPAR, 2009].

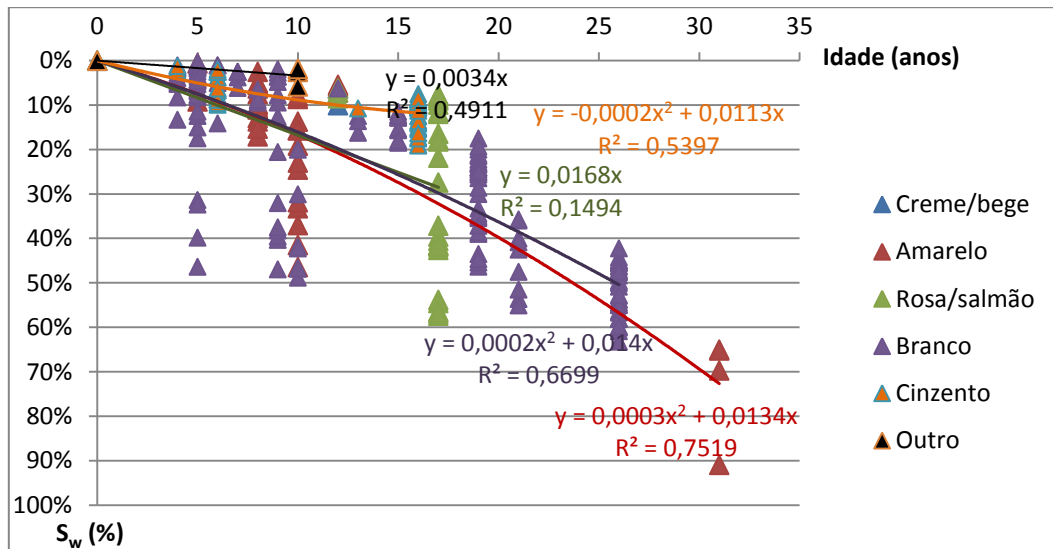


Figura 4.11. Curvas de degradação em função da cor do revestimento

De forma a tentar gerar algum acréscimo de significância estatística das curvas através da redução do número de variáveis, optou-se por dividir as diversas cores por três grupos referidos no ponto 3.4.3: "branco", "cores claras", "cores escuras" e "outro" (Figura 4.12). Constata-se uma ligeira melhoria nos valores de correlação, apresentando todos os grupos valores superiores a 0,40, permanecendo, no entanto, ainda pouco satisfatórios.

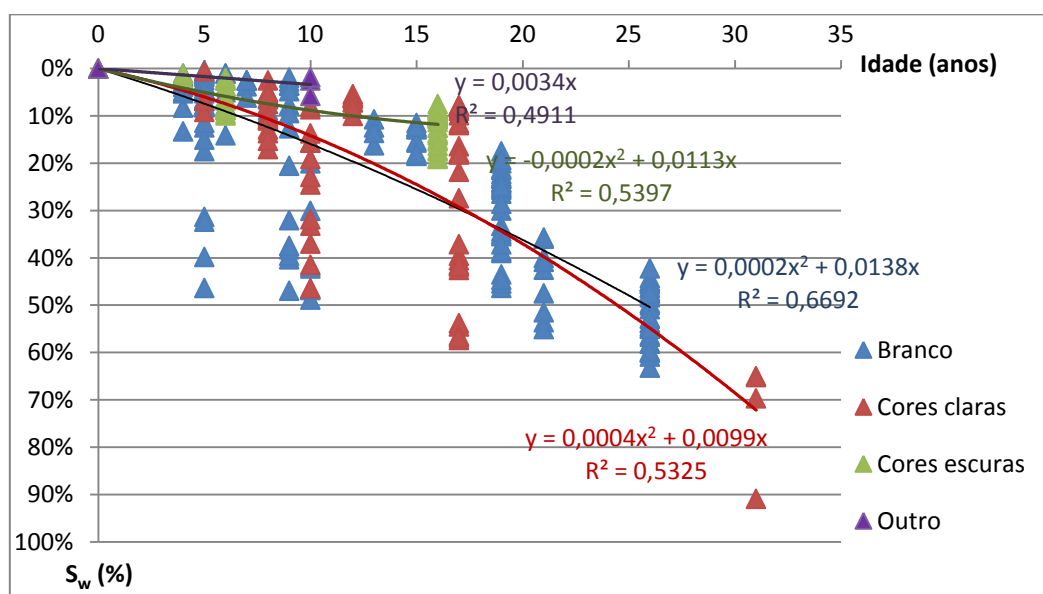


Figura 4.12. Curvas de degradação em função da cor do revestimento ("branco", "cores claras", "cores escuras", "outro")

As cores claras apresentam a degradação mais rápida, traduzida pela forte inclinação da curva quando comparada com as restantes. A categoria "outro" apresenta uma tendência de deterioração mais lenta, justificada pelo facto de grande parte dos revestimentos deste grupo terem um tipo de acabamento cerâmico, que confere maior protecção aos sistemas.

#### 4.3.2.8. Influência da textura do acabamento

A análise do parâmetro relativo à textura do revestimento encontra-se ilustrado na Figura 4.13. Os resultados obtidos para as curvas referentes à degradação dos revestimentos "muito rugoso" e "rugoso" são concordantes com o que seria esperado, tendo estas curvas uma inclinação mais acentuada do que as restantes. No entanto, a curva relativa à textura rugosa apresenta um coeficiente de determinação pouco satisfatório ( $R^2$  de cerca de 0,50). Os revestimentos com textura muito rugosa exibem uma deterioração mais rápida do que os restantes tipos de textura considerados, apresentando um valor de correlação muito elevado (cerca de 0,88), que confirma a maior tendência que os revestimentos mais rugosos têm para promover a retenção de sujidade e de microorganismos [AMARO, 2011].

A curva que traduz a perda de desempenho global dos revestimentos com acabamento do tipo "outro" apresenta uma correlação baixa entre a amostra e a curva, com um coeficiente de determinação de 0,49. Este valor tão reduzido justifica-se, em parte, pela existência de apenas 7 revestimentos cerâmicos na totalidade da amostra (inseridos na categoria "outro").

Apesar dos revestimentos com texturas lisas apresentarem um valor do coeficiente de determinação elevado (cerca de 0,85), a curva respectiva deve ser analisada com precaução uma vez que não existem revestimentos com estas características a partir de 20 anos.

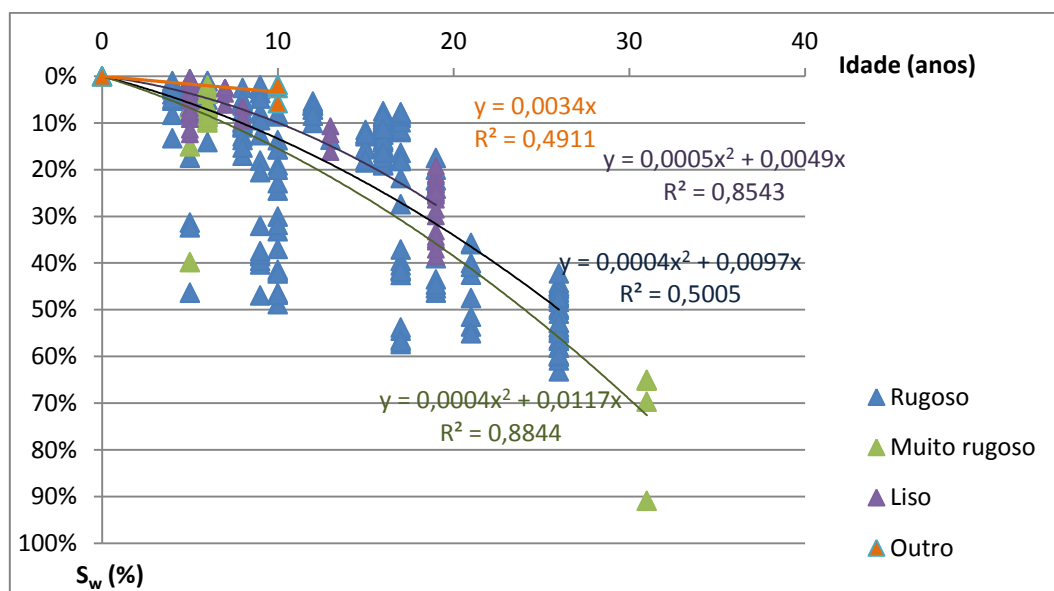


Figura 4.13. Curvas de degradação em função da textura do acabamento

Tentando aumentar a significância estatística, classificou-se o parâmetro textura do acabamento em três grupos: "liso", "rugoso" e "outro" (Figura 4.14). Esta medida simplifcativa proporcionou uma interpretação mais

clara das variáveis consideradas, verificando-se que a curva correspondente aos revestimentos com textura do tipo "rugoso" assume uma tendência de inclinação mais acentuada do que as restantes, correspondendo ao que seria esperado e apresentando uma correlação aceitável (cerca de 0,56).

Os casos com acabamento do tipo "liso" apresentam um padrão de deterioração mais rápido do que os casos com acabamento do tipo "outro", o que reforça o conceito de que os revestimentos cerâmicos (inseridos na designação "outro") são menos susceptíveis à acumulação de resíduos e microorganismos e, conseqüentemente, à deterioração causada por este tipo de agentes. O coeficiente de determinação dos dados considerados com acabamento "liso" apresenta um valor elevado (cerca de 0,85), contrariamente ao que sucede para a curva referente aos dados do tipo "outro" (cerca de 0,49), resultados iguais aos observados na Figura 4.13 e, portanto, já discutidos.

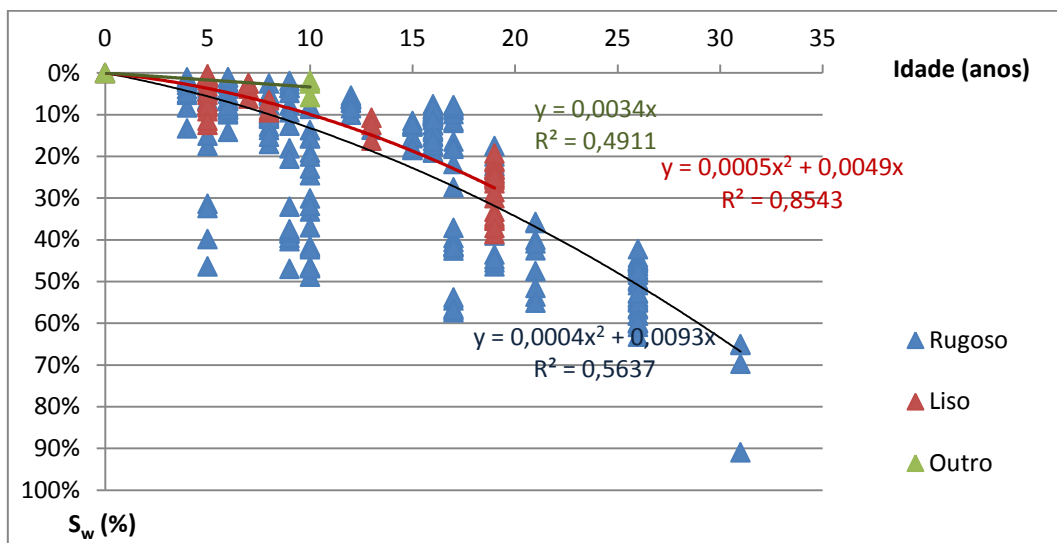


Figura 4.14. Curvas de degradação em função da textura do acabamento ("rugoso", "liso", "outro")

#### 4.3.2.9. Influência do tipo de remate inferior

Apesar de o modelo proposto não contabilizar as ações de vandalismo ou de acidente e a influência do tipo de remate inferior na degradação provocada por estas ações nas zonas acessíveis dos revestimentos, não tendo este factor significativa preponderância para a avaliação da sua vida útil, interessa analisar as curvas de degradação resultantes do tratamento estatístico dos dados.

As curvas obtidas estão associadas a valores do coeficiente de determinação reduzidos (inferiores a 0,40), com excepção da curva correspondente aos remates do tipo soco com  $R^2$  de cerca de 0,75 (Figura 4.15). Adicionalmente, as curvas cruzam-se, dificultando a percepção clara da influência deste parâmetro na durabilidade dos ETICS inspeccionados.

Os padrões característicos das curvas de degradação não reflectem a realidade esperada, uma vez que seria expectável que os revestimentos do tipo "outro", ou seja, que estão menos protegidos nas zonas acessíveis, fossem mais susceptíveis aos fenómenos agressivos, apresentando, então, uma deterioração mais acelerada. No entanto, as fachadas com estas características apresentam um potencial de degradação mais reduzido do que as que têm soco. De forma inversa, os revestimentos com perfil de arranque elevado apresentam dados congruentes ao que seria esperado, apresentando um melhor desempenho diferido do que os restantes tipos.

Contudo, a curva de tendência respectiva apresenta um valor de correlação reduzido (cerca de 0,37), fundamentado, sobretudo, pela ausência de casos com estas características a partir de 22 anos de idade.

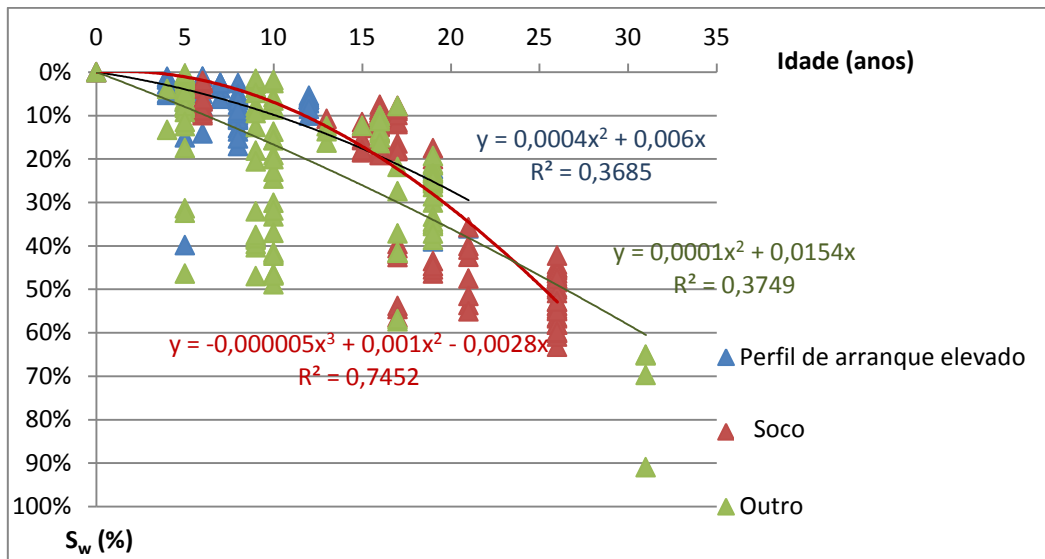


Figura 4.15. Curvas de degradação em função do tipo de remate inferior

#### 4.3.2.10. Influência da facilidade de inspeção

O factor facilidade de inspeção exprime se existe ou não dificuldade na inspeção e no acesso aos revestimentos. Esta adversidade é acrescida em edifícios de maior altura, em que existe maior dificuldade em analisar as zonas elevadas das fachadas. Desta forma, considerou-se, à semelhança do critério definido por Emídio *et al.* (2014) e Galbusera *et al.* (2015), que edifícios com mais de três pisos apresentavam maiores dificuldades no procedimento de inspeção, assim como as fachadas que apresentavam configurações que limitavam a percepção visual.

A análise do parâmetro relativo à facilidade de inspeção dos revestimentos encontra-se representada na Figura 4.16, em que se verifica que as duas curvas de degradação têm coeficientes de determinação aceitáveis ( $R^2$  superiores a 0,50).

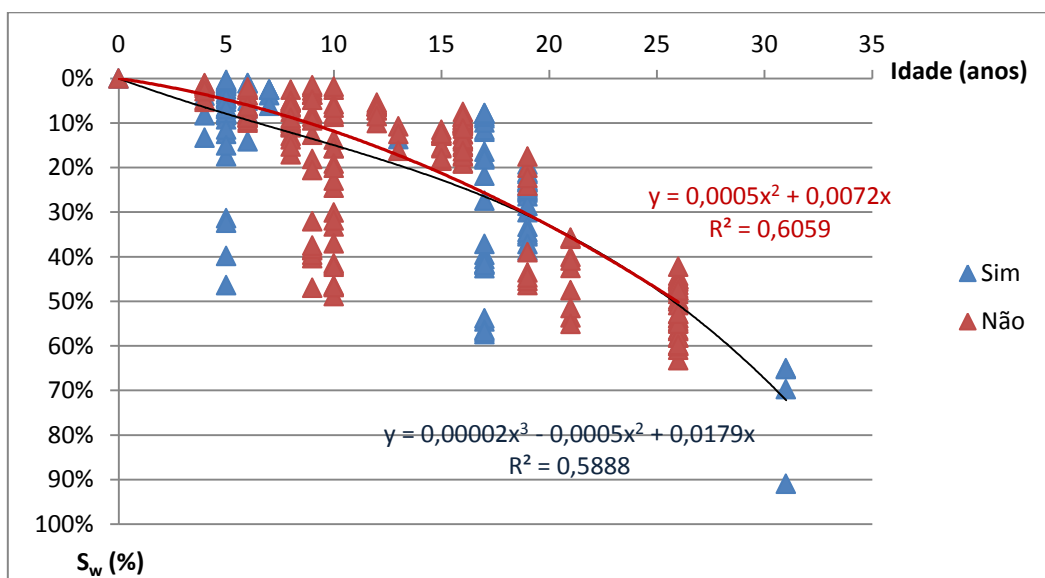


Figura 4.16. Curvas de degradação em função da facilidade de inspeção

Seria esperado que os revestimentos pertencentes a edifícios mais altos apresentassem maior degradação, uma vez que se encontram mais expostos à acção dos ventos dominantes. No entanto, constata-se que além da opção correspondente à existência de condições que facilitam a recolha de dados (designada por "sim") apresentar uma inclinação da curva superior, insinuando uma deterioração mais rápida do que a curva associada à dificuldade de inspecção (identificada pela designação "não"), as duas curvas sobrepõem-se numa extensão considerável, não possibilitando a obtenção de resultados conclusivos. Uma possível razão para estas tendências de degradação é o facto de a inspecção de edifícios de maior altura ser mais difícil e, portanto, mais propensa a erros de avaliação e de interpretação. Desta forma, pode explicar-se, em parte, porque estes revestimentos apresentam uma degradação menos acentuada. Assim, não se considera que este factor seja preponderante para a definição da vida útil dos revestimentos.

#### 4.3.2.11. Influência da manutenção e do nível de execução

A influência do factor manutenção no comportamento dos revestimentos ETICS não é passível de ser concretamente analisada neste estudo, devido à inexistência de revestimentos alvo de intervenções de manutenção na amostra.

Finalmente, importa analisar a influência do parâmetro nível de execução na durabilidade dos sistemas ETICS. Associando uma curva aos seis casos excluídos que apresentaram uma degradação muito elevada para a idade que possuíam (10 anos), é possível observar que esta apresenta um padrão de deterioração mais acentuado do que a curva referente à totalidade de casos analisados com um adequado nível de execução (Figura 4.17). Apesar do número de casos com erros de execução não ser representativo, verifica-se que, quando o limite aceitável para a durabilidade desses revestimentos é atingido ( $S_w$  de 30%), a sua vida útil é inferior em cerca de 14 anos, quando comparados com a restante amostra. Estes resultados ilustram, de forma inequívoca, as consequências, em termos de durabilidade, de uma execução inadequada.

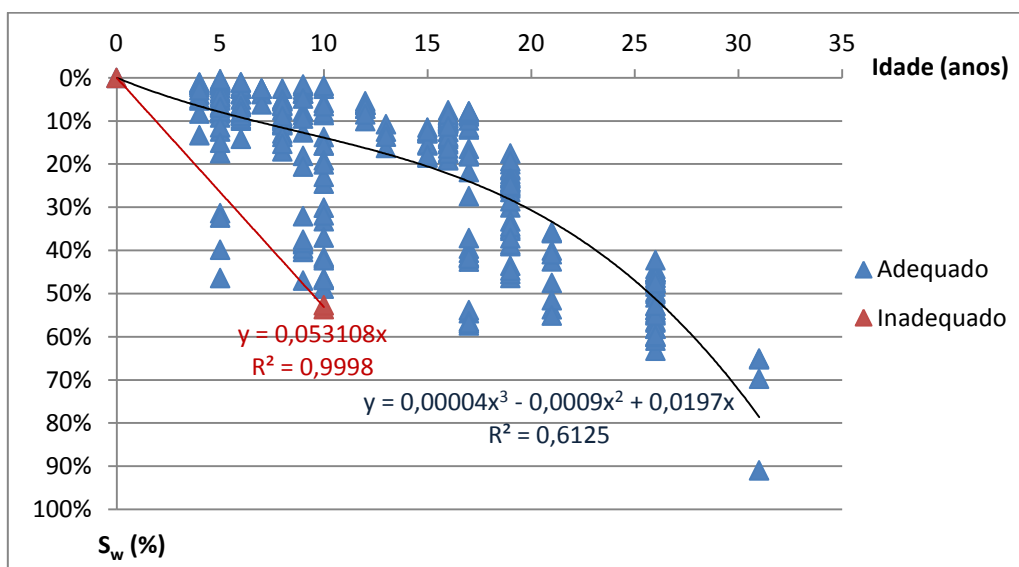


Figura 4.17. Curvas de degradação em função do nível de execução

#### 4.4. Análise e interpretação de resultados

A vida útil de referência é obtida através da intersecção da linha horizontal que representa o nível mínimo de desempenho aceitável referente ao limite de severidade de 30% (nível 3 - degradação moderada), com a curva de degradação geral. Esta intersecção está representada a cor vermelha na Figura 4.18. De uma forma mais rigorosa, este valor pode também ser obtido através da resolução da equação matemática da curva de regressão polinomial em ordem a  $x$  para  $y = 0,30$ .

Segundo o modelo gráfico proposto, a vida útil esperada para revestimentos do tipo ETICS é de 19,73 anos, ou seja, cerca de 20 anos, um valor próximo do obtido por Ximenes *et al.* (2015) no seu estudo, que foi de aproximadamente 17 anos.

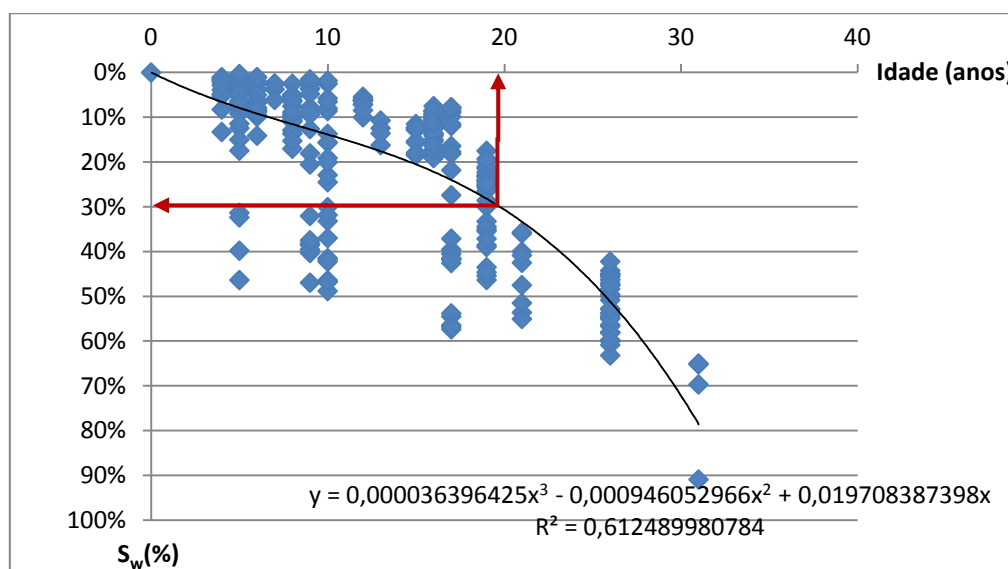


Figura 4.18. Determinação gráfica da vida útil de referência

Segundo diversas fontes, como as directivas UEAtc para a homologação de sistemas de isolamento térmico exterior de fachadas por revestimento delgado sobre isolante (1980), o CSTB (1981) e Alves e Sousa (2003), referenciados por Fernandes (2010), os revestimentos do tipo ETICS deveriam ter uma vida útil igual ou superior a 30 anos. Paczkowski (2013) definiu uma vida útil de 40 anos e Falorca (2004) e Silva e Falorca (2009) estabeleceram vidas úteis para sistemas de isolamento térmico pelo exterior de cerca de 42 anos, quando sujeitos a acções de manutenção com reduzida periodicidade, e de cerca de 35 anos quando os revestimentos são alvo de intervenções de manutenção com menor regularidade. Estes dados contrariam os resultados obtidos a partir do modelo de degradação adoptado. Já a ETAG 004 - *Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering* (2000), sugere um valor de vida útil de pelo menos 25 anos para revestimentos ETICS, desde que estes estejam sujeitos a condições adequadas de utilização e com acções de manutenção regulares. A diferença destes valores em comparação com o obtido neste estudo pode justificar-se pelo facto de os autores terem definido essas hipóteses a partir de revestimentos sujeitos a acções de manutenção periódicas, contrariamente aos revestimentos analisados neste estudo que não foram alvo de nenhuma intervenção dessa natureza. Falorca (2004) e Silva e Falorca (2009) definiram ainda uma vida útil entre 24 e 28 anos para sistemas ETICS sem manutenção, aproximando-se mais do resultado obtido através da curva de degradação média.

## 4.5. Conclusão

O intuito do presente capítulo é a apresentação do modelo adoptado para a quantificação da perda de desempenho global dos sistemas ETICS. Esta metodologia, baseada na investigação de Gaspar (2009), permitiu, através da definição da relação entre a severidade de degradação e a respectiva idade dos revestimentos, a obtenção de uma curva teórica representante da evolução da degradação dos revestimentos ao longo do tempo. Este estudo possibilitou ainda a determinação da vida útil prevista que foi de, aproximadamente, 20 anos, sendo este valor comparado e discutido com outros valores propostos em diferentes estudos. Esta estimativa pode ser útil para o planeamento de procedimentos de manutenção e para a determinação dos custos envolvidos nas fases de execução, utilização e manutenção dos sistemas [XIMENES *et al.*, 2015].

Tentando avaliar a influência dos factores condicionantes, traçou-se curvas de degradação que não permitiram a obtenção de conclusões inequívocas, sobretudo devido à ocorrência de casos de sobreposição e intersecção de curvas e de valores de correlação reduzidos em muitas das variáveis analisadas. O facto de os resultados obtidos para estes parâmetros não serem estatisticamente relevantes pode dever-se à sensibilidade dos revestimentos a outros factores não analisados. Como facilmente se compreende, os sistemas ETICS aplicados em paredes exteriores apresentam significativa vulnerabilidade ao aparecimento de anomalias, pois a sua constituição envolve a utilização de diversos materiais com exigências rigorosas de qualidade técnica, concepção e aplicação adequada que, se não forem respeitadas, favorecem a deterioração mais rápida dos revestimentos [EAE, 2011]. Devido à dificuldade de obtenção e registo de dados que permitissem descrever o processo de execução ou o tipo de material utilizado, factores muito relevantes para o desempenho dos ETICS, não foi possível caracterizar o processo de degradação dos revestimentos na sua plenitude, podendo justificar a falta de capacidade do modelo adoptado para obter resultados mais concludentes.

A metodologia aplicada apresenta ainda outras limitações que condicionam também os resultados obtidos. Além de depender do levantamento de muitos dados através de inspecções visuais, que envolvem alguma subjectividade na avaliação, o modelo proposto tenta simplificar um processo muito complexo [GALBUSERA, 2013 e XIMENES *et al.*, 2015]. Para além disso, a amostra inclui dados recentes, abrangendo um intervalo curto de 31 anos para os revestimentos inspeccionados, o que também limita a adequabilidade do modelo à realidade apresentada.

Como a maior parte dos revestimentos apresenta manchas ou alterações cromáticas ou de textura, com aparente agravamento da intensidade em idades mais avançadas, pode considerar-se que, na maioria das situações, o fim da vida útil em ETICS é condicionado, fundamentalmente, pela deterioração estética (quando as manchas se manifestam de forma generalizada na fachada, apresentando elevada intensidade das alterações) e não pela deterioração física [XIMENES, 2012].



## 5. Aplicação do método factorial

### 5.1. Introdução

Após elaborada a curva média de degradação e discutida a adequação desta à realidade modelada, no presente capítulo é apresentada uma fórmula de cálculo para a durabilidade dos ETICS, baseada no método factorial, aplicada à totalidade da amostra estudada. Esta análise surge no seguimento da linha de investigação desenvolvida por outros autores, como Gaspar (2002, 2009), Emídio *et al.* (2014) e Galbusera *et al.* (2015), no contexto da previsão de vida útil de revestimentos exteriores de fachadas.

Sumariamente, são discriminados e quantificados os diversos factores relevantes integrados na metodologia adoptada que contribuem para o processo de degradação, sendo que estes estão condicionados pelos meios e ferramentas disponíveis aquando da recolha de informação em campo. Através da consideração destes factores modificadores e da respectiva quantificação proposta, é possível determinar a vida útil de referência e a vida útil estimada para cada um dos casos da amostra, admitindo, para isso, diversos cenários objecto de análise crítica detalhada.

Os resultados obtidos através do método factorial e apresentados neste capítulo não devem ser entendidos como valores absolutos, devido à elevada variabilidade de parâmetros envolvidos e ao facto de os índices aplicáveis nesta metodologia serem ponderados de acordo com a sua influência esperada na vida útil de sistemas ETICS. Assim, estes valores são indicativos, podendo ser utilizados, em análise comparativa com outros dados, como referências para investigações enquadradas no âmbito do estudo da durabilidade de revestimentos e também como ferramenta de auxílio ao planeamento de intervenções de manutenção.

### 5.2. Considerações preliminares - Extrapolação da curva aos diversos pontos

Para determinar graficamente a vida útil estimada de cada revestimento inspeccionado, Gaspar (2002) desenvolveu diversas metodologias com o objectivo de extrapolar a curva de degradação média para os diversos casos de estudo. O autor aplicou diversos modelos, designadamente o método por conversão por homotetia, o método de rotação, o método de translação, o método do factor de conversão ao valor das abcissas e o método do factor de conversão ao valor das ordenadas. Estes modelos foram seleccionados por Gaspar (2002) por permitirem uma simples transposição dos dados obtidos e por se relacionarem com a realidade física, permitindo o reconhecimento de eventuais distorções nos resultados, e também por se adaptarem, sem grande complexidade, a diversos padrões de degradação.

O método do factor de conversão ao valor das ordenadas foi o adoptado na presente Dissertação, tendo sido também desenvolvido por Emídio *et al.* (2014) e Galbusera *et al.* (2015), pois é o que proporciona a obtenção de resultados mais creíveis. Embora inclua alguma subjectividade na sua aplicação, o modelo pauta-se pela simplicidade de utilização e pela adopção de critérios uniformes em todos os pontos [EMÍDIO, 2012]. A metodologia aplicada baseia-se na identificação de um factor  $k$  que relaciona as ordenadas de dois pontos no gráfico. Neste contexto, e tal como ilustrado na Figura 5.1, para dois pontos distintos, B com coordenadas  $(x, y)$  e A com coordenadas  $(x', y')$ , é calculado o valor da relação entre as ordenadas ( $k = y/y'$ ) que é, posteriormente, aplicado à função  $f$  com o objectivo de estimar uma função  $f'$  que passa por cada ponto (expressão 5.1).

$$f' = k \cdot (f) = k \cdot a \cdot x^3 + k \cdot b \cdot x^2 + k \cdot c \cdot x \quad (5.1)$$

Em que:

$f$  - função da curva média de degradação dos revestimentos, do tipo  $a \cdot x^3 + b \cdot x^2 + c \cdot x$ ;

$k$  - factor de relação obtido pelo quociente das ordenadas dos pontos A (um ponto da amostra) e B (pertencente a  $f$ );

$f'$  - curva de degradação da família da curva média de degradação que passa por cada ponto;

$a, b, c$  - constantes da curva média de degradação polinomial de 3º grau.

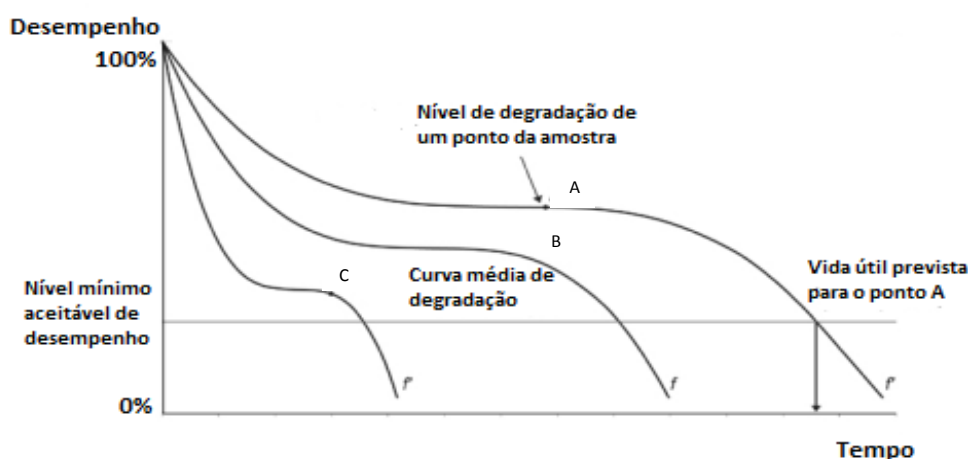


Figura 5.1. Esquema ilustrativo da forma teórica de determinar a vida útil de um ponto, conhecido o seu estado de degradação no momento da análise [adaptado de GASPARG, 2002 e EMÍDIO, 2012]

### 5.2.1. Aplicação do método do factor de conversão ao valor das ordenadas

Através da aplicação do método do factor de conversão ao valor das ordenadas aos diversos casos de estudo, foi possível estimar a vida útil prevista dos revestimentos. Na Tabela 5.1, são apresentados os cálculos efectuados para cinco casos da amostra.

Tabela 5.1. Cálculo da vida útil prevista para cinco pontos da amostra

Designação	B		A		$k=(yb)/(ya)$	Vida útil prevista
	x	y	x	y'		
	Idade	S <sub>w</sub>	Idade	S <sub>w</sub>		
Ed 1A	12	10,00%	12	16,32%	0,613	25,46
Ed 3A	7	3,75%	7	10,41%	0,360	31,69
Ed 4A	19	20,00%	19	28,26%	0,708	23,80
Ed 5A	21	35,96%	21	33,37%	1,078	18,82
Ed 6A	15	18,45%	15	20,56%	0,897	21,02

A vida útil estimada para cada ponto da amostra foi calculada considerando que, quando é atingida uma percentagem de severidade de degradação igual a 30%, o revestimento alcança o final da sua vida útil, ou seja, esta estimativa baseia-se na intersecção da curva correspondente a cada ponto com o nível 3 de degradação.

A Figura 5.2 ilustra os limites superior e inferior da dispersão da amostra. Através da análise dos resultados, foi possível verificar que, para os revestimentos inspeccionados que apresentam um elevado estado de degradação, o valor mínimo para a vida útil é de cerca de 3 anos (revestimentos representados abaixo da curva média

de degradação). Para revestimentos em melhor estado de conservação, ou seja, os revestimentos que se encontram acima da curva média de degradação, o valor máximo para a vida útil é de cerca de 64 anos.

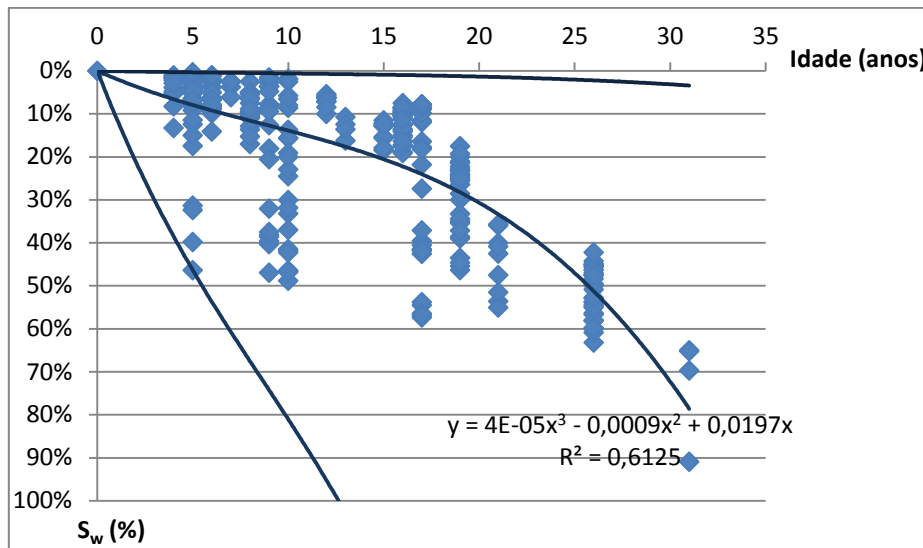


Figura 5.2. Representação dos limites superior e inferior da dispersão da amostra através da extrapolação da curva média, aplicando o método do factor de conversão ao valor das ordenadas

### 5.3. Análise da distribuição da vida útil ao longo do tempo

A Figura 5.3 representa a distribuição da vida útil prevista dos 293 revestimentos inspeccionados ao longo do tempo. Estes valores foram determinados, como referido, através do método do factor de conversão em ordem às ordenadas. A recta de tendência representa o valor da média obtida através da consideração de todos os casos de estudo, sendo o valor médio da vida útil prevista de cerca de 23 anos.

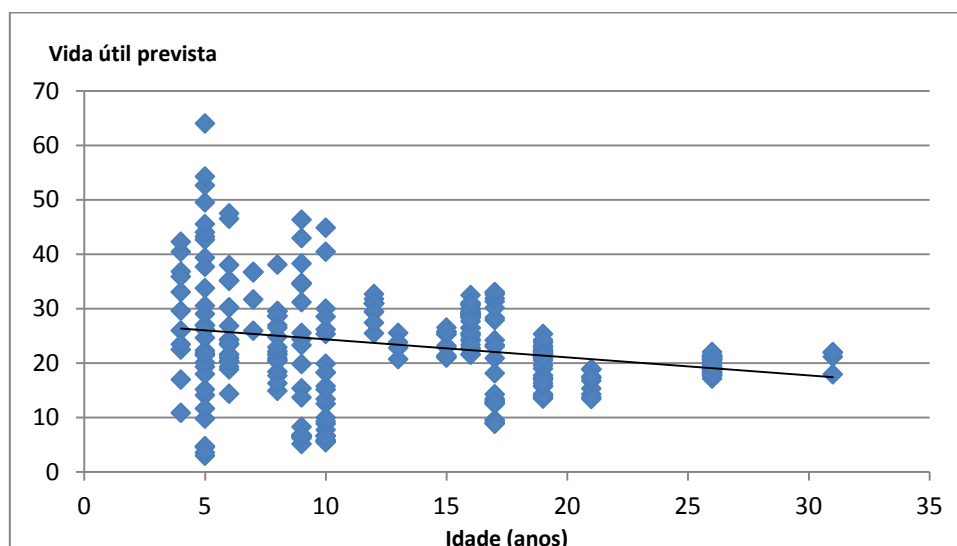


Figura 5.3. Distribuição da vida útil dos 293 revestimentos analisados

Da análise da Figura 5.3, verifica-se que existe alguma dispersão de resultados. Alguns revestimentos apresentam idades muito avançadas relativamente ao que seria expectável, destacando-se um caso que apresenta 64 anos.

Emídio *et al.* (2014) e Galbusera *et al.* (2015) desenvolveram critérios de forma a limitar o intervalo de idades dos revestimentos estudados. As condições propostas pelos autores surgiram da necessidade de excluir alguns revestimentos, considerando que estes não eram representativos do natural processo de envelhecimento dos revestimentos analisados. Tal consideração surge da constatação de que o modelo não tem capacidade para prever determinados processos de degradação, sendo esta inaptidão notória para revestimentos muito recentes, cujo padrão de degradação é incerto quando descrito por uma curva da família da curva média de degradação (Figura 5.2).

Respeitando os mesmos critérios de Emídio *et al.* (2014) e Galbusera *et al.* (2015), foram excluídos, na presente análise, todos os revestimentos que apresentavam uma vida útil prevista superior a 40 anos (correspondente ao dobro da vida útil de referência determinada a partir da curva de degradação) ou inferior a 5 anos (correspondente a 25% da vida útil de referência). A adopção destes critérios é reforçada por dados de diversos autores que estabelecem limites de vida útil para sistemas ETICS. Kočí *et al.* (2012) definem um limite de 6 ou 7 anos para revestimentos sujeitos a um nível muito elevado de degradação, dados próximos do que foi adoptado como limite inferior no presente estudo (5 anos). O limite superior definido (cerca de 40 anos) é corroborado pelo estudo de Paczkowski (2013), que sugere o mesmo valor, e também por Falorca (2004) e Silva e Falorca (2009) que estabelecem uma vida útil máxima de cerca de 42 anos. Com base nestes critérios, foram excluídos 20 casos de estudo. Importa destacar que, nos casos excluídos, existem 10 casos de estudo com idades inferiores a 6 anos e com  $S_w$  inferior a 2% e, como referido, o modelo não é capaz de prever convenientemente a evolução da degradação destes casos, uma vez que se trata de revestimentos numa fase precoce de deterioração, cujo processo de envelhecimento não é convenientemente modelado por este tipo de metodologia.

A distribuição da vida útil estimada para a amostra final encontra-se representada na Figura 5.4, determinando-se uma vida útil prevista de cerca de 22 anos, sendo este valor mais próximo do valor obtido através da curva de degradação (cerca de 20 anos).

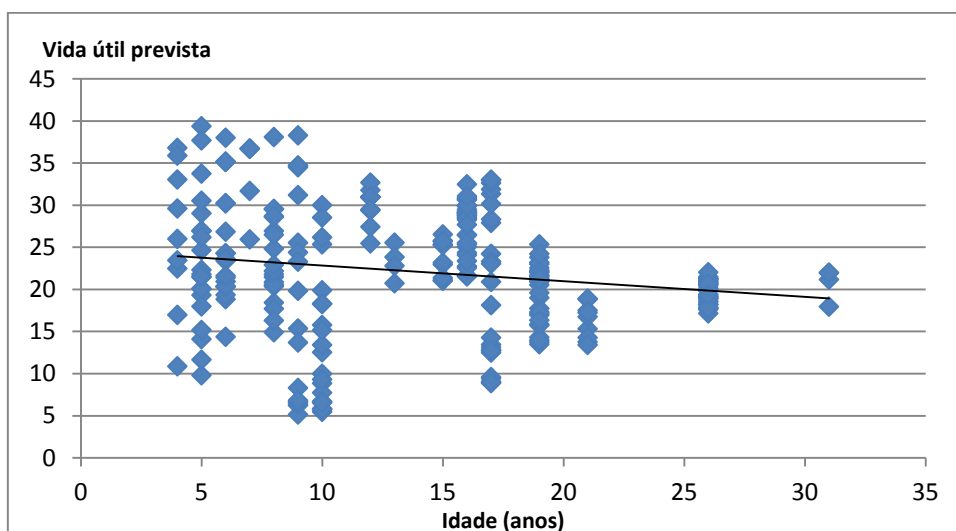


Figura 5.4. Distribuição da vida útil dos 273 revestimentos analisados

## 5.4. Influência dos factores condicionantes

Através da aplicação de modelos gráficos que representam a distribuição da vida útil prevista para cada revestimento em função de factores condicionantes, é possível reconhecer a influência desses parâmetros na definição da vida útil e, adicionalmente, relacionar os valores médios determinados através destes métodos com os resultados obtidos através das curvas de degradação. De forma semelhante ao proposto no Capítulo 4, os revestimentos foram analisados em função dos factores envolvidos no processo de degradação das fachadas, estando associados à zona envolvente, às características dos ETICS, ao nível de execução e à facilidade de inspecção.

A Figura 5.5 apresenta a distribuição da vida útil dos revestimentos em função da orientação das fachadas. Através da sua análise, é possível verificar que as rectas de regressão são quase paralelas. As fachadas orientadas a Norte apresentam, tal como esperado, maior susceptibilidade à degradação, com valores de vida útil prevista menores. As fachadas a Sul apresentam valores de vida útil superiores à restante amostra, enquanto as fachadas a Oeste e Este correspondem a situações intermédias, constatando-se que as respectivas rectas de tendência se sobrepõem. Estes resultados confirmam os padrões de degradação analisados no Capítulo 4, correspondendo ao que seria expectável.

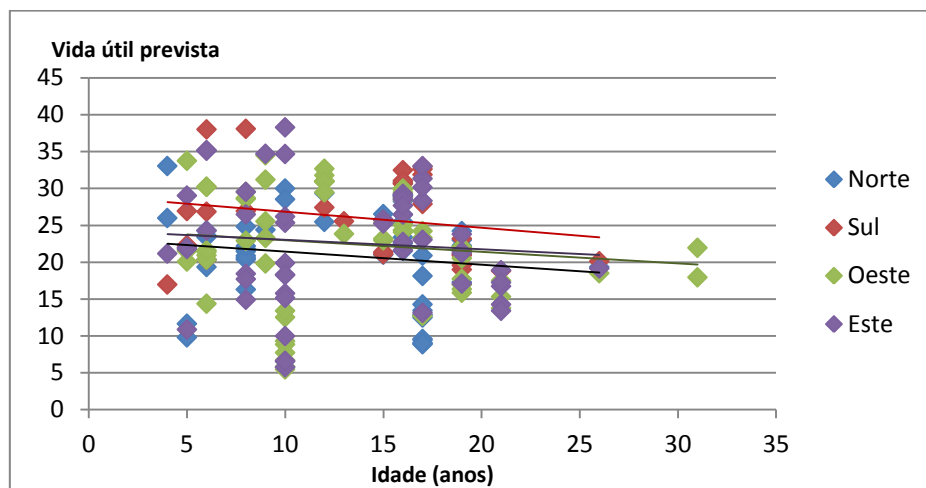


Figura 5.5. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da orientação da fachada

Quanto à proximidade dos revestimentos ao mar, observa-se, na Figura 5.6, que, tal como se verificou no Capítulo 4, os revestimentos mais distantes da faixa costeira (distância superior a 5 km) apresentam maior durabilidade. No entanto e como referido, a ausência de revestimentos muito próximos do mar na amostra (distância inferior a 1 km) e a pouca representatividade de revestimentos com uma distância ao mar superior a 5 km a partir de 20 anos de idade não permitem interpretar facilmente a influência deste factor na durabilidade dos revestimentos do tipo ETICS.

Na Figura 5.7, é possível verificar que as duas rectas associadas ao padrão de degradação dos revestimentos em função da sua exposição à humidade se cruzam, o que dificulta a percepção da preponderância deste parâmetro na durabilidade dos revestimentos. Através da análise dos resultados obtidos para o método gráfico, observa-se que as médias obtidas para a vida útil prevista dos dois casos de exposição são idênticas (cerca de 22 anos). O reduzido número de casos com "baixa" exposição a partir de 19 anos pode justificar o desenvolvimento da recta respectiva e os resultados obtidos.

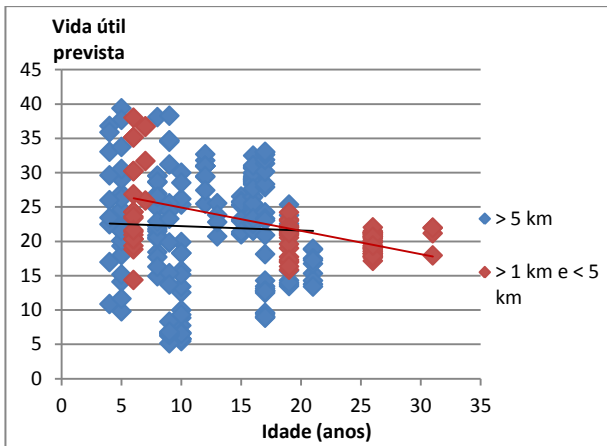


Figura 5.6. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da proximidade do mar

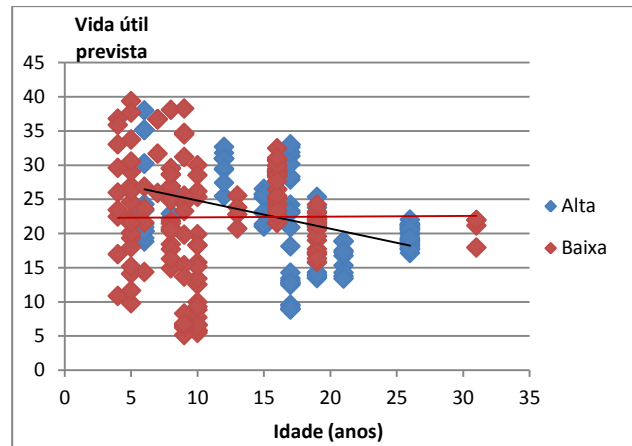


Figura 5.7. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da exposição à humidade

A distribuição dos revestimentos em função da acção combinada da chuva e do vento, exposta na Figura 5.8, permite verificar que, tal como visto nas curvas de degradação respectivas e contrariamente ao que seria expectável, os revestimentos sujeitos a exposição elevada à acção combinada destes agentes atmosféricos (acção "severa") apresentam maior valor médio de vida útil (23 anos). Já os revestimentos expostos a uma acção "moderada" apresentam o menor valor médio (20 anos), de forma contrária ao que se determinou na curva de degradação (Figura 4.8), em que os revestimentos que apresentavam menor durabilidade eram os sujeitos a uma acção "suave". Mais uma vez, a inexistência de casos sujeitos a exposição "severa" a partir de 22 anos e o facto dos casos sujeitos a acção "suave" terem pouca representatividade na totalidade da amostra (42 casos têm idades iguais ou inferiores a 5 anos e 4 casos têm 31 anos) podem ajudar a explicar estes resultados.

Através da Figura 5.9, é possível observar que, de acordo com o que se previa, os revestimentos menos expostos aos agentes poluentes apresentam um maior valor médio de vida útil prevista (cerca de 23 anos) do que os revestimentos mais próximos de redes viárias com elevada intensidade de tráfego (cerca de 20 anos). Desta forma, considerou-se que o método gráfico permite avaliar de forma mais adequada a influência do factor na durabilidade dos revestimentos ETICS do que as curvas de degradação traçadas no Capítulo 4.

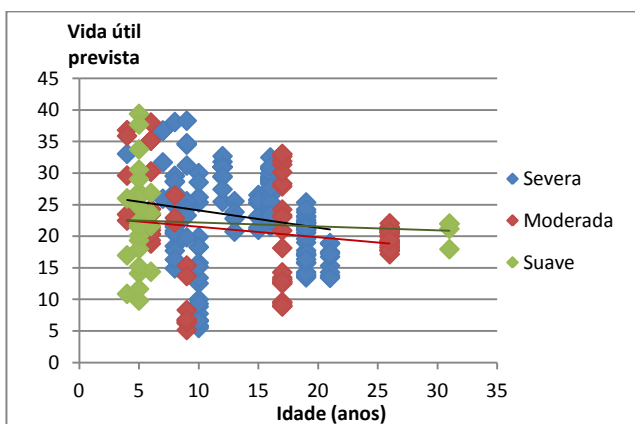


Figura 5.8. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da acção combinada da chuva-vento

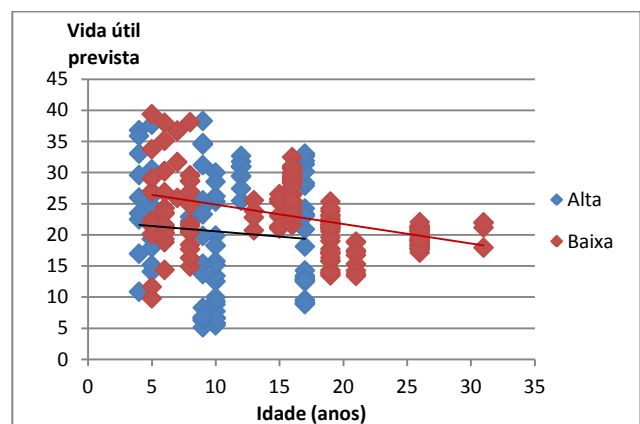


Figura 5.9. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da exposição aos agentes poluentes

A Figura 5.10 ilustra evolução da degradação dos revestimentos ETICS em função do tipo de revestimento. A pouca representatividade de sistemas ETICS do tipo "reforçado" ou com acabamento em ladrilhos cerâmicos gera alguma incerteza na análise dos resultados obtidos. De facto, apenas foi possível traçar a recta associada à tendência de degradação dos revestimentos do tipo "tradicional". As médias analíticas obtidas apresentam valores concordantes com o que seria esperado, sendo os revestimentos com acabamento cerâmico os que apresentam o maior valor de vida útil, correspondendo a cerca de 29 anos, e os revestimentos tradicionais os que possuem uma previsão de vida útil mais reduzida (cerca de 22 anos), embora estes resultados devam ser analisados com alguma precaução.

Os padrões obtidos pelas rectas respeitantes à cor do revestimento apresentam alguma coerência com a evolução de deterioração prevista através das curvas de degradação, embora se verifique que a recta referente ao tipo "outro" intersecta todas as outras rectas correspondentes às restantes cores, comprometendo a aplicabilidade do modelo (Figura 5.11). Este facto poderá estar associado ao insuficiente número de revestimentos estudados com estas características na totalidade da amostra. Através do método gráfico, observa-se que os revestimentos com cor branca ou com cores mais claras apresentam os menores valores médios de vida útil (cerca de 21 anos nos dois casos), estando estes resultados em concordância com o padrão de deterioração traduzido pelas curvas de degradação. A intersecção das duas curvas referidas não permite retirar conclusões claras, podendo ser justificada pelo reduzido número de revestimentos com cores claras no intervalo entre 18 e 31 anos de idade.

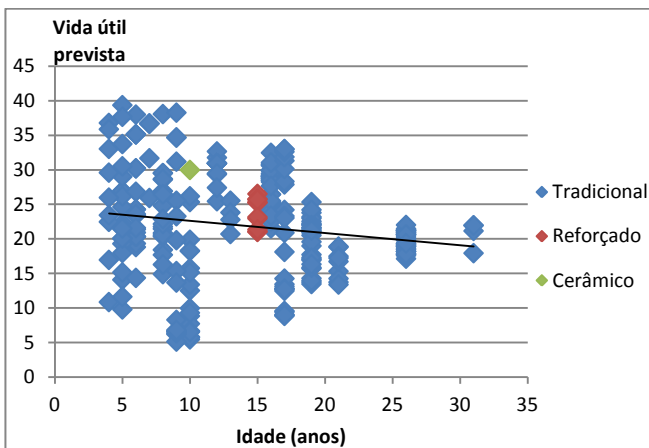


Figura 5.10. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função do tipo de revestimento

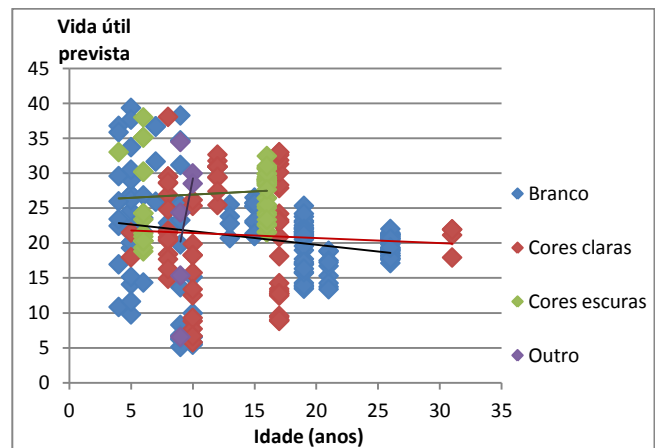


Figura 5.11. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da cor do revestimento

Em relação ao tipo de acabamento, constata-se que o insuficiente número de casos com acabamento do tipo "outro" na amostra estudada não permite o traçado da recta de tendência respectiva nem a recolha de considerações definitivas (Figura 5.12). Os revestimentos com este tipo de acabamento (acabamento de ladrilhos cerâmicos) apresentam o melhor valor médio de vida útil prevista, de cerca de 29 anos. No entanto, este valor deve ser admitido com alguma cautela, dada as características da amostra. Confirmando o que seria esperado, os revestimentos com acabamento "rugoso" apresentam os menores valores de vida útil prevista, correspondendo a um valor médio de 22 anos.

A análise do parâmetro relativo ao tipo de remate inferior encontra-se ilustrada na Figura 5.13. Os resultados médios obtidos para os diferentes tipos de remate apresentam alguma coerência com o que seria esperado. Os revestimentos com perfil de arranque elevado apresentam um valor médio de vida útil de cerca de 26 anos,

enquanto os revestimentos protegidos inferiormente com soco e os revestimentos do tipo "outro" apresentam 23 e 20 anos, respectivamente. No entanto, e tal como no Capítulo 4, este parâmetro continua a ser de difícil interpretação, uma vez que as rectas representativas do tipo de remate inferior se cruzam e a representatividade de casos com perfil de arranque elevado a partir de 22 anos de idade é pequena.

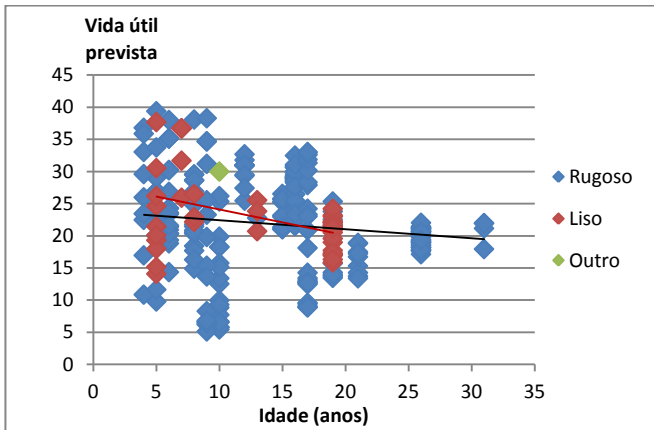


Figura 5.12. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função do tipo de acabamento

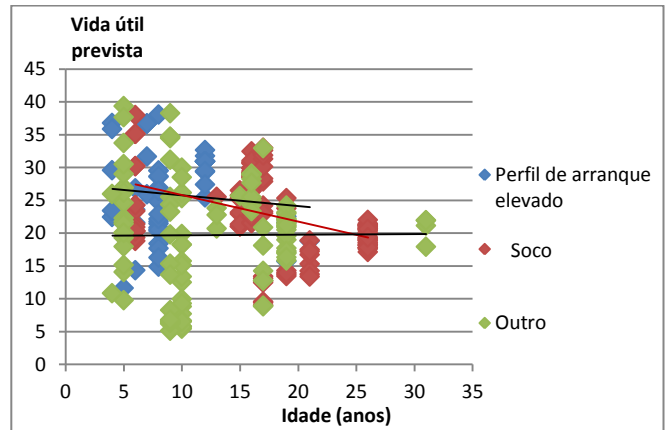


Figura 5.13. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função do tipo de remate inferior

Relativamente à facilidade de inspecção, observa-se que este factor não parece ser preponderante para a previsão de durabilidade dos revestimentos, sendo as duas rectas respeitantes à facilidade de inspecção ("sim" e "não") muito próximas, sendo perceptível alguma sobreposição (Figura 5.14). De facto, a média de vida útil prevista obtida para os dois casos é igual (cerca de 22 anos).

Para compreender a influência da qualidade do nível de execução dos revestimentos, complementou-se o estudo através da integração da análise do padrão de degradação dos seis revestimentos excluídos, referidos no ponto 4.3.2.11 (Figura 5.15).

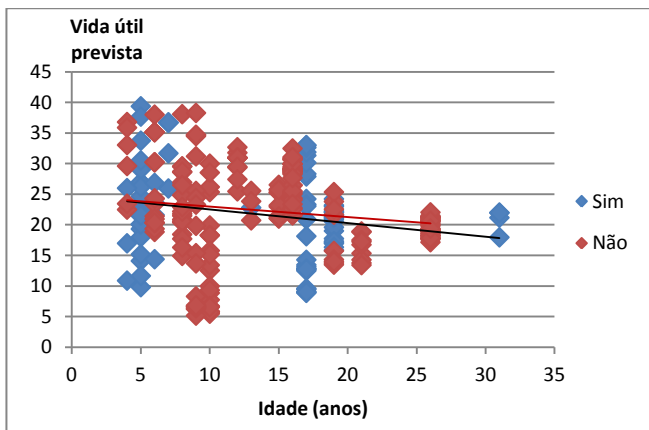


Figura 5.14. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função da facilidade de inspecção

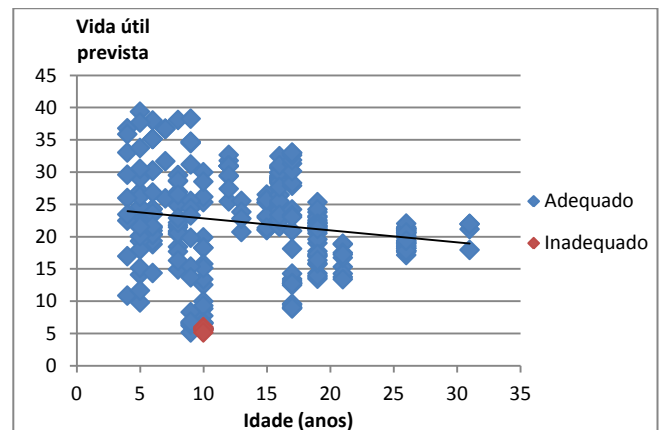


Figura 5.15. Distribuição da vida útil dos revestimentos em função do nível de execução

Devido à pouca representatividade de casos com estas características, não foi possível traçar a recta de tendência respectiva. Apesar disso, é possível constatar a significativa diferença de valores médios da vida útil prevista obtidos através do método gráfico: 22 anos para os revestimentos com adequado nível de execução e 6 anos para os revestimentos com notórias deficiências de execução. Estes resultados reforçam a evidente importância que um processo



correcto de execução tem na durabilidade dos revestimentos do tipo ETICS.

Finalmente, a Tabela 5.2 apresenta os valores determinados para a vida útil dos revestimentos em função dos factores envolvidos no processo de degradação, através do método gráfico (M.G.) e das curvas de degradação (C.D.). A partir do método do factor de conversão ao valor das ordenadas, calculou-se a média dos valores de vida útil prevista dos revestimentos em função de diversos factores condicionantes, sendo possível traduzir graficamente a distribuição da vida útil através do designado método gráfico.

**Tabela 5.2. Vida útil estimada a partir do método gráfico (M.G.) e das curvas de degradação (C.D.) para os factores condicionantes estudados**

Factores condicionantes			Média obtida M.G.	Média obtida C.D.
Tipo de revestimento ETICS	k1	Tradicional	22	20
	k2	Reforçado	24	31
	k3	Cerâmico	29	-
Cor do revestimento	k1	Branco	21	17
	k2	Cores claras	21	17
	k3	Cores escuras	27	19
	k4	Outro	23	-
Tipo de acabamento	k1	Rugoso	22	18
	k2	Liso	23	20
	k3	Outro	29	-
Tipo de remate inferior	k1	Perfil de arranque elevado	26	21
	k2	Soco	23	20
	k3	Outro	20	17
Nível de execução	k1	Adequado	22	20
	k2	Inadequado	6	6
Orientação solar da fachada	k1	Norte	21	19
	k2	Sul	25	22
	k3	Este	23	20
	k4	Oeste	22	20
Proximidade do mar	k1	< 1 km	-	-
	k2	Entre 1 e 5 km	22	19
	k3	> 5 km	22	20
Exposição à humidade	k1	Exposição alta	22	19
	k2	Exposição baixa	22	20
Acção combinada da chuva-vento	k1	Severa	23	20
	k2	Moderada	20	16
	k3	Suave	22	15
Proximidade de fontes poluentes	k1	Alta	20	18
	k2	Baixa	23	20
Facilidade de inspecção	k1	Sim	22	19
	k2	Não	22	19

Apesar de existir alguma incerteza em alguns dos resultados devido, essencialmente, à pouca representatividade que a amostra apresenta para certas variáveis, verifica-se que os valores determinados através do método gráfico são consistentes com os resultados obtidos no Capítulo 4.

## 5.5. Apresentação do modelo factorial

O método factorial, inicialmente apresentado pelo documento normativo *Principal Guide for Service Life Planning of Buildings* proposto pelo *Architectural Institute of Japan* na década de oitenta do século XX, e posteriormente adoptado pela norma ISO 15686 (*Building and construction assets - service life planning*) do *International Organization for Standardization*, é um modo de reunir todas as variáveis que são passíveis de afectar a vida útil. Esta metodologia

parte de uma vida útil de referência, usualmente esperada em condições padrão de utilização, de um componente ou conjunto de componentes, modificada por vários factores multiplicativos relacionados com diversos aspectos. Estes parâmetros são determinantes para a durabilidade e desempenho dos revestimentos, podendo, de acordo com condições mais ou menos favoráveis, aumentar ou diminuir a vida útil previsível [GASPAR, 2009].

Os factores a considerar, propostos pelo conjunto de normas ISO 15686 (2000), são os seguintes:

- |  |   |  |
|--|---|--|
| • factor A - qualidade do produto de construção;   | } | Factores relacionados com a concepção, aplicação e características intrínsecas dos ETICS |
| • factor B - nível de qualidade do projecto;       |   |  |
| • factor C - nível de qualidade de execução;       |   |  |
| • factor D - características do ambiente interior; | } | Factores relacionados com as condições ambientais  |
| • factor E - características do ambiente exterior; |   |  |
| • factor F - características de utilização;        | } | Factores relacionados com as condições de utilização e manutenção                        |
| • factor G - nível de manutenção.                  |   |  |

Assim, a vida útil de determinado produto da construção expressa-se pela seguinte fórmula (expressão 5.2):

$$VUE = VUR \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \quad (5.2)$$

Em que:

VUE - Vida útil estimada (*estimated service life*) - resultado de uma avaliação de durabilidade, corresponde ao período em que a estrutura ou componente não apresenta degradação dos materiais, devido às condições ambientais, que conduza à redução da segurança estrutural inicial (Artigo 117º, n.º 1 do Regulamento Geral das Edificações);

VUR - Vida útil de referência (*reference service life*) - vida útil esperada em condições normais de serviço e manutenção.

O modelo factorial apresenta algumas vantagens, como a facilidade de aplicação em projectos reais. No entanto, este é um método empírico e depende significativamente da informação disponível através da recolha de dados [HOVDE, 2004]. Além disso, é criticado pela simplicidade com que aborda a real complexidade dos processos de degradação, sendo necessário ter em consideração que o seu resultado representa o limite expectável da vida útil do elemento analisado, não fornecendo a informação da dispersão dos resultados [CECCONI, 2004 e EMÍDIO, 2012]. Outras condicionantes desta metodologia são: a não hierarquização das variáveis; a considerável dependência dos factores modificativos e a dificuldade em quantificá-los e hierarquizá-los; a elevada sensibilidade e a pressuposição de um ritmo de degradação constante, não permitindo a compreensão e a caracterização da degradação dos elementos ao longo do tempo [RUDBECK; 1999; GASPAR, 2002; MOSER, 2004 e GASPAR, 2009]. No entanto, Gaspar (2002) afirma que, apesar de ser objecto destas e de outras críticas, o método factorial é o que apresenta uma maior aceitação na comunidade científica, tendo sido alvo de inúmeras variações e desenvolvimentos.

### 5.5.1. Factores modificadores do modelo factorial e respectiva quantificação

A ISO 15686 (2000) estabelece uma quantificação para os factores modificadores que podem afectar a perda de desempenho dos revestimentos. Desta forma, estes parâmetros variam, normalmente, entre 0,8 e 1,2, para condições menos e mais favoráveis para a durabilidade dos revestimentos, respectivamente. Para situações correntes (sem grande influência quando comparadas com as condições de referência) ou quando não seja possível recolher conclusões claras, que irão, portanto, limitar a aplicação dos índices referidos, atribui-se um

valor de  $k$  igual a 1,0. Importa referir que os valores adoptados são apenas indicativos, servindo como referência para a modelação através do método factorial.

Os factores analisados que afectam o processo de degradação dos sistemas ETICS são: características do material (A), características do projecto (B), características de execução (C), características do ambiente interior (D), características do ambiente exterior (E), condições de utilização (F) e nível de manutenção (G). Na Dissertação, nem todos os factores apresentados são alvo de análise, pela sua muito complexa avaliação, não se integrando no âmbito do trabalho. Seguidamente, cada factor será descrito e será efectuada a quantificação de cada subfactor integrante na análise.

### Factor A - Características do material

No Capítulo 2, descreveu-se os diversos materiais utilizados em sistemas ETICS e as suas características e exigências funcionais, destacando-se a necessidade de utilizar produtos seleccionados, certificados e com qualidades específicas. No entanto, estes aspectos não são facilmente detectáveis no trabalho de campo, o que limita a análise deste factor na aplicação do método factorial. Assim, foram estudados apenas os parâmetros relativos ao tipo e cor de revestimento, que apresentam significativa relevância e são facilmente identificáveis durante as inspecções.

A Tabela 5.3 ilustra os resultados referentes à vida útil obtida para cada subfactor analisado (nas categorias tipo e cor do revestimento), através do método gráfico e da curva de degradação, e a respectiva quantificação (valor  $k$ ). O peso atribuído teve em consideração o sentido físico das variáveis estudadas e as suas características intrínsecas, ou seja, as situações favoráveis foram quantificadas com um valor de  $k$  superior à das situações correntes ou desfavoráveis. Neste contexto, para o factor tipo de revestimento, o revestimento tradicional foi quantificado com um valor de  $k$  igual a 1,0 pois está associado ao tipo de sistema ETICS mais correntemente utilizado, enquanto os restantes tipos de sistema (reforçado e cerâmico) apresentavam um valor de  $k$  igual a 1,2 porque correspondiam a situações mais favoráveis (associadas a maior capacidade resistente). Apesar de os sistemas com ladrilhos cerâmicos demonstrarem maior resistência quando comparados com os revestimentos reforçados, apresentando também maior vida útil prevista calculada através do método gráfico, não foi possível determinar um valor através da curva de degradação, o que conduz a alguma incerteza, optando-se, assim, pela atribuição de um valor de  $k$  igual a 1,2.

**Tabela 5.3. Proposta de quantificação dos factores relacionados com as características do material**

Factor A - Características do material			Média obtida M.G.	Média obtida C.D.	Valor $k$
A1 -Tipo de revestimento ETICS	$k1$	Tradicional	22	20	1,0
	$k2$	Reforçado	24	31	1,2
	$k3$	Cerâmico	29	-	1,2
A2 - Cor do revestimento	$k1$	Branco	21	17	1,0
	$k2$	Cores claras	21	17	1,0
	$k3$	Cores escuras	27	19	1,0
	$k4$	Outro	23	-	1,2

Relativamente às cores, utilizou-se os mesmos critérios. Para as cores do tipo "outro", associadas a sistemas com ladrilhos cerâmicos, optou-se pela atribuição de um valor de  $k$  igual a 1,2, pela maior resistência que conferiam aos revestimentos quando comparado com as restantes cores ("branco", "cores claras" e "cores escuras"), cujas ocorrências são admitidas como correntes nas edificações analisadas.

### Factor B - Características de projecto

Os erros ou omissões decorrentes da fase de concepção podem ser responsáveis pela perda de desempenho dos revestimentos, fundamentalmente devido a dificuldades na interpretação do projecto, que podem gerar dificuldades na aplicação dos sistemas e anomalias que seriam facilmente evitadas com adequadas disposições construtivas. O factor relacionado com as características de projecto é de complexa avaliação, pois depende de inúmeros aspectos difíceis de examinar através de simples inspecções, como o incorrecto dimensionamento de elementos e sistemas de fixação e a deficiente pormenorização construtiva, entre outros. Nesta fase, as características de projecto analisadas são a textura do acabamento e o tipo de remate inferior (Tabela 5.4).

**Tabela 5.4. Proposta de quantificação dos factores relacionados com as características do projecto**

B - Características do projecto			Média obtida M.G.	Média obtida C.D.	Valor <i>k</i>
B1 - Tipo de acabamento	<i>k</i> 1	Rugoso	22	18	0,8
	<i>k</i> 2	Liso	23	20	1,0
	<i>k</i> 3	Outro	29	-	1,2
B2 - Tipo de remate inferior	<i>k</i> 1	Perfil de arranque elevado	26	21	1,2
	<i>k</i> 2	Soco	23	20	1,0
	<i>k</i> 3	Outro	20	17	0,8

Relativamente ao primeiro subfactor, atribui-se um valor de *k* igual a 1,2 para o acabamento do tipo "outro", pois é admitida como a condição mais favorável. Embora não tenha sido possível determinar um valor para a vida útil através da curva de degradação respectiva, esta variável confere maior durabilidade aos revestimentos, devido à maior resistência do acabamento cerâmico. O acabamento "rugoso" foi considerado como o mais desfavorável (valor de *k* igual a 0,8), pois a sua textura estabelece um ambiente propício para a acumulação de resíduos e de microorganismos, responsáveis por diversas anomalias. O acabamento "liso" apresenta-se como uma situação intermédia entre os dois tipos de acabamentos referidos, atribuindo-se, por isso, um valor neutro (*k* igual a 1,0). O tipo de remate inferior baseou-se nos mesmos preceitos. Como referido, a existência de perfil de arranque elevado é considerada como a situação mais favorável, apresentando valores de vida útil, calculados pelos dois métodos propostos, superiores às restantes variáveis. De forma oposta, a existência de "outro" tipo de remate assume menores valores de vida útil, justificados pela menor protecção que este oferece aos sistemas do tipo ETICS. A existência de soco, embora tenha uma função de protecção reconhecida, não oferece as mesmas condições que a existência de perfil de arranque elevado, sendo, por isso, quantificada com um valor de *k* igual a 1,0.

### Factor C - Características de execução

O factor nível de execução distingue claramente a maior durabilidade que revestimentos sujeitos a adequados procedimentos de preparação, tratamento e aplicação dos sistemas apresentam comparativamente a revestimentos sem esses cuidados. Os erros mais comuns na fase de execução estão relacionados com problemas no planeamento dos trabalhos, a falta de qualificação específica da mão-de-obra, a falta de preparação do suporte, a incorrecta utilização dos constituintes do sistema, a ausência de controlo de qualidade e o insuficiente tratamento de pontos singulares, entre outros. Estes factores não são facilmente reconhecidos, devido à impossibilidade de identificar todas as condições existentes na altura de preparação e aplicação dos sistemas do tipo ETICS. Face ao

referido, no trabalho de campo, foram identificados os casos de revestimentos que apresentavam evidentes erros de execução, não sendo possível estabelecer inequivocamente a origem desses erros.

Apesar de os revestimentos com deficiente execução serem pouco representativos (apenas 6 fachadas), verifica-se uma diferença bastante significativa nos valores de vida útil destes revestimentos com os que apresentam adequada execução (Tabela 5.5). Pelo facto dos revestimentos com erros de execução terem sido excluídos da amostra, estes não figuram no estudo da amostra através do método factorial. O valor de *k* atribuído é apenas relevante para estabelecer a diferença que uma execução adequada tem no aumento do desempenho de revestimentos do tipo ETICS.

**Tabela 5.5. Proposta de quantificação dos factores relacionados com as características de execução**

C - Características de execução			Média obtida M.G.	Média obtida C.D.	Valor <i>k</i>
C1 - Nível de execução	k1	Adequado	22	20	1,0
	k2	Inadequado	6	6	0,8

#### Factor D - Características do ambiente interior

O factor relacionado com as características do ambiente interior não é considerado no estudo, pois as condições no interior não afectam os revestimentos exteriores.

#### Factor E - Características do ambiente exterior

As condições do ambiente exterior podem ser responsáveis pela perda de desempenho dos sistemas ETICS. As anomalias decorrentes da acção de factores exteriores sobre os revestimentos reflectem a sua influência no processo de degradação, sendo por isso determinantes para a modelação através do método factorial. Assim, nesta fase, são avaliados os subfactores referentes à orientação solar das fachadas, proximidade do mar, exposição à humidade, acção combinada da chuva e do vento e à proximidade de agentes poluentes (Tabela 5.6).

**Tabela 5.6. Proposta de quantificação dos factores relacionados com as características do ambiente exterior**

E - Características do ambiente exterior			Média obtida M.G.	Média obtida C.D.	Valor <i>k</i>
E1 - Orientação solar da fachada	k1	Norte	21	19	0,8
	k2	Sul	25	22	1,2
	k3	Este	23	20	1,0
	k4	Oeste	22	20	1,0
E2 - Proximidade do mar	k1	< 1 km	-	-	0,8
	k2	Entre 1 e 5 km	22	19	1,0
	k3	> 5 km	22	20	1,2
E3 - Exposição à humidade	k1	Exposição alta	22	19	1,0
	k2	Exposição baixa	22	20	1,2
E4 - Acção combinada da chuva-vento	k1	Severa	23	20	0,8
	k2	Moderada	20	16	1,0
	k3	Suave	22	15	1,2
E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1	Alta	20	18	1,0
	k2	Baixa	23	20	1,2

As orientações das fachadas analisadas (Norte, Sul, Este e Oeste) apresentam valores plausíveis e concordantes com a realidade física. Desta forma, as fachadas a Norte apresentam valores de vida útil prevista inferiores aos restantes quadrantes, enquanto as fachadas orientadas a Sul apresentam um padrão de deterioração mais lento. Face ao exposto, os quadrantes Norte e Sul foram quantificados com um valor de *k* igual a 0,8 (desfavo-

rável) e 1,2 (favorável), respectivamente. As orientações a Este e Oeste constituem-se como situações intermédias e com grande preponderância na amostra, apresentando, nos dois casos, um valor de  $k$  igual a 1,0.

Relativamente à proximidade do mar e à acção combinada da chuva e do vento, a quantificação proposta é intuitivamente compreendida. Quando a exposição a estes factores é admitida como muito agressiva, é atribuído um valor de  $k$  igual a 0,8. Para situações presumidas como mais favoráveis à conservação do estado dos revestimentos, é proposto um valor igual a 1,2. Em situações intermédias ou quando não exista representatividade suficiente na amostra global que permita retirar conclusões claras (como, por exemplo, nos casos a uma distância do mar inferior a 1 km), é atribuído um indicador neutro igual a 1,0.

No caso da exposição à humidade e da proximidade a fontes poluentes, foi adoptado um valor de 1,2 para os casos menos favoráveis ao desenvolvimento da deterioração (exposição "baixa" nas duas variáveis analisadas). Para o subfactor respeitante à exposição à humidade, os valores de vida útil obtidos nos tipos de exposição "alta" e "baixa" são muito semelhantes. O insuficiente número de revestimentos localizados em ambientes menos húmidos a partir de 19 anos pode ajudar a explicar estes padrões de degradação. Assim, como não foi possível obter conclusões claras, foi proposto um indicador neutro para a quantificação da variável associada a exposição "alta" ( $k$  igual a 1,0). Da mesma forma, e apesar de os revestimentos menos afectados pela proximidade de fontes poluentes apresentarem valores de vida útil plausíveis, sendo superiores aos valores obtidos para os revestimentos com maior exposição a estes agentes, estes dados devem ser examinados com alguma precaução. Os resultados obtidos podem estar associados ao menor número de casos com "alta" exposição na totalidade da amostra, que acabam por distorcer ligeiramente os valores esperados. Assim, foi adoptado um valor de  $k$  igual a 1,0 para a exposição "alta".

#### **Factor F - Condições de utilização**

As características de utilização referem-se à informação recolhida durante as inspecções que permite compreender de que forma o tipo de utilização afecta os revestimentos, principalmente nas zonas acessíveis, em que os efeitos do tipo de uso são mais representativos. Os erros de utilização mais frequentes são devidos, sobretudo, a impactos (acidentais ou intencionais), acções de vandalismo, reparações inadequadas ou ausência de manutenções periódicas. Como referido no Capítulo 3, a degradação causada por estes erros não é modelável numa perspectiva de previsão de vida útil, de acordo com a metodologia adoptada, sendo assim este factor suprimido da análise efectuada.

#### **Factor G - Nível de manutenção**

Quanto ao factor nível de manutenção, este apenas engloba a categoria "facilidade de inspecção". Como a existência de manutenção não foi verificada em nenhum dos casos da amostra, optou-se por excluir este subfactor da análise.

Através da Tabela 5.7, é possível verificar que os revestimentos que apresentavam condições que facilitavam a inspecção exibem valores de vida útil idênticos aos de revestimentos sem estas condições. Observando-se apenas estes aspectos, seria expectável que se quantificassem as duas variáveis com o mesmo valor de  $k$ . No entanto, considerou-se que a situação de facilidade de inspecção é a mais favorável, pois a menor altura dos edifícios e a tipologia mais acessível das fachadas permite uma leitura mais clara e rigorosa da degradação dos revestimentos, sendo, por isso, este subfactor quantificado com um valor de  $k$  igual a 1,2. Eventuais erros de interpretação das anomalias em fachadas com condições de inspecção limitadas podem ter condicionado o cálculo da vida útil estimada para estes casos. Como não existe uma

conclusão clara relativamente a esta variável, foi atribuído um valor de  $k$  igual a 1,0.

**Tabela 5.7. Proposta de quantificação dos factores relacionados com o nível de manutenção**

G - Nível de manutenção			Média obtida M.G.	Média obtida C.D.	Valor $k$
G1- Facilidade de inspecção	k1	Sim	22	19	1,2
	k2	Não	22	19	1,0

### 5.5.2. Vida útil de referência

O conceito de vida útil de referência, utilizado para caracterizar a durabilidade prevista dos revestimentos, é de complexa definição e avaliação, sobretudo quando aplicado no âmbito do método factorial, cujos resultados são dependentes da sensibilidade e do rigor demonstrados na estimativa desta variável. Segundo Rudbeck (1999), citando a norma BSI 7543 (1992), esta grandeza pode ser determinada através de investigação científica baseada em resultados de testes laboratoriais específicos, experiência prévia com elementos de construção similares ou através da análise do nível de degradação dos elementos, avaliando o seu limite de durabilidade. Considerando a imprecisão que alguns dos métodos referidos denunciam, o autor ressalta a necessidade de se adoptar mais do que uma das metodologias referidas, com posterior comparação de resultados. Também a ISO 15686 (2000) descreve uma metodologia para determinar a vida útil de referência, baseada, sobretudo, na realização de testes de envelhecimento acelerado ou *in-situ* e respectiva comparação com informação técnica de fabricantes ou de peritos e, eventualmente, com informação obtida a partir de simples inspecções visuais.

Na presente Dissertação, foi desenvolvida uma metodologia para a definição da vida útil de referência baseada no trabalho de Gaspar (2002) e Gaspar (2009). Este valor foi inicialmente obtido através da intersecção da curva média de degradação para os 293 revestimentos analisados com o nível mínimo de aceitação definido ( $S_w$  de 30%). A vida útil de referência estimada através deste modelo foi de cerca de 20 anos. Considerando a significativa influência deste valor na modelação através do método factorial e de forma a atribuir-lhe maior credibilidade física, já que a amostra não é suficientemente representativa das condições médias da totalidade dos revestimentos do tipo ETICS existentes, utilizaram-se dois métodos propostos por Gaspar (2009) para comparação com o resultado obtido através da curva de degradação: o método das condições médias de exposição para um caso e o método das condições médias de exposição para a totalidade da amostra. Estas metodologias foram também aplicadas por Emídio *et al.* (2014) e Galbusera *et al.* (2015).

#### Método das condições médias de exposição para um caso

Este modelo adopta os três valores padrão (1,2, 1,0 e 0,8) preconizados pela norma ISO 15686 (2000) e serve-se dos valores de vida útil prevista calculados a partir do método do factor de conversão às ordenadas. O objectivo seria encontrar, através da informação recolhida em campo, revestimentos expostos a uma situação média corrente, em que os valores de  $k$  de todas as variáveis agrupadas nos factores analisados fossem iguais a 1,0. Como não existem casos na amostra com as condições mencionadas, optou-se por procurar os revestimentos com as condições mais próximas da situação média, sendo contabilizado o número de ocorrências dos valores de referência 0,8 e 1,2 ( $x$  e  $y$ , respectivamente) e sendo calculado o valor da vida útil de referência através da expressão 5.3 [EMÍDIO *et al.*, 2014].

Na Tabela 5.8, figuram os resultados obtidos para cinco pontos da amostra.

$$\text{Vida útil de referência} = \frac{\text{Vida útil prevista}}{(0,8^x \times 1,2^y)} \quad (5.3)$$

**Tabela 5.8. Vida útil de referência estimada para cinco pontos da amostra através do método das condições médias de exposição para um caso**

Designação	VUP (anos)	Número de ocorrências de 0,8	Número de ocorrências de 1,2	Soma	VUR (anos)
Ed 1A	25,5	3	2	5	34,5
Ed 3A	31,7	1	4	5	19,1
Ed 4A	23,8	2	2	4	25,8
Ed 5A	18,8	2	4	6	14,2
Ed 6A	21,0	3	3	6	23,8

A vida útil de referência foi, assim, determinada a partir da média dos valores de VUR calculados para cada um dos casos que apresentavam características próximas de uma situação em que todos os subfactores considerados no método factorial exibiam valores iguais a 1,0, obtendo-se um valor de cerca de 22,1 anos, sendo uma idade relativamente próxima daquela que foi estimada a partir das curvas de degradação.

#### **Método das condições médias de exposição para a totalidade dos casos**

Este método utiliza os mesmos valores obtidos a partir do primeiro modelo e as variáveis  $k$  previstas pelos documentos normativos. Neste caso, foi determinada a relação entre a vida útil prevista e a vida útil de referência calculada anteriormente. Os resultados considerados correspondiam aos que apresentassem valores dessa relação com desvios em relação à média total dos revestimentos analisados inferior a 3%, sendo o valor da vida útil de referência determinado a partir da média dos casos que satisfizessem o requisito proposto. O valor obtido foi de cerca de 20,8 anos.

A Tabela 5.9 ilustra os resultados obtidos para cinco casos da amostra, calculados através do método das condições médias de exposição para a totalidade dos casos.

**Tabela 5.9. Vida útil de referência estimada para cinco pontos da amostra através do método das condições médias de exposição para a totalidade dos casos**

Designação	VUP (anos)	VUR (anos)	VUP/VUR	Desvio em relação à média
Ed 1A	25,5	34,5	0,737	36%
Ed 3A	31,7	19,1	1,659	56%
Ed 4A	23,8	25,8	0,922	17%
Ed 5A	18,8	14,2	1,327	23%
Ed 6A	21	23,8	0,885	21%

Resumidamente, os valores determinados a partir dos três métodos adoptados são: i) vida útil de referência de 19,73 anos obtida através da curva média de degradação (Capítulo 4); ii) vida útil de referência de 22,1 anos obtida a partir do método das condições médias de exposição para um caso; iii) vida útil de referência de 20,8 anos obtida a partir do método das condições médias de exposição para a totalidade dos casos. Todos os métodos apresentam valores semelhantes, reflectindo a sua adequação razoável à realidade física. A média dos três resultados obtidos permitiu a determinação de um valor de vida útil de referência de cerca de 20,9 anos, ou seja, cerca de 21 anos. Este valor é relativamente próximo do proposto pela ETAG 004 (2000) que define um valor superior a 25 anos e do determinado por Falorca (2004) e Silva e Falorca (2009) que estabelecem uma vida útil de



referência entre 24 e 28 anos para revestimentos de isolamento térmico pelo exterior sem manutenção, traduzindo, de forma verosímil, a informação recolhida através das inspeções visuais realizadas.

Admitindo novamente a expressão 5.2 utilizada para o cálculo da durabilidade de revestimentos do tipo ETICS a partir do método factorial, esta será complementada através da consideração de todos os subfactores objecto de análise e descritos no ponto 5.5.1. Desta forma, a equação final é a seguinte (expressão 5.4):

$$VUE = VUR \times A1 \times A2 \times B1 \times B2 \times C1 \times E1 \times E2 \times E3 \times E4 \times E5 \times G1 \quad (5.4)$$

### 5.5.3. Cenários considerados

A capacidade de comparação de valores em cenários distintos constitui-se como um parâmetro de particular importância no processo de análise da previsão de vida útil dos revestimentos através do método factorial. Através de diferentes cenários, é possível avaliar os factores envolvidos no processo de degradação através da sua quantificação em função de diferentes critérios. Estas simulações consideram a vida útil de referência de 21 anos calculada no ponto 5.5.2 e são determinados indicadores necessários à análise estatística dos valores obtidos (valores médios, desvio padrão e valores máximos e mínimos). Através destes dados, é possível estabelecer as relações entre os valores determinados através do método factorial (MF) e do método gráfico (MG), tentando ajustar os factores modificadores de forma a otimizar os resultados obtidos.

De acordo com a metodologia desenvolvida por Gaspar (2002), Gaspar (2009), Emídio (2012) e Galbusera (2013), foram definidos os seguintes critérios para a avaliação dos diferentes cenários:

- a relação entre os resultados obtidos a partir do método factorial e do método gráfico deverá ser plausível. Para isso, a média do quociente entre as duas variáveis não deverá ter uma variação superior a 5% de 1,0, ou seja, o valor máximo admitido para a média da relação é de 1,05;
- a média do desvio padrão dos resultados em relação a 1,0 deve ser minimizada;
- a diferença entre os valores extremos obtidos a partir do método factorial, isto é, a amplitude dos resultados obtidos, deverá ser igual ou inferior à amplitude dos valores determinados a partir do método gráfico ( $MF_{\text{máx}} - MF_{\text{mín}} \leq MG_{\text{máx}} - MG_{\text{mín}}$ );
- os resultados calculados através do método factorial deverão ser consistentes com a realidade expectável, tendo-se estabelecido como máximo o dobro do vida útil de referência determinada (cerca de 21 anos), ou seja, 42 anos, enquanto o mínimo admitido é definido como 15% do mesmo valor, que corresponde a 3,15 anos;
- a frequência acumulada dos resultados da relação entre MF/MG maior ou igual a 0,85 deverá ser no mínimo 50% da amostra e a frequência acumulada dos resultados de MF/MG superior a 1,50 deverá ser no máximo 10% da amostra;
- as diversas iterações têm como finalidade otimizar os resultados obtidos, tentando atingir um número superior de casos no intervalo de 0,85 e 1,15 para a relação MF/MG.

Neste contexto, foram analisados seis cenários, discriminados em seguida.

## **Cenário 1**

O primeiro cenário considera os valores médios da vida útil prevista obtidos para os diversos subfactores através do método gráfico, tal como observado na Tabela 5.10. Neste cenário, é calculada a diferença entre a vida útil prevista média da amostra total obtida através do método do factor de conversão às ordenadas (cerca de 22 anos) e os valores referidos para cada subfactor.

Em síntese, a quantificação proposta para cada variável em estudo baseou-se no critério de que, por cada ano de diferença relativamente à idade de 22 anos, o valor  $k$  aumenta ou reduz em intervalos de variação iguais a 0,05. A título de exemplo, considera-se o caso do subfactor associado ao tipo de acabamento "liso", em que a diferença de idades é de um ano e, por isso,  $k$  toma o valor de 1,05. Para casos em que a diferença entre as idades for igual a 0, ou quando não exista um número de casos num determinado subfactor que possibilite a contabilização da correspondente média, atribui-se um valor de  $k$  igual a 1,0.

**Tabela 5.10. Quantificação dos subfactores obtida no cenário 1**

<b>Factores modificadores</b>		<b>Subfactores</b>	<b>Médias de idades obtidas a partir do método gráfico</b>	<b>Diferença de idades</b>	<b><math>k</math> final</b>
A1 - Tipo de revestimento ETICS	k1	Tradicional	22	0	1,00
	k2	Reforçado	24	2	1,10
	k3	Cerâmico	29	7	1,35
A2 - Cor do revestimento	k1	Branco	21	-1	0,95
	k2	Cores claras	21	-1	0,95
	k3	Cores escuras	27	5	1,25
	k4	Outro	23	1	1,05
B1- Tipo de acabamento	k1	Rugoso	22	0	1,00
	k2	Liso	23	1	1,05
	k3	Outro	29	7	1,35
B2- Tipo de remate inferior	k1	Perfil de arranque elevado	26	4	1,20
	k2	Soco	23	1	1,00
	k3	Outro	20	-2	0,90
C1- Nível de execução	k1	Adequado	22	0	1,00
	k2	Inadequado	6	-16	0,20
E1 - Orientação solar da fachada	k1	Norte	21	-1	0,95
	k2	Sul	25	3	1,15
	k3	Este	23	1	1,05
	k4	Oeste	22	0	1,00
E2 - Proximidade do mar	k1	< 1 km	-	-	1,00
	k2	Entre 1 e 5 km	22	0	1,00
	k3	> 5 km	22	0	1,00
E3 - Exposição à humidade	k1	Exposição alta	22	0	1,00
	k2	Exposição baixa	22	0	1,00
E4 - Acção combinada da chuva-vento	k1	Severa	23	1	1,00
	k2	Moderada	20	-2	1,00
	k3	Suave	22	0	1,00
E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1	Alta	20	-2	0,90
	k2	Baixa	23	1	1,05
G1 - Facilidade de inspecção	k1	Sim	22	0	1,00
	k2	Não	22	0	1,00

Embora os subfactores sejam quantificados matematicamente, é preciso ter em consideração o seu sentido físico. Assim, no caso do factor associado à acção combinada da chuva e do vento, assumiu-se que todos os subfactores

considerados têm um valor de  $k$  igual a 1,0, pois os resultados obtidos não apresentavam credibilidade física (a acção "severa" dos agentes atmosféricos apresentava um coeficiente  $k$  superior ao das acções "moderada" e "suave").

## **Cenário 2**

No cenário 2, foram utilizados os mesmos critérios do que no cenário anterior, com a diferença de serem considerados, neste caso, os valores de vida útil obtidos através das curvas de degradação traçadas para cada subfactor admitido (Capítulo 4). Nesta situação, o valor da vida útil de referência da amostra (obtido através da curva de degradação global), utilizado para estimar a diferença com a vida útil obtida para cada subfactor, é igual a cerca de 20 anos.

Tal como sucede no cenário 1, para subfactores que não apresentem um número suficiente de casos que permitam estimar a vida útil, propôs-se um valor de  $k$  igual a 1,0. Da mesma forma do que no cenário 1, todos os subfactores associados à acção combinada da chuva e do vento, foram quantificados com um valor de  $k$  igual a 1,0, pois os resultados obtidos anteriormente não apresentavam sentido físico.

A Tabela 5.11 ilustra a quantificação proposta para o valor  $k$  e os resultados obtidos para o cenário 2.

**Tabela 5.11. Quantificação dos subfactores obtida no cenário 2**

<b>Factores modificadores</b>		<b>Subfactores</b>	<b>Idades obtidas a partir das curvas de degradação</b>	<b>Diferença de idades</b>	<b><math>k</math> final</b>
A1 - Tipo de revestimento ETICS	k1	Tradicional	20	0	1,00
	k2	Reforçado	31	11	1,55
	k3	Cerâmico	-	-	1,00
A2 - Cor do revestimento	k1	Branco	17	-3	0,85
	k2	Cores claras	17	-2	0,90
	k3	Cores escuras	19	-1	0,95
	k4	Outro	-	-	1,00
B1- Tipo de acabamento	k1	Rugoso	18	-2	0,90
	k2	Liso	20	0	1,00
	k3	Outro	-	-	1,00
B2- Tipo de remate inferior	k1	Perfil de arranque elevado	21	2	1,10
	k2	Soco	20	0	1,00
	k3	Outro	17	-3	0,85
C1- Nível de execução	k1	Adequado	20	0	1,00
	k2	Inadequado	6	-14	0,30
E1 - Orientação solar da fachada	k1	Norte	19	-1	0,95
	k2	Sul	22	2	1,10
	k3	Este	20	1	1,05
	k4	Oeste	20	0	1,00
E2 - Proximidade do mar	k1	< 1 km	-	-	1,00
	k2	Entre 1 e 5 km	19	0	1,00
	k3	> 5 km	20	0	1,00
E3 - Exposição à humidade	k1	Exposição alta	19	-1	0,95
	k2	Exposição baixa	20	0	1,00
E4 - Acção combinada da chuva-vento	k1	Severa	20	0	1,00
	k2	Moderada	16	-3	1,00
	k3	Suave	15	-4	1,00
E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1	Alta	18	-2	0,90
	k2	Baixa	20	1	1,05
G1 - Facilidade de inspecção	k1	Sim	19	-1	0,95
	k2	Não	19	-1	0,95

### **Cenário 3**

Com a finalidade de estudar os resultados obtidos para um cenário que traduzisse o comportamento neutro do modelo proposto, adoptou-se um valor de  $k$  igual a 1,0 em todos os subfactores considerados.

### **Cenário 4**

No cenário 4, os valores a atribuir a cada subfactor correspondem aos índices aplicáveis preconizados pela norma ISO 15686 (2000), tal como demonstrado nas Tabelas 5.3 a 5.7. Assim, se uma variável tiver uma influência negativa na durabilidade dos revestimentos do tipo ETICS, é proposto um valor de  $k$  igual a 0,8. Para subfactores considerados como favoráveis, é atribuído um valor de  $k$  igual a 1,2 e, para casos correntes ou de difícil avaliação, é admitido um valor igual a 1,0 (Tabela 5.12).

**Tabela 5.12. Quantificação dos subfactores obtida no cenário 4**

<b>Factores modificadores</b>	<b>Subfactores</b>		<b>Médias de idades obtidas a partir do método gráfico</b>	<b><math>k</math> final</b>
A1 - Tipo de revestimento ETICS	$k1$	Tradicional	22	1,00
	$k2$	Reforçado	24	1,20
	$k3$	Cerâmico	29	1,20
A2 - Cor do revestimento	$k1$	Branco	21	1,00
	$k2$	Cores claras	21	1,00
	$k3$	Cores escuras	27	1,00
	$k4$	Outro	23	1,20
B1- Tipo de acabamento	$k1$	Rugoso	22	0,80
	$k2$	Liso	23	1,00
	$k3$	Outro	29	1,20
B2- Tipo de remate inferior	$k1$	Perfil de arranque elevado	26	1,20
	$k2$	Soco	23	1,00
	$k3$	Outro	20	0,80
C1- Nível de execução	$k1$	Adequado	22	1,00
	$k2$	Inadequado	6	0,80
E1 - Orientação solar da fachada	$k1$	Norte	21	0,80
	$k2$	Sul	25	1,20
	$k3$	Este	23	1,00
	$k4$	Oeste	22	1,00
E2 - Proximidade do mar	$k1$	< 1 km	-	0,80
	$k2$	Entre 1 e 5 km	22	1,00
	$k3$	> 5 km	22	1,20
E3 - Exposição à humidade	$k1$	Exposição alta	22	1,00
	$k2$	Exposição baixa	22	1,20
E4 - Acção combinada da chuva-vento	$k1$	Severa	23	0,80
	$k2$	Moderada	20	1,00
	$k3$	Suave	22	1,20
E5 - Proximidade de fontes poluentes	$k1$	Alta	20	1,00
	$k2$	Baixa	23	1,20
G1 - Facilidade de inspecção	$k1$	Sim	22	1,20
	$k2$	Não	22	1,00

### **Cenário 5**

Seguindo critérios semelhantes aos aplicados no cenário 4, são adoptados os valores de 0,9, 1,0 e 1,1 para os

subfactores estudados. O objectivo desta atribuição é analisar os resultados obtidos com uma escala de valores mais comprimida do que a proposta pela ISO 15686 (2000), permitindo avaliar a contribuição de uma variação mais reduzida na quantificação dos subfactores. Os resultados obtidos encontram-se representados na Tabela 5.13.

**Tabela 5.13. Quantificação dos subfactores obtida no cenário 5**

Factores modificadores	Subfactores	Médias de idades obtidas a partir do método gráfico	k final	
A1 - Tipo de revestimento ETICS	k1	Tradicional	22	1,00
	k2	Reforçado	24	1,10
	k3	Cerâmico	29	1,10
A2 - Cor do revestimento	k1	Branco	21	1,00
	k2	Cores claras	21	1,00
	k3	Cores escuras	27	1,00
	k4	Outro	23	1,10
B1- Tipo de acabamento	k1	Rugoso	22	0,90
	k2	Liso	23	1,00
	k3	Outro	29	1,10
B2- Tipo de remate inferior	k1	Perfil de arranque elevado	26	1,10
	k2	Soco	23	1,00
	k3	Outro	20	0,90
C1- Nível de execução	k1	Adequado	22	1,00
	k2	Inadequado	6	0,90
E1 - Orientação solar da fachada	k1	Norte	21	0,90
	k2	Sul	25	1,10
	k3	Este	23	1,00
	k4	Oeste	22	1,00
E2 - Proximidade do mar	k1	< 1 km	-	0,90
	k2	Entre 1 e 5 km	22	1,00
	k3	> 5 km	22	1,10
E3 - Exposição à humidade	k1	Exposição alta	22	1,00
	k2	Exposição baixa	22	1,10
E4 - Acção combinada da chuva-vento	k1	Severa	23	0,90
	k2	Moderada	20	1,00
	k3	Suave	22	1,10
E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1	Alta	20	1,00
	k2	Baixa	23	1,10
G1 - Facilidade de inspecção	k1	Sim	22	1,10
	k2	Não	22	1,00

## **Cenário 6**

Com base nos resultados obtidos nos cenários anteriores e considerando o significado físico de cada subfactor e a sua influência no processo de deterioração dos revestimentos, admitiu-se um novo cenário que consiste na optimização dos coeficientes *k* a aplicar a cada uma das variáveis em estudo. O peso atribuído a estes coeficientes resultou de várias iterações realizadas com o propósito de obter a solução mais adequada à amostra considerada e respeitando todos os critérios definidos em 5.5.3. Esta quantificação é apresentada na Tabela 5.14, sendo apresentados valores com três casas decimais, para demonstrar a diferença que uma pequena variação causa nos resultados obtidos.

Tabela 5.14. Quantificação dos subfactores obtida no cenário 6

Factores modificadores	Subfactores	Médias de idades obtidas a partir do método gráfico	k final	
A1 - Tipo de revestimento ETICS	k1	Tradicional	22	1,000
	k2	Reforçado	24	1,150
	k3	Cerâmico	29	1,200
A2 - Cor do revestimento	k1	Branco	21	1,100
	k2	Cores claras	21	1,000
	k3	Cores escuras	27	1,300
	k4	Outro	23	1,350
B1- Tipo de acabamento	k1	Rugoso	22	0,800
	k2	Liso	23	1,000
	k3	Outro	29	1,150
B2- Tipo de remate inferior	k1	Perfil de arranque elevado	26	1,125
	k2	Soco	23	1,100
	k3	Outro	20	0,795
C1- Nível de execução	k1	Adequado	22	1,000
	k2	Inadequado	6	0,800
E1 - Orientação solar da fachada	k1	Norte	21	0,905
	k2	Sul	25	1,025
	k3	Este	23	1,000
	k4	Oeste	22	1,000
E2 - Proximidade do mar	k1	< 1 km	-	0,800
	k2	Entre 1 e 5 km	22	0,975
	k3	> 5 km	22	1,100
E3 - Exposição à humidade	k1	Exposição alta	22	1,000
	k2	Exposição baixa	22	1,125
E4 - Acção combinada da chuva-vento	k1	Severa	23	0,800
	k2	Moderada	20	0,900
	k3	Suave	22	0,900
E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1	Alta	20	1,000
	k2	Baixa	23	1,100
G1 - Facilidade de inspecção	k1	Sim	22	1,100
	k2	Não	22	1,000

#### 5.5.4. Análise de resultados e validação do modelo

Na Tabela 5.15, encontram-se representados os indicadores estatísticos determinados a partir da análise de cada um dos cenários considerados, após as simulações com recurso ao método factorial.

Tabela 5.15. Indicadores estatísticos obtidos a partir dos cenários considerados

Cenários		1	2	3	4	5	6
Média MF/MG <1,05		1,12	0,81	1,13	1,18	1,17	1,02
Desvio padrão		0,464	0,349	0,634	0,573	0,582	0,439
Média do desvio padrão em relação a 1,0		0,30	0,34	0,37	0,38	0,36	0,29
Amplitudes	Método factorial (anos)	31,9	21,5	20,9	37,6	26,4	20,4
	Método gráfico (anos)	34,2	34,2	34,2	34,2	34,2	34,2
Resultados entre extremos obtidos a partir do método factorial	Máximo (dobro de VUR) = 42 anos	47,1	32,5	41,8	49,9	43,0	33,5
	Mínimo (15% de VUR) = 3,15 anos	15,3	11,0	20,9	12,3	16,6	13,1
MF/MG maior ou igual a 0,85 (≥50%)		74,7%	30,8%	65,2%	72,5%	71,4%	67,8%
Diferença entre MF/MG de 1,0 superior a 50% (< 10%)		12,8%	5,1%	14,7%	17,9%	15,0%	9,2%
Valores de MF/MG entre 0,85 e 1,15		41,4%	19,4%	38,5%	37,7%	38,1%	47,3%

Apesar de o primeiro cenário apresentar o segundo melhor resultado em termos de casos com uma relação MF/MG entre 0,85 e 1,15 (cerca de 41,4%), este desvia-se dos critérios assinalados em grande parte dos indicadores registados, observando-se que a média MF/MG afasta-se de 1,0; a média máxima da vida útil obtida (47,1 anos) ultrapassa o dobro de VUR (42 anos) e a frequência acumulada dos resultados de MF/MG superiores a 1,50 é superior a 10% (12,8%). O cenário 2 apresenta resultados mais aceitáveis do que o cenário 1, verificando-se apenas o incumprimento de um dos critérios estabelecidos (MF/MG maior ou igual a 0,85  $\geq$  50%). Possivelmente, esta melhoria deve-se ao facto de os resultados obtidos através das curvas de degradação apresentarem, em muitos casos, menores variações de idade do que os resultados determinados a partir do método gráfico. De forma expectável, estas variações acabam por promover a diminuição do peso aplicável a alguns subfactores, permitindo a obtenção de um resultado mais relevante. Este cenário é o que conduz a menores estimativas falhadas, apenas 5,1% (menor frequência acumulada dos resultados de MF/MG superiores a 1,50). No entanto, e apesar destas considerações, indica-se a reduzida percentagem de casos com uma relação MF/MG entre 0,85 e 1,15 (cerca de 19,4%) e o facto de não ter sido possível obter as vidas úteis associadas ao padrão de deterioração de determinados subfactores analisados na amostra, devido ao insuficiente número de casos analisados (atribuindo-se um valor de  $k$  igual a 1,0). Estes aspectos condicionaram, assim, os resultados obtidos.

O cenário 3 também não reproduz resultados globalmente satisfatórios, pois dois dos indicadores não respeitam os critérios estabelecidos (o resultado da média de MF/MG afasta-se da relação ideal igual a 1,0 e a percentagem de resultados de MF/MG superiores a 1,50 é superior a 10%). Importa referir que este cenário foi unicamente considerado para avaliar o comportamento neutro do modelo, não apresentando, naturalmente, significado físico concreto.

Estatisticamente, o quarto cenário é o que apresenta os piores resultados, pois vários dos critérios definidos em 5.5.3 não foram satisfeitos, designadamente a relação MF/MG afasta-se de 1,0; a amplitude dos resultados obtidos através do método factorial é superior aos obtidos através do método gráfico; a média máxima da vida útil obtida (49,9 anos) ultrapassa o dobro de VUR (42 anos) e a percentagem de resultados de MF/MG superiores a 1,50 é superior a 10% (17,9%).

Também o cenário 5 apresenta resultados que se desviam do que seria aceitável. Uma razão para estes valores é a falta de representatividade de casos existentes para determinados subfactores (como, por exemplo, o tipo de revestimentos do tipo cerâmico) que condiciona a validade dos resultados obtidos e, conseqüentemente, do coeficiente  $k$  atribuído. Este cenário apresenta semelhanças com os resultados obtidos no terceiro cenário, não cumprindo muitos dos requisitos definidos. Verifica-se, assim, que a média da relação MF/MG afasta-se de 1,0 (1,17); a média máxima da vida útil obtida (43 anos) ultrapassa o dobro de VUR (42 anos) e a frequência acumulada dos resultados de MF/MG superiores a 1,50 é superior a 10% (15%), o que reforça a noção de que a adopção de uma escala de valores mais reduzida do que a proposta pela norma ISO 15686 (2000), e portanto mais próxima do modelo neutro avaliado no cenário 3, não é favorável ao estudo realizado.

O cenário 6 resulta de um processo de optimização nos valores que possibilitou o cumprimento de todos os critérios citados e a obtenção dos melhores resultados. Este cenário apresenta a média da relação MF/MG mais próxima de 1,0 (1,02), a média do desvio padrão em relação a 1,0 mais reduzida (0,29) e a maior percentagem de casos

com uma relação MF/MG entre 0,85 e 1,15 (cerca de 47,3%), sendo, por isso, considerado como o modelo que mais se adequa ao estudo da amostra apresentada e com menos desvios relativamente ao que seria aceitável. A partir deste cenário foi possível determinar uma vida útil estimada da amostra de 19,9 anos, ou seja, cerca de 20 anos, um valor idêntico ao obtido através da curva média de degradação.

Globalmente, pode considerar-se que a aplicação do método factorial se concretizou como uma proposta expedita e eficiente para a análise da amostra em questão, principalmente quando se tem em consideração os inúmeros aspectos que influenciaram os resultados, designadamente o facto de as inspecções terem sido meramente visuais, a dispersão observada e os diversos factores e mecanismos envolvidos no processo de degradação. Evidencia-se também que, nos cenários 4 e 5, foram propostos valores dos coeficientes  $k$  iguais a 1,0 para diversos subfactores. Tal quantificação sugere que muitas das variáveis em estudo não influenciam consideravelmente a durabilidade dos sistemas do tipo ETICS.

Por fim, conclui-se que os resultados mais favoráveis (obtidos no cenário 6) são alcançados através da adopção de valores de  $k$  ajustados, isto é, nem demasiado próximos de um modelo neutro (cenário 3) e nem demasiado afastados de 1,0.

## 5.6. Conclusão

Este capítulo aborda a aplicabilidade do método factorial à avaliação da durabilidade dos sistemas ETICS. Para este tipo de análise, foi necessário obter um número considerável de casos que pudesse validar as previsões de vida útil, registando-se como maior dificuldade a quantificação dos subfactores estudados que, naturalmente, introduziu alguma subjectividade à avaliação efectuada. Numa primeira fase, o estudo destes subfactores deu origem a um modelo analítico que, posteriormente, através de procedimentos de definição e quantificação, evoluiu para um modelo prático com a integração da informação recolhida no trabalho de campo.

A fórmula de cálculo utilizada para a aplicação do método factorial baseou-se na vida útil de referência determinada a partir de três metodologias (curva de degradação, método das condições médias de exposição para um caso e método das condições médias de exposição para a totalidade dos casos), obtendo-se um valor de cerca de 21 anos. Posteriormente, esta fórmula foi desenvolvida através da análise de diversos cenários.

Apesar das suas limitações específicas e exaustivamente documentadas, o método factorial apresenta várias vantagens quando adoptado em amostras com suficiente representatividade de dados, pois depende significativamente da informação obtida a partir das inspecções realizadas aos revestimentos. Assim, algumas das vantagens observadas são a sua elevada operacionalidade e o facto de permitir um tratamento sistemático da informação recolhida relativa à durabilidade dos revestimentos e da influência dos factores e mecanismos de degradação susceptíveis de afectar a sua vida útil, permitindo ajustar a previsão com a realidade observada. Além disso, esta metodologia revelou-se muito expedita, o que simplificou a sua aplicação aos diversos casos da amostra considerada.

Importa referir que a credibilidade física dos resultados obtidos depende do valor de vida útil de referência a adoptar e dos factores que condicionam a durabilidade dos revestimentos, pelo que estes devem ser admitidos em condições próximas ou comparáveis com as situações reais esperadas.



## **6. Conclusões**

### **6.1. Considerações finais**

A presente Dissertação segue a linha de investigação de vários autores que têm desenvolvido metodologias de estimativa da vida útil de revestimentos de paredes exteriores baseadas na inspecção de edifícios em serviço, destacando-se os trabalhos de Gaspar (2002), Sousa (2008), Gaspar (2009), Silva (2009), Chai (2011), Emídio (2012), Ximenes (2012) e Galbusera (2013). Para além do objectivo principal de determinação da vida útil de revestimentos ETICS e da possibilidade de reconhecer os factores de degradação mais condicionantes para a sua durabilidade, este estudo é ainda relevante pelas possibilidades que oferece à identificação de estratégias de manutenção e/ou substituição de componentes da construção, à determinação dos custos envolvidos nessas intervenções e ao planeamento nas fases de concepção e de execução dos revestimentos, visando a maior qualidade final das soluções construtivas e possibilitando a previsão do impacte energético e ambiental das construções.

Este capítulo tem como propósito apresentar uma breve descrição dos principais resultados obtidos e das conclusões retiradas nas diversas fases que integraram o processo de investigação. Adicionalmente, são propostas e discutidas algumas perspectivas de desenvolvimentos futuros, com o propósito de complementar e sistematizar a metodologia adoptada.

### **6.2. Considerações gerais**

Inicialmente, o método de investigação adoptado para a presente Dissertação foi baseado em pesquisa bibliográfica e em trabalho de campo. Estes processos permitiram a compilação de dados para o estudo da vida útil, culminando na integração da informação recolhida no processo de modelação. A pesquisa bibliográfica incidiu, essencialmente, na temática de previsão de vida útil de revestimentos e nas características, condições de aplicação e comportamento do sistema alvo de análise nas suas condições de utilização, constituindo-se como uma fase de preparação, integração e de consolidação de conhecimentos, que foram posteriormente transpostos para a redacção da Dissertação de forma contextualizada. Nesta fase, foi, então, possível iniciar a estruturação dos temas a desenvolver, tendo por base os conhecimentos adquiridos e os conceitos já perfeitamente identificados e definidos.

Antes de iniciar-se a fase de trabalho de campo, foi necessário caracterizar a amostra previamente estudada por Ximenes (2012), identificando as suas particularidades e as lacunas que apresentava, de forma a determinar o número mínimo de novos revestimentos a analisar. Posteriormente, foi adoptada uma metodologia de levantamento de dados através de simples inspecções visuais, sujeitas a uma calendarização prévia, e cuja informação recolhida foi registada e sistematizada numa ficha de inspecção e diagnóstico. As manifestações patológicas detectadas nos revestimentos foram agregadas através de um sistema classificativo, tendo sido agrupadas nas seguintes categorias: manchas e alterações cromáticas e/ou de textura; anomalias de perda de integridade; anomalias de perda de aderência e anomalias nas juntas. A informação compilada nesta fase de trabalho de campo, relativa a 133 novos casos, foi tratada estatisticamente, tendo as anomalias registadas sido diferenciadas de acordo com a sua gravidade, extensão e efeitos e foram referenciadas as causas prováveis para a sua ocorrência. Nesta fase, foram excluídos dez casos de estudo por apresentarem tendências de degradação muito diferenciadas dos resultados médios obtidos a partir de revestimentos com características e ida-

des semelhantes. Como a amostra inicial de Ximenes (2012) reunia 170 casos de estudo, foram considerados, na totalidade, 293 revestimentos no estudo efectuado.

Após a recolha de dados, iniciou-se a elaboração dos modelos de previsão da vida útil. Para os grupos de anomalias referidos, foram definidos cinco níveis de degradação através de uma escala visual e física de classificação, sendo esta atribuição baseada na severidade e na intensidade das alterações apresentadas. A partir desta informação, foi possível traçar uma curva global de degradação (Figura 6.1). Para tal, foi utilizado o modelo de previsão da vida útil proposto por Gaspar (2009). Este método baseia-se nas metodologias desenvolvidas que utilizam o indicador severidade da degradação ( $S_w$ ), que reflecte o estado global da degradação dos revestimentos. Assim, os dados obtidos em campo foram convertidos e utilizados no cálculo de índices que permitiram quantificar a degradação e estabelecer modelos de degradação graficamente.

A curva de degradação global obtida pretendeu traduzir a evolução do comportamento dos ETICS ao longo do tempo, através da representação gráfica da sua perda de desempenho, e permitiu determinar a vida útil de referência da amostra com base na definição de um nível máximo de degradação (referente a um  $S_w$  de 30%), tendo-se obtido um valor de 19,73, ou seja, cerca de 20 anos. O coeficiente de determinação associado ao padrão de degradação apresentou um valor razoável ( $R^2 = 0,61$ ), que embora caracterize de forma aceitável a perda de desempenho global dos revestimentos ETICS, também traduz a significativa dispersão de resultados observada, particularmente notória quando se considera que alguns destes revestimentos estão localizados no mesmo edifício, notando-se maior variabilidade de valores nos revestimentos com 5, 10, 17 e 31 anos. A dispersão verificada pode justificar-se, em parte, pela elevada sensibilidade dos sistemas ETICS às condições de concepção e execução existentes. Estes factores não foram identificados nesta análise, devido à dificuldade em avaliá-los com rigor através de simples inspecções visuais.

A configuração da curva indica também que os revestimentos têm alguma tendência de manifestação de alterações precoces, cujas acções se desenvolvem ao longo do tempo, aumentando de intensidade.

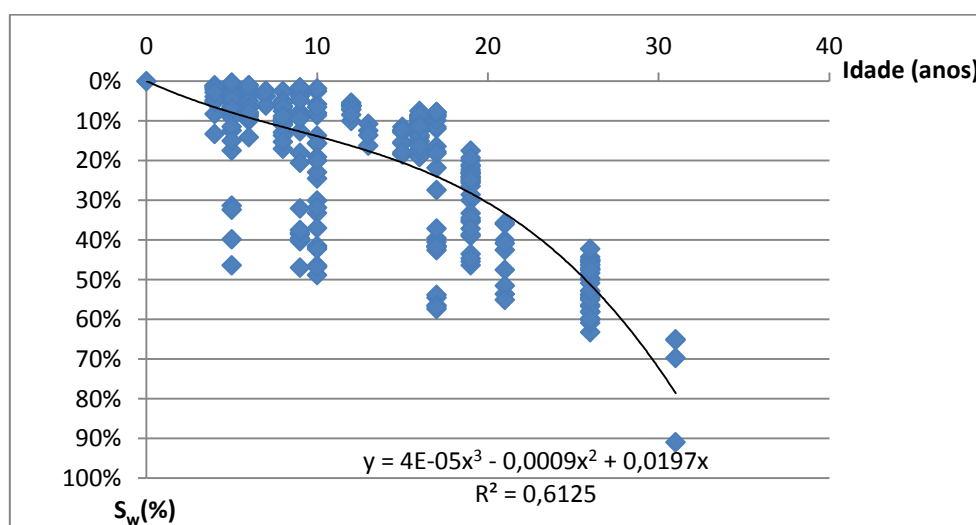


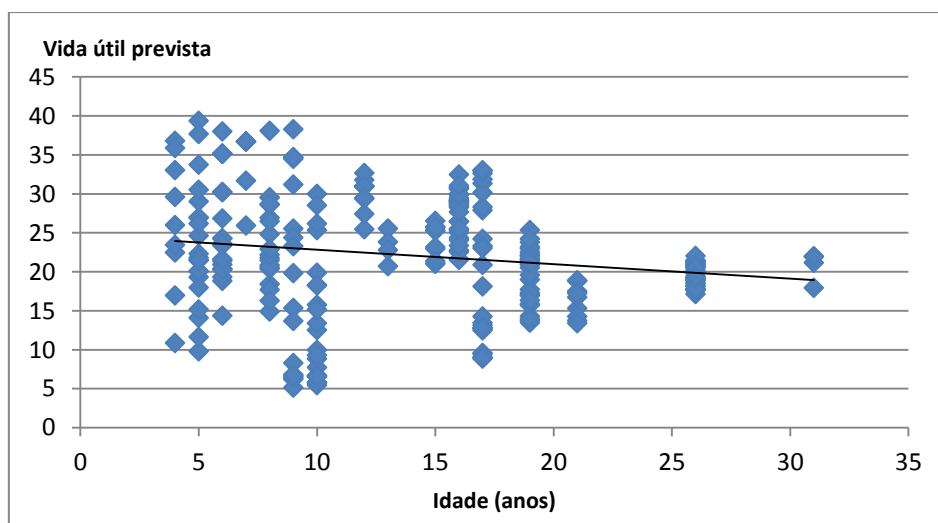
Figura 6.1. Curva de degradação geral obtida a partir dos 293 revestimentos inspeccionados no trabalho de campo

Posteriormente, foram avaliadas diferentes variáveis e a sua acção combinada, procurando reconhecer de que forma os factores de degradação (correspondentes aos factores modificativos do método factorial) influenciavam a durabilidade dos sistemas ETICS. Nesta análise, observou-se que existiam casos em que se obtinham categorias com um número muito reduzido de dados, quando a amostra total era dividida nos vários subfactores admitidos, não permitindo a obtenção de resultados estatisticamente significativos. Também se constatava que algumas variáveis exibiam curvas com coeficientes de determinação reduzidos, não sendo, assim, possível avaliar convenientemente a sua preponderância na vida útil dos revestimentos. Na análise das curvas de degradação em função dos factores condicionantes, verificou-se que:

- os revestimentos orientados a Norte apresentam uma menor vida útil esperada (cerca de 19 anos), enquanto as fachadas orientadas a Sul apresentam um melhor comportamento diferido (vida útil de cerca de 22 anos);
- embora a análise relativa à proximidade do mar não permita a obtenção de resultados consistentes, devido, fundamentalmente, à inexistência de casos a uma distância inferior a 1 km do mar, os revestimentos a uma distância entre 1 e 5 km da linha costeira apresentam uma deterioração mais rápida do que os casos a uma distância superior a 5 km;
- os revestimentos sujeitos a exposição à humidade elevada (casos situados a uma distância inferior a 1 km do mar ou de rios) apresentam uma vida útil ligeiramente inferior (cerca de 19 anos) à dos revestimentos com "baixa" exposição (cerca de 20 anos), ainda que os resultados tenham de ser analisados com cautela dada a reduzida significância estatística dos modelos obtidos;
- os dados obtidos para acção combinada da chuva e do vento contrariam o que seria expectável, uma vez que a curva de acção "suave" apresenta uma deterioração mais rápida do que as curvas referentes à acção "severa" e "moderada";
- os revestimentos com exposição favorável aos agentes poluentes apresentam uma vida útil superior em cerca de 2 anos à dos revestimentos mais afectados pela proximidade a vias de intenso tráfego, quando o limite aceitável para a durabilidade dos revestimentos é atingido ( $S_w = 30\%$ );
- embora a sua validade seja discutível devido à pouca representatividade de casos com acabamento do tipo "cerâmico" e do tipo "reforçado", os revestimentos com ladrilhos cerâmicos são os que apresentam uma tendência de degradação mais reduzida (com vidas úteis estimadas superiores), enquanto os revestimentos tradicionais apresentam menor durabilidade;
- os revestimentos com cores mais claras apresentam a degradação mais rápida, enquanto as cores "escuras" e do tipo "outro" apresentam tendências de deterioração mais lentas; o padrão característico de deterioração das cores "claras" pode ser motivado pela maior facilidade de inspecção e interpretação das ocorrências patológicas neste tipo de revestimentos quando comparado com as cores mais escuras [GASPAR, 2009];
- os revestimentos com acabamento cerâmico são os que apresentam melhor desempenho, embora não apresentem significância estatística devido ao reduzido número de casos existentes, enquanto os revestimentos "rugosos" assumem uma tendência de deterioração mais acentuada do que os restantes acabamentos;

- relativamente ao tipo de remate inferior, e conforme esperado, os revestimentos menos protegidos nas zonas acessíveis apresentam uma vida útil inferior (cerca de 17 anos); já as fachadas com perfil de arranque elevado apresentam um melhor desempenho do que os restantes tipos (vida útil de cerca de 21 anos);
- apesar de não serem considerados como parâmetros relevantes para a definição da vida útil dos revestimentos, os casos que apresentam condições que facilitam o levantamento visual do estado de degradação exibem uma deterioração mais rápida do que os revestimentos associados à curva referente à dificuldade de inspecção, embora as duas situações apresentem valores de vida útil idênticos (cerca de 19 anos);
- os revestimentos em que foram detectados erros de execução apresentam, tal como seria esperado, uma vida útil bastante inferior (cerca de 6 anos) às fachadas executadas de forma adequada (cerca de 20 anos).

Relativamente ao método factorial, numa primeira fase, antes da sua aplicação à amostra analisada, a curva de degradação média foi extrapolada aos diversos casos de estudo através do método de conversão ao valor das ordenadas, obtendo-se uma vida útil prevista média de cerca de 22 anos. A recta de tendência referente à distribuição da vida útil prevista dos revestimentos considerados é apresentada na Figura 6.2. Também os factores admitidos como condicionantes no processo de degradação foram novamente analisados, obtendo-se, globalmente, resultados coerentes com os determinados a partir das curvas de degradação.



**Figura 6.2. Distribuição da vida útil dos revestimentos considerados**

A vida útil de referência foi determinada através de três métodos diferentes, tentando reduzir, assim, o nível de incerteza associado a este valor: curva de degradação média (19,73 anos), o método das condições médias de exposição para um caso (22,1 anos) e o método das condições médias de exposição para a totalidade dos casos (20,8 anos). Todos os modelos utilizados apresentaram valores semelhantes entre si, traduzindo a sua adequação razoável à realidade observada, obtendo-se, através da média dos três resultados um valor para a vida útil de referência de cerca de 21 anos.

O Método Factorial introduzido pelo *Architectural Institute of Japan* e desenvolvido pela norma ISO 15686 (2000) propõe uma fórmula de cálculo, cujo objectivo é concretizar uma estimativa da vida útil de um determi-

nado elemento da construção sujeito a condições particulares. A fórmula proposta parte de uma vida útil de referência, afectada por diversos factores intervenientes no processo de degradação. A ponderação é efectuada de forma a aproximar a situação modelada da influência real que cada parâmetro manifesta na vida útil dos revestimentos de isolamento térmico pelo exterior (expressão 6.1). Depois de definidos os subfactores integrantes de cada categoria, foram atribuídos coeficientes modificadores que assumiam valores variáveis entre 0,8 e 1,2, para condições menos e mais favoráveis para a durabilidade dos revestimentos, respectivamente. Para situações correntes ou quando não fosse possível retirar conclusões claras, que limitavam, portanto, a aplicação dos índices mencionados, atribuiu-se um valor de  $k$  igual a 1,0.

$$VUE = VUR \times A1 \times A2 \times B1 \times B2 \times C1 \times E1 \times E2 \times E3 \times E4 \times E5 \times G1 \quad (6.1)$$

Em que:

VUE - Vida útil estimada ( <i>estimated service life</i> );	VUR - Vida útil de referência ( <i>reference service life</i> );
A1 - Tipo de revestimento;	A2 - Cor do revestimento;
B1 - Tipo de acabamento;	B2 - Tipo de remate inferior;
C1 - Nível de execução;	E1 - Orientação solar da fachada;
E2 - Proximidade do mar;	E3 - Exposição à humidade;
E4 - Acção combinada da chuva-vento;	E5 - Proximidade de fontes poluentes;
G1 - Facilidade de inspecção.	

Finalmente, foram analisados seis cenários com o propósito de otimizar os resultados obtidos através da avaliação dos parâmetros intervenientes e da sua quantificação em função de diferentes critérios. Na Tabela 6.1, apresenta-se a descrição dos critérios estabelecidos para a ponderação dos subfactores nos diferentes cenários estudados. Para proceder à avaliação e interpretação dos resultados, traduzidos a partir de indicadores necessários à análise estatística dos valores obtidos através dos vários cenários, estabeleceu-se alguns princípios baseados na metodologia desenvolvida por Gaspar (2002), Gaspar (2009), Emídio (2012) e Galbusera (2013), dos quais se destacam:

- o valor máximo da média da relação MF/MG está limitado a 1,05;
- os resultados calculados através do método factorial devem ser coerentes com a realidade expectável, tendo-se estabelecido como máximo o dobro da vida útil de referência determinada (cerca de 21 anos), ou seja, 42 anos, enquanto o mínimo admitido foi definido como 15% do mesmo valor, que corresponde a 3,15 anos;
- as diversas iterações têm como finalidade otimizar os resultados obtidos, tentando atingir um número superior de casos no intervalo de 0,85 e 1,15 para a relação MF/MG.

Os resultados obtidos para os diferentes cenários encontram-se ilustrados na Tabela 6.2. Os valores que não respeitam os critérios adoptados no Capítulo 5 estão identificados a vermelho e os resultados mais relevantes estão assinalados a azul claro. Verifica-se, assim, que o cenário 6 é, tal como esperado, o modelo que reproduz os melhores resultados, validando a aplicabilidade da metodologia à realidade modelada.

**Tabela 6.1. Descrição dos critérios aplicados a cada cenário considerado**

Cenários	Descrição dos critérios
Cenário 1	Este cenário apenas considera os valores médios da vida útil prevista obtidos para os diversos subfactores através do método gráfico, sendo calculada a diferença entre a vida útil prevista média da amostra total obtida através do método do factor de conversão às ordenadas (cerca de 22 anos) e os valores referidos para cada subfactor. Em síntese, a quantificação proposta para cada variável em estudo baseou-se no critério de que, por cada ano de diferença relativamente à idade de 22 anos, o valor $k$ aumenta ou reduz em intervalos de variação iguais a 0,05. Para casos em que a diferença entre as idades fosse igual a 0, ou quando não existisse um número de casos num determinado subfactor que possibilitasse a contabilização da correspondente média, atribuiu-se um valor de $k$ igual a 1,0.
Cenário 2	Neste cenário foram utilizados os mesmos critérios do cenário anterior, com a diferença de serem considerados, neste caso, os valores de vida útil obtidos através das curvas de degradação traçadas para cada subfactor admitido (Capítulo 4). Nesta situação, o valor da vida útil de referência da amostra (obtido através da curva de degradação global), utilizado para estimar a diferença com a vida útil obtida para cada subfactor, é igual a cerca de 20 anos. Tal como sucede no cenário 1, para subfactores que não apresentem um número suficiente de casos que permitam estimar a vida útil, propôs-se um valor de $k$ igual a 1,0.
Cenário 3	Neste cenário pretendeu-se estudar os resultados obtidos para um cenário que traduzisse o comportamento neutro do modelo proposto, adoptando-se um valor de $k$ igual a 1,0 em todos os subfactores considerados.
Cenário 4	Neste modelo, os valores a atribuir a cada subfactor corresponderam aos índices aplicáveis preconizados pela norma ISO 15686 (2000). Assim, foi proposto um valor de $k$ igual a 0,8 para situações desfavoráveis, 1,2 para situações favoráveis e, para casos correntes ou de difícil avaliação, foi admitido um valor de $k$ igual a 1,0.
Cenário 5	Seguindo critérios semelhantes aos aplicados no cenário 4, foram adoptados os valores de 0,9, 1,0 e 1,1 para os subfactores estudados, de forma a avaliar a contribuição de uma variação mais reduzida na quantificação dos subfactores.
Cenário 6	Com base nos resultados obtidos nos cenários anteriores e considerando o significado físico de cada subfactor e a sua influência no processo de deterioração dos revestimentos, admitiu-se um novo cenário que consistia na optimização dos coeficientes $k$ a aplicar a cada uma das variáveis em estudo, através de sucessivas iterações.

**Tabela 6.2. Indicadores estatísticos obtidos a partir dos cenários considerados**

Cenários		1	2	3	4	5	6
Média MF/MG <1,05		1,12	0,81	1,13	1,18	1,17	1,02
Desvio padrão		0,464	0,349	0,634	0,573	0,582	0,439
Média do desvio padrão em relação a 1,0		0,30	0,34	0,37	0,38	0,36	0,29
Amplitudes	Método factorial (anos)	31,9	21,5	20,9	37,6	26,4	20,4
	Método gráfico (anos)	34,2	34,2	34,2	34,2	34,2	34,2
Resultados entre extremos obtidos a partir do método factorial	Máximo (dobro de VUR) = 42 anos	47,1	32,5	41,8	49,9	43,0	33,5
	Mínimo (15% de VUR) = 3,15 anos	15,3	11,0	20,9	12,3	16,6	13,1
MF/MG maior ou igual a 0,85 ( $\geq 50\%$ )		74,7%	30,8%	65,2%	72,5%	71,4%	67,8%
Diferença entre MF/MG de 1,0 superior a 50% (< 10%)		12,8%	5,1%	14,7%	17,9%	15,0%	9,2%
Valores de MF/MG entre 0,85 e 1,15		41,4%	19,4%	38,5%	37,7%	38,1%	47,3%

Estatisticamente, os cenários que apresentam os piores resultados são o 4 e o 5, não satisfazendo vários dos critérios definidos no Capítulo 5. Uma presumível razão para estes resultados é a falta de representatividade de casos existentes para determinados subfactores (como, por exemplo, o tipo de revestimentos do tipo cerâmico) que condiciona a validade dos resultados obtidos e, conseqüentemente, do coeficiente  $k$  atribuído. Já o cenário 1, apesar de apresentar o segundo melhor resultado em termos de casos com uma relação MF/MG entre 0,85 e 1,15 (cerca de 41,4%), desvia-se dos critérios mencionados em grande parte dos indicadores registados.

O cenário 2 conduz a resultados mais aceitáveis, verificando-se apenas o incumprimento de um dos critérios

estabelecidos (MF/MG maior ou igual a  $0,85 \geq 50\%$ ), embora apresente como condicionantes a reduzida percentagem de casos com uma relação MF/MG entre 0,85 e 1,15 (cerca de 19,4%) e o facto de não ter sido possível obter as vidas úteis associadas ao padrão de deterioração de determinados subfactores (atribuindo-se um valor de  $k$  igual a 1,0). Igualmente, o cenário 3 não reproduz resultados globalmente satisfatórios, pois dois dos indicadores não respeitam os critérios estabelecidos. Importa referir que este cenário foi unicamente considerado para avaliar o comportamento neutro do modelo, não apresentando, por isso, significado físico concreto.

Por fim, conclui-se que os resultados mais favoráveis (obtidos no cenário 6) são alcançados através da adopção de valores de  $k$  ajustados a partir de um processo iterativo de optimização que procura aproximar os valores obtidos pelo método factorial e pelo método gráfico (que se assume traduzir a realidade observada), isto é, nem demasiado próximos de um modelo neutro (cenário 3) e nem demasiado afastados de 1,0, possibilitando a satisfação de todos os critérios citados e a obtenção dos melhores resultados. Através deste cenário, obteve-se uma vida útil estimada da amostra de cerca de 20 anos, um valor idêntico ao determinado a partir da curva média de degradação.

### **6.3. Perspectivas de desenvolvimentos futuros**

Após ser apresentada, de forma resumida, a linha de investigação desenvolvida e as conclusões obtidas, verificou-se que os resultados eram razoáveis e passíveis de concretizar o estudo de previsão de vida útil da amostra inspeccionada. No entanto, considerando que este estudo é admitido como a primeira abordagem da aplicação da fórmula de durabilidade proposta pelo método factorial a sistemas ETICS, tornou-se evidente a necessidade de identificar possíveis formas de complementar o estudo efectuado, de modo a contornar ou minimizar as limitações encontradas, melhorando, simultaneamente, a metodologia aplicada na presente Dissertação. Estas limitações estão associadas, fundamentalmente, a dois aspectos: recolha de informação (dimensão da amostra e consequente significância estatística dos dados) e calibração do modelo. Seguidamente, são apresentadas algumas propostas de melhorias ao estudo efectuado.

#### **6.3.1. Melhoria na recolha de informação**

Apesar da dimensão da amostra ser razoável para a aplicação da metodologia, considera-se que a existência de alguns factores pouco significativos estatisticamente (como, por exemplo, a pouca representatividade na amostra de sistemas reforçados ou revestidos por ladrilhos cerâmicos) condiciona a obtenção de resultados conclusivos em alguns dos domínios da investigação. Assim, propõe-se a inclusão de mais revestimentos que integrem algumas das características mais deficitárias na amostra existente, de forma a validar e a consolidar os dados.

Quanto à medição e quantificação das áreas revestidas por sistemas ETICS e das áreas degradadas, sugere-se, à semelhança de outros autores como Emídio (2012), Ximenes (2012) e Galbusera (2013), a adopção de métodos tecnologicamente mais avançados como a técnica de medição a *laser* e o recurso a programas informáticos que facilitem a medição digital de áreas através do registo fotográfico obtido no trabalho de campo.

Gaspar (2009), Chai *et al.* (2014) e Emídio (2012) sugerem ainda a criação de um sistema de compilação de dados que permita relacionar o nível de degradação a cada exemplo visual de manifestações anómalas presen-

tes nos revestimentos, de forma a simplificar a inspecção e a minimizar a ocorrência de erros de leitura ou de interpretação da deterioração das fachadas e, conseqüentemente, diminuindo a subjectividade inerente.

Outro aspecto que pode ser desenvolvido prende-se com a indicação da vida útil de referência dos elementos da construção em condições normais de serviço (particularmente, neste caso específico, dos componentes dos sistemas ETICS), por parte das empresas que os produzem e/ou comercializam. Estes dados seriam fundamentais para a criação de uma base de dados representativa que permitisse comparar e validar os resultados obtidos e também para planear e desenvolver intervenções associadas à execução, gestão, exploração e manutenção dos edifícios e dos seus componentes, estimando os respectivos custos através de informação recolhida junto dos intervenientes nestes processos [SOUSA, 2008; SILVA, 2009 e CHAI, 2011].

A metodologia adoptada no presente estudo pode ser aplicada a novas amostras de edifícios revestidos por materiais diferentes dos analisados e também a outros componentes da construção, tentando assim validar o modelo utilizado [CHAI *et al.*, 2014 e GALBUSERA *et al.*, 2015].

Por fim, sugere-se a exploração de uma forma de integrar fenómenos discretos (impactos acidentais ou acções de vandalismo que não são susceptíveis de ser modelados) em estudos posteriores sobre o desempenho e durabilidade de revestimentos. Emídio (2012) propõe a introdução de um coeficiente de ponderação que, de forma legítima, permita traduzir a probabilidade de ocorrência destas anomalias em função, por exemplo, da localização do edifício.

### **6.3.2. Método factorial**

Relativamente à aplicação do método factorial, existem alguns aspectos que podem ser desenvolvidos, visando a sua estruturação e a melhoria dos resultados obtidos. Uma das limitações mais referidas do método factorial é a sua falta de sensibilidade à incerteza resultante da multiplicidade de fenómenos intervenientes na degradação dos revestimentos. Esta limitação condiciona o resultado obtido, que representa o limite expectável da vida útil do revestimento, não fornecendo dados sobre a dispersão existente e sobre o grau de risco envolvido [GASPAR, 2002 e CECCONI, 2004]. Face ao referido, seria interessante integrar uma análise aproximada do nível de risco associado aos factores e níveis de degradação considerados no estudo efectuado [CHAI *et al.*, 2014], e até incluir uma análise de custos associados à quantificação de degradação dos revestimentos em função dos vários factores, de forma a introduzir maior rigor à metodologia adoptada.

Quanto aos factores modificadores, parâmetros fundamentais para a utilização da metodologia, propõe-se a introdução de novas variáveis na fórmula base, sobretudo no que respeita aos factores relacionados com a concepção, aplicação e características intrínsecas dos ETICS e também com as características de utilização. Embora algo complexo, este novo estudo poderia ser suportado por investigações laboratoriais pela via de ensaios, com o intuito de reconhecer as características preferenciais dos sistemas ETICS, a compatibilidade e a interacção entre os produtos utilizados e o desempenho esperado dos revestimentos em determinadas condições de utilização. Um exemplo de um novo subfactor a adicionar à análise seria a existência ou não, em condições adequadas, de elementos construtivos como caleiras, tubos de queda e caixilharias nas janelas, entre outros, que permitissem um escoamento correcto da água da chuva. A consideração deste factor, entre outros



passíveis de ser analisados, seria importante para avaliar a influência deste tipo de disposições na degradação dos revestimentos, uma vez que a instalação inadequada destes elementos favorece a ocorrência de alterações significativas provocadas pelas escorrências directas da água.

Outro aspecto a considerar, também referido por Emídio (2012) e Galbusera (2013), é a distinção hierárquica dos factores modificadores aplicáveis, conseguida através de estudos aprofundados sobre a real influência de cada um no desempenho de revestimentos do tipo ETICS e da sua forma de actuação, traduzindo-se na consequente atribuição de coeficientes que traduzam essa hierarquia. Também a fórmula de cálculo pode ser alvo de alterações visando a sua melhor aplicabilidade. Refere-se, por exemplo, o reconhecimento de novas formas de combinação dos factores, através de outras operações para além da multiplicação [RUDBECK, 1999]. Como a identificação e a quantificação dos factores é algo subjectiva, quando se considera diversos cenários, verifica-se que, na comparação dos casos, existem consideráveis diferenças nos resultados finais que poderiam ser minimizadas através da consideração de outras formas de relacionar as variáveis admitidas. A título de exemplo, observa-se, no factor relacionado com as características do ambiente exterior, que, se os cinco subfactores envolvidos no processo fossem favoráveis, a vida útil de referência do revestimento seria multiplicada pelas diversas variáveis, fornecendo um valor muito pouco provável ( $21 \times 1,2^5 = 52,3$  anos). Uma conclusão idêntica, ainda que de cariz oposto, seria também atingida se se considerasse que todos os subfactores eram desfavoráveis. Emídio (2012) admite ainda a hipótese de aplicação de coeficientes de ponderação, mantendo assim as operações base utilizadas na fórmula de durabilidade.

## Bibliografia

### A

ALVES, Sérgio; SOUSA, Hipólito de - *Paredes exteriores de edificios em pano simples*. Lisboa: Editora Lidel, 2003.

AMARO, Bárbara - *Sistemas de inspeção e diagnóstico de ETICS em paredes*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Setembro de 2011.

ANSELMO, Paulo - *Previsão da vida útil de rebocos de fachadas de edificios antigos. Metodologia baseada na inspeção de edificios em serviço*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Outubro de 2011.

Architectural Institute of Japan - *The English Edition of Principal Guide for Service Life Planning of Buildings*. 1993.

### B

BARREIRA, Eva; FREITAS, Vasco - *External Thermal Insulation Composite Systems: Critical parameters for surface hygrothermal behaviour*. Advances in Materials Science and Engineering, Article ID 650752, Porto, Fevereiro de 2014, pp. T 16.

BOJAN, Adrian; ACIU, Claudiu - *Optimal technologies for external thermal insulation with polystyrene panels for different support materials*. In 8<sup>th</sup> International Conference on Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG 2014, Tirgu-Mures, Outubro de 2014, pp. 512-517.

BRANDT, E., RASMUSSEN, M. - *Assessment of building conditions*. Energy and Buildings; 34 (2), 2002, pp.121-125.

BSI 7543 - *Guide to durability of buildings and building elements, products and components*. British Standards Institution, Londres, 1992.

### C

CECCONI, Fulvio Re - *Performances lead the way to service life prediction*. In 9<sup>th</sup> DBMC International Conference on the Durability of Buildings Materials and Components, Brisbane, 2002, pp. 570-582.

CECCONI, Fulvio Re - *Engineering method for service life planning: the evolved factor method*. In 16<sup>th</sup> CIB World Building Congress, Toronto, Maio de 2004, pp. T 11.

CHAI, Cristina - *Previsão da vida útil de revestimentos de superfícies pintadas em paredes exteriores*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Maio de 2011.

CHAI, Cristina; BRITO, Jorge de; GASPAR, Pedro; SILVA, Ana - *Predicting the service life of external wall painting: a techno-economic analysis of alternative maintenance strategies*. Journal of Construction Engineering and Management, Volume 140(3), CID: 04013057, 2014, pp. T 29.

CSA S478-95 *Guideline on Durability in Buildings*. Canadian Standards Association, Etobicoke, 1995.

CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment – *Isolation par l'extérieur*. Paris: CSTB magazine, suplement à la livraison CSTB n.º 224, Novembro de 1981.

## D

DANIOTTI, Bruno - *Durability evaluation and control to prevent building pathologies*. In 2º Simpósio Internacional sobre Patologia, Durabilidade e Reabilitação dos Edifícios, LNEC, Lisboa, 2003, pp. 97-105.

Directiva Europeia 89/106/CEE - Directiva dos Produtos de Construção, Dezembro de 1988.

Directivas UEAtc para a homologação de sistemas de isolamento térmico exterior de fachadas por revestimento delgado sobre isolante, LNEC - Laboratório de Engenharia Civil, Lisboa, 1980.

Dryvit Sold, Construction Dimensions, Abril de 1990.

## E

EAE (European Association for External Thermal Insulation Composite Systems) - *European Guideline for the Application of ETICS*. Baden - Baden, Março de 2011.

EMÍDIO, Filipa - *Aplicação do método factorial à previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Junho de 2012.

EMÍDIO, Filipa; BRITO, Jorge de; GASPARG, Pedro; SILVA, Ana - *Application of the factor method to the estimation of the service life of natural stone cladding*. Construction and Building Materials, Volume 66, 2014, pp. 481-493.

ETA-10/0016 - *External thermal insulation composite systems with rendering on polystyrene for use as external insulation to walls of buildings*. Janeiro de 2010.

ETAG 004 - *Guideline for European technical approval of external thermal insulation composite systems with rendering*. Março de 2000.

## F

FALORCA, Jorge - *Modelo para plano de inspeção e manutenção em edifícios correntes*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2004.

FERNANDES, Claribel - *Soluções para integração arquitectónica do sistema ETICS em reabilitação*. Dissertação de Mestrado em Arquitectura. Lisboa, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Julho de 2010.

FLOURENTZOU, F.; BRANDT, E.; WETZEL, C. - *MEDIC - A method for predicting residual service life and refurbishment investment budgets*. In 8<sup>th</sup> DBMC International Conference on the Durability of Building Materials and Components, Vancouver, 1999, pp. 1280-1288.

FLOURENTZOU, F.; BRANDT, E.; WETZEL, C. - *MEDIC - A method for predicting residual service life and refurbishment investment budgets*. Energy and Buildings; 31 (2), 2000, pp. 167-170.

FREITAS, Vasco - *Isolamento térmico de fachadas pelo exterior - Reboco delgado armado sobre poliestireno expandido - ETICS*. MAXIT - Tecnologias de construção e renovação, Lda. (sistema "HOTSkin"), Relatório - HT 191A/02, Porto, Dezembro de 2002, pp. T 64.

FREITAS, Vasco; GONÇALVES, Pedro - *Isolamento térmico de fachadas pelo exterior - Reboco delgado armado sobre poliestireno expandido - ETICS*. In FEUP - Formação contínua, Outubro de 2005.

FREITAS, Vasco; MIRANDA, Andreia - *Patologias de sistemas de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS*. APFAC - Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS, Relatório LFC-IC-282A-2014, Porto, 2014, pp. T 37.

FREITAS, Vasco; SOUSA, Marília; ABRANTES, Vítor - *Survey of the durability of façades of 4000 dwellings in northern Portugal*. In 8<sup>th</sup> DBMC International Conference on the Durability of Building Materials and Components, Ottawa, 1999, pp. 1040-1050.

## G

GALBUSERA, Matteo - *Application of the factor method to the prediction of the service life of ceramic external wall claddings*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Abril de 2013.

GALBUSERA, Matteo; BRITO, Jorge de; SILVA, Ana - *Application of the Factor Method to the Prediction of the Service Life of Ceramic External Wall Cladding*. Journal of Performance of Constructed Facilities, Volume 29 (3), CID: 04014086, Junho de 2015, pp.T 30.

GARRIDO, Mário - *Previsão de vida útil de pinturas de fachadas de edifícios antigos. Metodologia baseada na inspeção de edifícios em serviço*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Dezembro de 2010.

GASPAR, Pedro - *Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*. Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Dezembro de 2002.

GASPAR, Pedro - *Vida útil das construções: desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção. Aplicação a rebocos de edifícios correntes*. Dissertação de Doutoramento em Ciências da Engenharia. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Maio de 2009.

GASPAR, Pedro; BRITO, Jorge de - *Modelo de degradação de rebocos*. Engenharia Civil, n.º 24, Universidade do Minho, 2005, pp. 17-27.

GASPAR, Pedro; BRITO, Jorge de - *Limit states and service life of cement renders on façades*. Journal of Materials in Civil Engineering, Volume 23 (10), 2011, pp. 1396-1404.

## H

HOFBAUER, Wolfgang; FITZ, Cornelia; KRUS, Martin; SEDLBAUER, Klaus; BREUER, Klaus -*Prognoseverfahren zum biologischen Befall durch Algen, Pilze und Flechten an Bauteiloberflächen auf der Basis bauphysikalischer und mikrobieller Untersuchungen*. In Bauforschung für die Praxis, Volume 77, Fraunhofer IRB Verlag, Estugarda, 2006.

HOVDE, Per Jostein - *Factor methods for service life prediction*. CIB W080 / RILEM 175 SLM: Service Life Methodologies Prediction of service life for Buildings and Components, Task Group: Performance based methods of service life prediction, Trondheim, 2004, pp. 1-51.

## I

INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA, 2015. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/index.html> [consultado no dia 06/03/2015].

ISO 15685-1 - *Buildings and constructed assets: Service life planning - Part 1: General principles and framework*. International Standard Organization, Geneva, 2000.

ISO 15686-2, *Building and constructed assets: Service life planning - Part 2: Service life prediction procedures*. International Standard Organization, Geneva, 2001.

## K

KOČÍ, Václav; MADĚRA, Jiří; ČERNÝ, Robert - *Exterior thermal insulation systems for AAC building envelopes: Computational analysis aimed at increasing service life*. Energy and Buildings, 2012, pp. 84-90.

KRUS, M.; RÖSLER, D.; SEDLBAUER, K. - *New model for the hygrothermal calculation of condensate on the external building surface*. Proceedings of the Third International Building Physics Conference – Research in Building Physics and Building Engineering, Concordia University, Montreal, Agosto de 2006, pp. 329-333.

KÜNZEL, Hartwig; KRUS, Martin; FITZ, Cornelia; HOFBAUER, Wolfgang; SCHERER, Christian; BREUER, Klaus - *Accelerated Test Procedure to Assess the Microbial Growth Resistance of Exterior Finishes*. In 12<sup>th</sup> DBMC International Conference on the Durability of Building Materials and Components, Porto, Abril de 2011, pp. T 8.

KÜNZEL, Helmut; SEDLBAUER, Klaus - *Biological growth on stucco*. In Proceedings of Performance of Exterior Envelopes of Whole Buildings VIII: Integration of Building Envelopes, ASHRAE, Clearwater Beach, Dezembro de 2001, pp.T 5.

## L

LACASSE, M.A.; SJÖSTRÖM, C. - *Recent advances in methods for service life prediction of buildings materials and components - an overview*. CIB World Building Congress, Toronto, 2004, pp. 1-10.

LAIR, Jérôme; CHEVALIER, J.L.; RILLING, J. - *Operational methods for implementing durability in service life planning framework*. CIB World Building Congress, paper 176, Wellington, 2001, pp. T 10.

LEIRA, B.; LINGDGARD, J.; NESJE, A.; SUND, E; SÆGROV, S. - *Degradation analysis by statistical methods*. In 8<sup>th</sup> DBMC International Conference on the Durability of Building Materials and Components, Volume I, Vancouver, 1999, pp. 1436-1446.

LINDE, Michael - *EIFS inspection report*. To Northwest Building Inspections, Inc. 2007, pp. T 16.

LOPES, Tiago - *Fenómenos de pré-patologia em manutenção de edifícios. Aplicação ao revestimento ETICS*. Dissertação de Mestrado em Arquitectura. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Dezembro de 2005.

LOUNIS, Z.; LACASSE, M.A.; VANIER, D.J.; KYLE, B.R. - *Towards Standardization of Service Life Prediction of Roofing Membranes*. In Wallace, T. J., and Rossiter, W.J. Jr., eds, Roofing Research and Standards Development, 4<sup>th</sup> Volume, ASTM STP 1349. American Society for Testing and Materials, 1998.

## M

MAJOR, Michael J. - *Endurance and achievement: the life of Francesco Pietro Morsilli*. *Constructions Dimension*, January 1995, T pp. 1-7.

MARTEINSSON, B.; JÓNSSON, B. - *Overall survey of buildings - performance and maintenance*. In 8<sup>th</sup> DBMC International Conference on the Durability of Building Materials and Components, Ottawa, 1999, pp. 1634-1654.

MASTERS, Larry W.; BRANDT, Erik - *Prediction of service life of building materials and components*. *Materials and Structures*, Volume 19 (6), 1986, pp. 417-422.

McDULING, Johannes; HORAK, Emile; CLOETE, Chris - *Service Life Prediction Beyond the 'Factor Method'*. In 11<sup>th</sup> DBMC International Conference on the Durability of Building Materials and Components, Istanbul, Maio de 2008, pp. T 42.

MENDÃO, Juliana - *Sistema ETICS - influência no comportamento térmico dos edifícios. Um caso de estudo*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, Maio de 2011.

MIYAMOTO, Ayaho - *Japanese strategy of life-cycle management in civil infrastructure systems*. In 2<sup>nd</sup> International Symposium - Integrated Life-time Engineering of Buildings and Civil Infrastructures, Kuopio, 2003, pp. 1-6.

MOREIRA, Nelson; TEODÓSIO, Sofia; PEREIRA, Vasco; SILVA, Luís; FRADE, Dina - *Patologias de sistemas de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS*. APFAC - Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS, Porto, Janeiro de 2015, pp. T 64.

MOSER, K. - *Towards the practical evaluation of service life - Illustrative application of the probabilistic approach*. In 8<sup>th</sup> DBMC International Conference on the Durability of Building Materials and Components, Vancouver, 1999, pp. 1319-1329.

MOSER, K. - *Engineering design methods for service life prediction*. CIB W080/ RILEM 175 SLM: Service life methodologies prediction of service life for buildings and components, Trondheim, 2004, pp. 59-102.

MOURA, Cristina - *Aplicação de revestimento térmico pelo exterior tipo ETICS associado a revestimento cerâmico*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Junho de 2012.

## N

NOORTWIJK, Jan; FRANGOPOL, Dan - *Deterioration and maintenance models for insuring safety of civil infrastructures at lowest life-cycle cost*. *Life-cycle performance of deterioration structures: assessment, design and management*, edited by Dan M. Frangopol, Eugen Bruhwiler, Michael H. Faber and Bryan Adey, American Society of Civil Engineers (ASCE), 2004, pp. 384-391.

## O

OLIVEIRA, José - *Metodologia de análise de patologia de fachadas de edifícios recentes com sistemas ETICS*. Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Gestão das Construções. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, Setembro de 2011.

## P

PACZKOWSKI, Nicola - *External Thermal Insulation Composite System (ETICS) for the refurbishment of an existing detached house in Germany*. ICCA-WBCSD Avoided Emissions Guidance Case Study, BASF SE, 2013, pp.T 9.

PENCILLE, Douglas - *EIFS Facts*. DSP Structural Consultants, LLC. Rochester, 1998-2000.

PEREIRA, Vasco; SEQUEIRA, Pedro; BARRETO, Joana; SILVA, Luís - *O sistema ETICS como técnica de excelência na reabilitação de edifícios na segunda metade do século XX*. In 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção - APFAC, 2007. Comunicação n.º 30, pp. T 11.

PESSOA, Júlio - *Análise da influência das pontes térmicas nos edifícios residenciais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Setembro de 2011.

## R

RCCTE - Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios - Diário da República - 1ª série, n.º 118, Decreto-Lei n.º 159 de 20 de Agosto de 2013.

*Regras para a concessão de uma aprovação técnica europeia (ETA) ou de um documento de homologação (DH) a sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS)*. Departamento de Edifícios - Núcleo de Revestimentos e Isolamentos. Lisboa: LNEC, Dezembro de 2010.

*Regras para a concessão de um documento de homologação (DH) a sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) com acabamento de ladrilhos cerâmicos*. Departamento de Edifícios - Núcleo de Revestimentos e Isolamentos. Lisboa: LNEC, Maio de 2013.

RUDBECK, Claus - *Service life of building envelope components: making it operational in economical assessment*. Construction and Buildings Materials, Volume 16, 2002, pp. 83-89.

RUDBECK, Claus - *Assessing the service life of building envelope constructions*. In 8<sup>th</sup> DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Ottawa, 1999, pp. T 11.

## S

SARAIVA, Diogo Malho Santos - *Tecnologia e reabilitação de ETICS em paredes*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Setembro de 2011.

SHOHET, Igal; PACIUK, Monica - *Service life prediction of exterior cladding components under standard conditions*. Construction Management and Economics, Volume 22 (10), 2004, pp. 1081-1090.

SHOHET, I.; PUTERMAN, M.; GILBOA, E.- *Deterioration patterns of building cladding components for maintenance management*. Construction Management and Economics, Volume 20 (4), 2002, pp. 305-314.

SHOHET, I.; ROSENFELD, Y.; PUTERMAN, M.; GILBOA, E. - *Deterioration patterns for maintenance management - A methodological approach*. In 8<sup>th</sup> DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Ottawa, 1999, pp. 1666- 1678.

SILVA, Ana - *Previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Outubro de 2009.

SILVA, Ana; BRITO, Jorge de; GASPARG, Pedro - *Application of the factor method to maintenance decision support for stone cladding*. Automation in Construction, Volume 22, 2012, pp. 165-174.

SILVA, José Mendes da; FALORCA, Jorge - *A model plan for buildings maintenance with application in the performance analysis of a composite facade cover*. Construction and Building Materials, Volume 23, Outubro de 2009, pp.3248–3257.

SOUSA, Rita - *Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachada*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Outubro de 2008.

SULAKATKO, Virgo; LILL, Irene; SOEKOV, Erki; ARHIPOVA, Riina; WITT, Emlyn; LIISMA, Eneli - *Towards Nearly Zero-Energy Buildings through analyzing reasons for degradation of facade*. In 4<sup>th</sup> International Conference on Building Resilience, Salford Quays, Setembro de 2014, pp. 592- 600.

## T

TALON, Aurélie; BOISSIER, Daniel; CHEVALIER, Jean-Luc; HANS, J. - *Temporal quantification method of degradation scenarios based on FMEA*. In 10<sup>th</sup> DBMC International Conference on the Durability of Building Materials and Components, Lyon, 2005, pp. 554-561.

TEO, Evelyn; CHEW, Yit Lin; HARIKRISHNA, Narasimhan - *An assessment of factors affecting the service life of external paint finish on plastered facades*. In 10<sup>th</sup> DBMC International Conference on the Durability of Building Materials and Components, Lyon, 2005, pp. 4-152.

## V

VEIGA, Maria do Rosário - *Revestimentos de isolamento térmico de fachadas com base em argamassa: comportamento e avaliação da qualidade*. Tektónica 2010 - Contribuição das Argamassas e dos ETICS para a Eficiência Energética dos Edifícios. Lisboa: LNEC, Maio de 2010.

VEIGA, Maria do Rosário; MALANHO, Sofia - *Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS):Comportamento global e influência dos componentes*. In 3<sup>o</sup> Congresso Português de argamassas de construção, Lisboa, 2010. Sessão Plenária 1, pp. T 12.

VEIGA, Maria do Rosário; MALANHO, Sofia - *ETICS e argamassas térmicas: novos desafios de desempenho e sustentabilidade*. Tektónica 2012 - Fachadas energeticamente eficientes: contribuição dos ETICS/Argamassas Térmicas. Lisboa: LNEC, Maio de 2012.

VEIGA, Maria do Rosário; MALANHO, Sofia - *Os ETICS como sistemas multifuncionais*. Tektónica 2014 - Fachadas energeticamente eficientes: contribuição dos ETICS e Argamassas Térmicas. Lisboa: LNEC, Maio de 2014.

## W

WEBER - Ficha técnica do sistema *weber.therm classic* - *Sistema de isolamento exterior em fachadas (do tipo ETICS), baseado em placas de poliestireno expandido moldado (EPS)*. Sistema com Aprovação Técnica Europeia EOTA LNEC - ETA 11/0287. *Saint - Gobain Weber Portugal S.A., Zona Industrial de Taboeira, Aveiro, 2012.*



WEBER - *Revestimentos exteriores. Guia para a reabilitação*. Projecto "Cooperar para Reabilitar", InovaDomus, 2013, pp. T 80.

WESTBERG, K; NORÉN, J.; KUS, H. - *On using available environmental data in service life estimations*. Building Research and Information, Volume 29(6), 2001, pp. 428-439.

## **X**

XIMENES, Sofia - *Previsão da vida útil de ETICS em paredes exteriores*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Outubro de 2012.

XIMENES, Sofia; BRITO, Jorge de; GASPAR, Pedro; SILVA, Ana - *Modelling the degradation and service life of ETICS in external walls*. Materials and Structures, Volume 48 (7), Julho de 2015, pp. 2235-2249.

## **Z**

ZILLIG, W.; LENZ, K.; SEDLBAUER, K.; KRUS, M. - *Condensation on façades – influence of construction type and orientation*. Research in Building Physics, Leuven, 2003, pp. 437- 444.

## Anexos

---

## Anexo I - Ficha de inspeção e diagnóstico

Ficha de inspeção n.º:

Data de inspeção:

### I- Características gerais e tipologia do edifício

Endereço:
Ano de aplicação:
Tipo de envolvente: Urbana <input type="checkbox"/> Rural <input type="checkbox"/> Marítima <input type="checkbox"/> Outra <input type="checkbox"/>
Utilização Predominante: Habitação <input type="checkbox"/> Comércio <input type="checkbox"/> Serviços <input type="checkbox"/> Outros <input type="checkbox"/>
Número de pisos acima do solo:
Configuração volumétrica: Compacta <input type="checkbox"/> Irregular <input type="checkbox"/>
Número de fachadas inspeccionadas:

### II- Características gerais das fachadas

Tipo de fachada: Frontal <input type="checkbox"/> Tardoz <input type="checkbox"/> Lateral <input type="checkbox"/>
Orientação da fachada: Norte <input type="checkbox"/> Sul <input type="checkbox"/> Este <input type="checkbox"/> Oeste <input type="checkbox"/>
Área da fachada com ETICS (em m <sup>2</sup> ):
Número de fachadas inspeccionadas:

### III- Características gerais dos revestimentos ETICS

Tipo de revestimento: Tradicional <input type="checkbox"/> Cerâmico <input type="checkbox"/> Reforçado <input type="checkbox"/> Outro <input type="checkbox"/>
Tipo de acabamento:
Cor do acabamento:
Tipo de remate inferior:

### IV- Condições ambientais

Exposição aos agentes poluentes: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Ação da chuva e do vento: Suave <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> Severa <input type="checkbox"/>
Exposição à humidade: Elevada <input type="checkbox"/> Reduzida <input type="checkbox"/>
Proximidade do mar: <1 km <input type="checkbox"/> >1 km/ <5 km <input type="checkbox"/> >5 km <input type="checkbox"/>

### V- Condições de manutenção

Manutenção regular: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Data da última reparação:

Anomalias existentes		Nível de degradação				Localização (*)				Causas prováveis (**)				Área afectada (%)	Observações relevantes
		1	2	3	4	ZA	ZNA	A	PA	i	ii	iii	iv		
Manchas e alterações cromáticas e/ou de textura	Manchas de origem biológica														
	Manchas de sujidade														
	Manchas de humidade														
	Eflorescências														
	Marcas de escorrências														
	Manchas de oxidação														
	Líquenes e algas														
Perda de integridade	Fissuração														
	Deterioração das cantoneiras de reforço														
Perda de aderência	Empolamento														
	Destacamento														
Anomalias nas juntas	Fissuração nas juntas														
	Visualização das juntas entre placas associada a sujidade														
	Visualização das juntas entre placas associada a humidade														

Aspecto global da fachada				
Inalterado	Bom	Degradação ligeira	Degradação moderada	Degradação generalizada

**Localização (\*):**

ZA - Zona acessível (até 2 m de altura)

ZNA - Zona não acessível

A- Arestas

PA - Próximo de uma abertura

**Causas prováveis (\*\*):**

i - Factores ambientais

ii - Características gerais do edifício

iii - Características do material utilizado

iv - Acções humanas

**Anexo II - Caracterização da zona e das construções analisadas**

Designação	Endereço	Data da última grande intervenção	Tipo de envolvente	Tipo de utilização	N.º de pisos acima do solo	Configuração volumétrica	Exposição aos agentes poluentes	Acção da chuva - vento	Exposição à humidade	Proximidade do mar
Ed 1	Avenida Mouzinho de Albuquerque, Lisboa	2003	Urbana	Habitação	8	Compacta	Alta	Severa	Alta	> 5 km
Ed 2	Avenida José Malhoa, Lisboa (Hotel IBIS Lisboa José Malhoa)	2002	Urbana	Serviços	14	Compacta	Alta	Severa	Baixa	> 5 km
Ed 3	Tagus Park, Oeiras	2008	Outra	Outros	3	Compacta	Baixa	Severa	Baixa	> 1 km e < 5 km
Ed 4	Rua Sílvio Lima, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Polo II (Dep. Eng. Eletrónica e de Computadores)	1996	Rural	Serviços	Entre 1 a 5	Irregular	Baixa	Severa	Alta	> 5 km
Ed 5	Rua Sílvio Lima, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Polo II (Dep. Eng. Informática)	1994	Rural	Serviços	Entre 2 a 5	Irregular	Baixa	Severa	Alta	> 5 km
Ed 6	Rua Sílvio Lima, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Polo II (Dep. Eng. Civil)	2000	Rural	Serviços	Entre 1 a 4	Irregular	Baixa	Severa	Alta	> 5 km
Ed 7	Via panorâmica s/ n.º, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, Porto	1989	Rural	Serviços	Entre 1 a 4	Irregular	Baixa	Moderada	Alta	> 1 km e < 5 km
Ed 8	Rua do Mondego, Porto (Bairro do Outeiro)	2007	Urbana	Habitação	5	Compacta	Baixa	Severa	Baixa	> 5 km
Ed 9	Rua de Capitão Salgueiro Maia, Porto (Cooperativa Habitacional de Massarelos)	2009	Urbana	Habitação	4	Compacta	Baixa	Moderada	Alta	> 1 km e < 5 km
Ed 10	Rua Dr. Plácido da Costa, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto (Dep. De Engenharia)	1999	Urbana	Serviços	Entre 1 a 5	Irregular	Baixa	Severa	Baixa	> 5 km
Ed 11	Rua Dr. Roberto Frias, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto (INESC Porto - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto)	2002	Urbana	Serviços	5	Compacta	Baixa	Severa	Baixa	> 5 km

Designação	Endereço	Data da última grande intervenção	Tipo de envolvente	Tipo de utilização	N.º de pisos acima do solo	Configuração volumétrica	Exposição aos agentes poluentes	Ação da chuva - vento	Exposição à humidade	Proximidade do mar
Ed 12	Rua do Dr. Plácido da Costa, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto (Cantina)	2002	Urbana	Serviços	2	Compacta	Baixa	Severa	Baixa	> 5 km
Ed 13	Quinta Verde, São Martinho, Sintra (Urbanização Quinta Verde)	1996	Rural	Habituação	2	Irregular	Baixa	Severa	Baixa	< 5 km
Ed 14	Rua Alves Redol, 45, Vila Franca de Xira (Museu do Neo-Realismo)	2007	Urbana	Serviços	4	Compacta	Alta	Moderada	Alta	> 5 km
Ed 15	Av. D. João II, Lote 4.70.02, Residência Universitária Eng.º Duarte Pacheco, Parque das Nações Norte	1998	Urbana	Habituação	3	Compacta	Alta	Moderada	Alta	> 5 km
Ed 16	Empreendimento Alto da Mira, Amadora	2005	Urbana	Habituação	4	Compacta	Alta	Severa	Baixa	> 5 km
Ed 17	Av. D José I, n.º 65, Amadora	2011	Urbana	Habituação	5	Compacta	Alta	Severa	Baixa	> 5 km
Ed 18	Urbanização Encosta do Mosteiro, Restelo	2006	Urbana	Habituação	5	Irregular	Alta	Severa	Baixa	> 5 km
Ed 19	Escola Básica e Jardim de Infância de São Silvestre do Gradil, pavilhão principal, Mafra	2010	Rural	Serviços	2	Compacta	Baixa	Suave	Baixa	> 5 km
Ed 20	Escola Básica e Jardim de Infância de São Silvestre do Gradil, bloco da recepção, Mafra	2010	Rural	Serviços	1	Compacta	Baixa	Suave	Baixa	> 5 km
Ed 21	Escola Básica e Jardim de Infância de São Miguel de Alcainça, Mafra	2010	Rural	Serviços	2	Compacta	Alta	Suave	Baixa	> 5 km
Ed 22	Lar Casa Alapraia, lote 190 A, São João do Estoril	2009	Urbano	Habituação	2	Compacta	Baixa	Suave	Baixa	> 1 km e < 5 km
Ed 23	Lar Casa Alapraia, Lote 190 B, São João do Estoril	2009	Urbano	Habituação	2	Compacta	Baixa	Suave	Baixa	> 1 km e < 5 km
Ed 24	Posto de abastecimento da Galp, Bucelas	2011	Urbana	Serviços/ Comércio	1	Compacta	Alta	Suave	Baixa	> 5 km
Ed 25	Rua Madre Maria Clara, n.º 33, Queijas	2010	Rural	Habituação	2	Compacta	Baixa	Suave	Baixa	> 5 km
Ed 26	Rua Beatriz Costa, n.º 18, Alfragide	2011	Urbana	Habituação/ Comércio	4	Compacta	Alta	Moderada	Baixa	> 5 km
Ed 27	"Casa - Laboratório Termicamente Optimizada", Porto	1984	Urbana	Outro	2	Compacta	Baixa	Suave	Baixa	> 1 km e < 5 km
Ed 28	Conjunto Habitacional de Bouça, Rua da Boavista, Porto	2006	Urbana	Habituação	4	Irregular	Alta	Moderada	Baixa	> 5 km

### Anexo III - Caracterização dos revestimentos analisados

Designação	Ano	Tipo de fachada	Orientação da fachada	Área com ETICS (m <sup>2</sup> )	Tipo de revestimento	Textura do acabamento	Cor do acabamento	Remate inferior
Ed 1A	2003	Lateral	Norte	200	Tradicional	Rugoso	Creme	Perfil de arranque elevado
Ed 1B	2003	Tardoz	Oeste	600	Tradicional	Rugoso	Creme	Perfil de arranque elevado
Ed 1C	2003	Frontal	Oeste	600	Tradicional	Rugoso	Creme	Perfil de arranque elevado
Ed 1D	2003	Frontal	Oeste	600	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado
Ed 1E	2003	Tardoz	Oeste	600	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado
Ed 1F	2003	Lateral	Norte	360	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado
Ed 1G	2003	Tardoz	Oeste	600	Tradicional	Rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 1H	2003	Frontal	Oeste	600	Tradicional	Rugoso	Creme	Perfil de arranque elevado
Ed 1I	2003	Frontal	Oeste	600	Tradicional	Rugoso	Rosa	Perfil de arranque elevado
Ed 1J	2003	Tardoz	Oeste	600	Tradicional	Rugoso	Salmão	Perfil de arranque elevado
Ed 1L	2003	Lateral	Sul	360	Tradicional	Rugoso	Salmão	Perfil de arranque elevado
Ed 3A	2008	Lateral	Nordeste	350	Tradicional	Liso	Branco	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 3B	2008	Tardoz	Noroeste	80	Tradicional	Liso	Branco	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 3C	2008	Tardoz	Noroeste	80	Tradicional	Liso	Branco	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 3D	2008	Lateral	Sudoeste	350	Tradicional	Liso	Branco	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 3E	2008	Frontal	Sudeste	320	Tradicional	Liso	Branco	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 4A	1996	Lateral	Este	400	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 4B	1996	Frontal	Sul	230	Tradicional	Rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 4C	1996	Frontal	Sudoeste	160	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 4D	1996	Frontal	Sudeste	130	Tradicional	Rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 4E	1996	Tardoz	Sudoeste	170	Tradicional	Rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 4F	1996	Lateral	Noroeste	520	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 4G	1996	Tardoz	Nordeste	40	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 4H	1996	Tardoz	Nordeste	50	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 4I	1996	Tardoz	Nordeste	65	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 5A	1994	Frontal	Sul	800	Tradicional	Rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado

Designação	Ano	Tipo de fachada	Orientação da fachada	Área com ETICS (m <sup>2</sup> )	Tipo de revestimento	Textura do acabamento	Cor do acabamento	Remate inferior
Ed 5B	1994	Lateral	Oeste	400	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 5C	1994	Lateral	Este	250	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 5D	1994	Lateral	Oeste	200	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 5E	1994	Lateral	Este	200	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 5F	1994	Lateral	Oeste	200	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 5G	1994	Lateral	Este	200	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 5H	1994	Lateral	Este	200	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 5I	1994	Lateral	Este	400	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 6A	2000	Tardoz	Norte	210	Reforçado	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 6B	2000	Lateral	Oeste	200	Reforçado	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 6C	2000	Lateral	Oeste	700	Reforçado	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 6D	2000	Tardoz	Norte	80	Reforçado	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 6E	2000	Lateral	Este	270	Reforçado	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 6F	2000	Tardoz	Este	110	Reforçado	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 6G	2000	Lateral	Oeste	280	Reforçado	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 6H	2000	Frontal	Sul	150	Reforçado	Rugoso	Branco	Parede de betão seguida de soco em pedra
Ed 6I	2000	Frontal	Sul	240	Reforçado	Rugoso	Branco	Fachada elevada
Ed 6J	2000	Frontal	Sul	180	Reforçado	Rugoso	Branco	Parede de betão seguida de soco em pedra
Ed 7A	1989	Frontal	Sudeste	360	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7B	1989	Frontal	Sudeste	270	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7C	1989	Frontal	Sul	140	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7D	1989	Lateral	Este	45	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7E	1989	Tardoz	Norte	200	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7F	1989	Tardoz	Oeste	60	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7G	1989	Tardoz	Noroeste	175	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7H	1989	Tardoz	Noroeste	465	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7I	1989	Lateral	Sudoeste	75	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra



Designação	Ano	Tipo de fachada	Orientação da fachada	Área com ETICS (m <sup>2</sup> )	Tipo de revestimento	Textura do acabamento	Cor do acabamento	Remate inferior
Ed 7J	1989	Frontal	Sudeste	80	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7L	1989	Lateral	Sudoeste	55	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7M	1989	Frontal	Noroeste	80	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7N	1989	Frontal	Noroeste	85	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7O	1989	Frontal	Noroeste	90	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7P	1989	Frontal	Noroeste	100	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7Q	1989	Lateral	Nordeste	140	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7R	1989	Lateral	Nordeste	140	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7S	1989	Lateral	Nordeste	170	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7T	1989	Lateral	Nordeste	190	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7U	1989	Tardoz	Sudeste	250	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7V	1989	Tardoz	Sudeste	130	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7X	1989	Tardoz	Sudeste	140	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7Z	1989	Tardoz	Sudeste	155	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7AA	1989	Lateral	Sudoeste	80	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7BB	1989	Lateral	Sudoeste	140	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7CC	1989	Lateral	Sudoeste	170	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7DD	1989	Lateral	Sudoeste	190	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7EE	1989	Frontal	Noroeste	140	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7FF	1989	Lateral	Sudoeste	60	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7GG	1989	Frontal	Sudeste	90	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7HH	1989	Frontal	Sudeste	20	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7II	1989	Lateral	Sudoeste	10	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7JJ	1989	Tardoz	Noroeste	50	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 7LL	1989	Lateral	Nordeste	10	Tradicional	Rugoso	Branco	Soco em pedra
Ed 8A	2007	Lateral	Oeste	120	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8B	2007	Tardoz	Sul	495	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo

Designação	Ano	Tipo de fachada	Orientação da fachada	Área com ETICS (m <sup>2</sup> )	Tipo de revestimento	Textura do acabamento	Cor do acabamento	Remate inferior
Ed 8C	2007	Frontal	Oeste	360	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8D	2007	Lateral	Sul	150	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8E	2007	Tardoz	Este	385	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8F	2007	Lateral	Norte	100	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8G	2007	Lateral	Este	100	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8H	2007	Frontal	Norte	540	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8I	2007	Lateral	Este	70	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8J	2007	Frontal	Norte	190	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8L	2007	Frontal	Norte	190	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8M	2007	Frontal	Norte	190	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8N	2007	Frontal	Norte	190	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8O	2007	Frontal	Este	130	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8P	2007	Lateral	Norte	95	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 8Q	2007	Tardoz	Oeste	200	Tradicional	Pouco rugoso	Amarelo	Perfil de arranque elevado sobre rodapé pétreo
Ed 9A	2009	Lateral	Este	130	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão
Ed 9B	2009	Frontal	Norte	300	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão
Ed 9C	2009	Lateral	Oeste	100	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão
Ed 9D	2009	Lateral	Este	100	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão
Ed 9E	2009	Frontal	Noroeste	1100	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão
Ed 9F	2009	Lateral	Oeste	100	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão
Ed 9G	2009	Lateral	Este	100	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão
Ed 9H	2009	Frontal	Norte	250	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão
Ed 9I	2009	Frontal	Oeste	30	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão
Ed 9J	2009	Frontal	Norte	25	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão
Ed 9L	2009	Frontal	Oeste	720	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão
Ed 9M	2009	Lateral	Sul	110	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão
Ed 9N	2009	Frontal	Este	650	Tradicional	Muito rugoso	Cinzeno	Soco de betão

Designação	Ano	Tipo de fachada	Orientação da fachada	Área com ETICS (m <sup>2</sup> )	Tipo de revestimento	Textura do acabamento	Cor do acabamento	Remate inferior
Ed 9O	2009	Lateral	Sul	110	Tradicional	Muito rugoso	Cinza	Soco de betão
Ed 9P	2009	Tardoz	Oeste	460	Tradicional	Muito rugoso	Cinza	Soco de betão
Ed 9Q	2009	Lateral	Norte	65	Tradicional	Muito rugoso	Cinza	Soco de betão
Ed 10A	1999	Lateral	Oeste	50	Tradicional	Rugoso	Cinza	-
Ed 10B	1999	Lateral	Oeste	290	Tradicional	Rugoso	Cinza	-
Ed 10C	1999	Frontal	Norte	55	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10D	1999	Lateral	Este	220	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10E	1999	Frontal	Norte	110	Tradicional	Rugoso	Cinza	-
Ed 10F	1999	Lateral	Oeste	220	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10G	1999	Frontal	Norte	55	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10H	1999	Lateral	Este	220	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10I	1999	Frontal	Norte	45	Tradicional	Rugoso	Cinza	-
Ed 10J	1999	Lateral	Oeste	220	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10L	1999	Frontal	Norte	55	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10M	1999	Frontal	Norte	150	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10N	1999	Lateral	Este	210	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10O	1999	Frontal	Norte	70	Tradicional	Rugoso	Cinza	-
Ed 10P	1999	Lateral	Oeste	220	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10Q	1999	Frontal	Norte	55	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10R	1999	Lateral	Este	210	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10S	1999	Frontal	Norte	60	Tradicional	Rugoso	Cinza	-
Ed 10T	1999	Lateral	Oeste	210	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10U	1999	Frontal	Norte	55	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10V	1999	Lateral	Este	220	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10X	1999	Lateral	Oeste	220	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10Z	1999	Frontal	Norte	55	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10AA	1999	Lateral	Este	260	Tradicional	Rugoso	Cinza	-

Designação	Ano	Tipo de fachada	Orientação da fachada	Área com ETICS (m <sup>2</sup> )	Tipo de revestimento	Textura do acabamento	Cor do acabamento	Remate inferior
Ed 10BB	1999	Lateral	Oeste	70	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10CC	1999	Frontal	Sul	300	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10DD	1999	Frontal	Sul	10	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10EE	1999	Frontal	Sul	160	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10FF	1999	Lateral	Este	70	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10GG	1999	Lateral	Oeste	55	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10HH	1999	Frontal	Sul	160	Tradicional	Rugoso	Cinza	Soco em pedra
Ed 10II	1999	Lateral	Este	220	Tradicional	Rugoso	Cinza	-
Ed 10JJ	1999	Frontal	Norte	40	Tradicional	Rugoso	Cinza	-
Ed 11A	2002	Frontal	Sul	270	Tradicional	Liso	Branco	Soco em pedra
Ed 11B	2002	Lateral	Oeste	210	Tradicional	Liso	Branco	Rodapé
Ed 11C	2002	Tardoz	Noroeste	350	Tradicional	Liso	Branco	Rodapé
Ed 12A	2002	Frontal	Sudeste	50	Tradicional	Rugoso	Branco	-
Ed 13A	1996	Frontal	Oeste	60	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13B	1996	Lateral	Sul	80	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13C	1996	Frontal	Oeste	60	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13D	1996	Lateral	Sul	80	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13E	1996	Lateral	Sul	70	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13F	1996	Tardoz	Este	60	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13G	1996	Frontal	Oeste	70	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13H	1996	Lateral	Sul	60	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13I	1996	Lateral	Norte	70	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13J	1996	Frontal	Oeste	60	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13L	1996	Lateral	Sul	70	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13M	1996	Lateral	Norte	70	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13N	1996	Lateral	Norte	70	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13O	1996	Frontal	Oeste	60	Tradicional	Liso	Branco	-

Designação	Ano	Tipo de fachada	Orientação da fachada	Área com ETICS (m <sup>2</sup> )	Tipo de revestimento	Textura do acabamento	Cor do acabamento	Remate inferior
Ed 13P	1996	Tardoz	Este	60	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13Q	1996	Lateral	Norte	70	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13R	1996	Lateral	Este	70	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13S	1996	Tardoz	Oeste	60	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13T	1996	Lateral	Norte	70	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 13U	1996	Lateral	Oeste	70	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 14A	2007	Frontal	Este	200	Tradicional	Liso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 14B	2007	Lateral	Norte	300	Tradicional	Liso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 14C	2007	Lateral	Oeste	200	Tradicional	Liso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 15A	1998	Tardoz	Norte	38	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15B	1998	Tardoz	Norte	27,86	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15C	1998	Tardoz	Norte	22,13	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15D	1998	Lateral	Oeste	110,05	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15E	1998	Lateral	Este	19,45	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15F	1998	Frontal	Sul	40	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15G	1998	Frontal	Norte	57	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15H	1998	Frontal	Norte	35	Tradicional	Rugoso	Rosa	-
Ed 15I	1998	Frontal	Norte	56,5	Tradicional	Rugoso	Rosa	-
Ed 15J	1998	Frontal	Norte	65,5	Tradicional	Rugoso	Rosa	-
Ed 15K	1998	Lateral	Oeste	117,94	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15L	1998	Lateral	Este	71,07	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15M	1998	Lateral	Este	77,48	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15N	1998	Lateral	Este	74	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15O	1998	Tardoz	Norte	59,5	Tradicional	Rugoso	Rosa	-
Ed 15P	1998	Tardoz	Norte	63,68	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15Q	1998	Tardoz	Norte	35	Tradicional	Rugoso	Rosa	-
Ed 15R	1998	Tardoz	Norte	56,5	Tradicional	Rugoso	Rosa	-

Designação	Ano	Tipo de fachada	Orientação da fachada	Área com ETICS (m <sup>2</sup> )	Tipo de revestimento	Textura do acabamento	Cor do acabamento	Remate inferior
Ed 15S	1998	Tardoz	Norte	65,5	Tradicional	Rugoso	Rosa	-
Ed 15T	1998	Frontal	Sul	44,8	Tradicional	Rugoso	Rosa	-
Ed 15U	1998	Frontal	Sul	62	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15V	1998	Frontal	Sul	41,26	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15W	1998	Lateral	Oeste	117,94	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15X	1998	Lateral	Este	13,83	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 15Y	1998	Lateral	Este	23,82	Tradicional	Rugoso	Rosa	Soco em pedra
Ed 16A	2005	Frontal	Este	23,5	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé
Ed 16B	2005	Frontal	Este	47,5	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 16C	2005	Frontal	Este	41,8	Cerâmico	-	Castanho	-
Ed 16D	2005	Lateral	Norte	24,3	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 16E	2005	Lateral	Norte	75	Cerâmico	-	Castanho	-
Ed 16F	2005	Tardoz	Oeste	34	Cerâmico	-	Castanho	-
Ed 16G	2005	Tardoz	Oeste	37,75	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 16H	2005	Tardoz	Oeste	23,5	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé
Ed 16I	2005	Frontal	Este	23,5	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé
Ed 16J	2005	Frontal	Este	65,9	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 16K	2005	Frontal	Este	23,5	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé
Ed 16L	2005	Tardoz	Oeste	46,9	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé
Ed 16M	2005	Tardoz	Oeste	37	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 16N	2005	Frontal	Este	57	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 16O	2005	Tardoz	Oeste	26	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé
Ed 16P	2005	Tardoz	Oeste	38,6	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 16Q	2005	Frontal	Este	47,4	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 16R	2005	Frontal	Este	22,5	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé
Ed 16S	2005	Tardoz	Oeste	33	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 16T	2005	Tardoz	Oeste	26,5	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé

Designação	Ano	Tipo de fachada	Orientação da fachada	Área com ETICS (m <sup>2</sup> )	Tipo de revestimento	Textura do acabamento	Cor do acabamento	Remate inferior
Ed 16U	2005	Frontal	Este	22,5	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé
Ed 16V	2005	Frontal	Este	65	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 16W	2005	Frontal	Este	20,5	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé
Ed 16X	2005	Tardoz	Oeste	43,5	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé
Ed 16Y	2005	Tardoz	Oeste	41,5	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 16Z	2005	Tardoz	Oeste	19,75	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé
Ed 16AA	2005	Frontal	Oeste	67,8	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 16BB	2005	Frontal	Oeste	19,75	Tradicional	Rugoso	Amarelo	Rodapé
Ed 16CC	2005	Lateral	Norte	64,5	Cerâmico	-	Castanho	-
Ed 16DD	2005	Tardoz	Este	41,5	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 17A	2011	Frontal	Norte	118,73	Tradicional	Pouco rugoso	Cinzeno	Soco em pedra
Ed 17B	2011	Tardoz	Sul	77,35	Tradicional	Pouco rugoso	Cinzeno	Perfil de arranque elevado
Ed 18A	2006	Frontal	Este	55,03	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 18B	2006	Frontal	Este	25,2	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 18C	2006	Tardoz	Oeste	125,25	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 18D	2006	Frontal	Oeste	73,07	Cerâmico	-	Laranja	-
Ed 18E	2006	Frontal	Oeste	17,35	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 18F	2006	Frontal	Este	57,43	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 18G	2006	Frontal	Este	61,5	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 18H	2006	Lateral	Norte	62,47	Cerâmico	-	Laranja	-
Ed 18I	2006	Frontal	Oeste	55,03	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 18J	2006	Frontal	Este	50,46	Cerâmico	-	Laranja	-
Ed 18K	2006	Frontal	Oeste	55,03	Tradicional	Rugoso	Branco	Rodapé
Ed 19A	2010	Frontal	Norte	78,7	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 19B	2010	Frontal	Norte	160,25	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 19C	2010	Lateral	Este	65,66	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 19D	2010	Lateral	Oeste	26,11	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-

Designação	Ano	Tipo de fachada	Orientação da fachada	Área com ETICS (m <sup>2</sup> )	Tipo de revestimento	Textura do acabamento	Cor do acabamento	Remate inferior
Ed 19E	2010	Tardoz	Sul	17,82	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 19F	2010	Lateral	Oeste	7,45	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 19G	2010	Tardoz	Sul	40,04	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 19H	2010	Tardoz	Sul	49,6	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 19I	2010	Frontal	Norte	66,53	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 19J	2010	Lateral	Este	50,75	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 19K	2010	Lateral	Este	39,7	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 20A	2010	Lateral	Sul	16	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 20B	2010	Tardoz	Este	16,29	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 20C	2010	Frontal	Norte	21,83	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 21A	2010	Tardoz	Sudoeste	25,11	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 21B	2010	Lateral	Noroeste	59,72	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 21C	2010	Tardoz	Sudoeste	23,74	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 21D	2010	Lateral	Noroeste	18,4	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 21E	2010	Tardoz	Sudoeste	54,25	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 21F	2010	Tardoz	Sudoeste	22,9	Tradicional	Liso	Branco	Fachada elevada
Ed 21G	2010	Lateral	Noroeste	22,95	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 21H	2010	Lateral	Noroeste	47,5	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 21I	2010	Lateral	Noroeste	10	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 21J	2010	Tardoz	Sudoeste	29	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 21K	2010	Frontal	Nordeste	35,36	Tradicional	Liso	Amarelo	-
Ed 21L	2010	Lateral	Sudeste	13,33	Tradicional	Liso	Amarelo	-
Ed 21M	2010	Frontal	Nordeste	44,8	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 21N	2010	Frontal	Nordeste	42,86	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 21O	2010	Frontal	Nordeste	29,44	Tradicional	Liso	Branco	-
Ed 21P	2010	Frontal	Nordeste	42,2	Tradicional	Liso	Branco	Rodapé
Ed 22A	2009	Frontal	Oeste	26,4	Tradicional	Rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado



Designação	Ano	Tipo de fachada	Orientação da fachada	Área com ETICS (m <sup>2</sup> )	Tipo de revestimento	Textura do acabamento	Cor do acabamento	Remate inferior
Ed 22B	2009	Lateral	Sul	16,47	Tradicional	Rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 23A	2009	Frontal	Norte	94,42	Tradicional	Rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 23B	2009	Lateral	Oeste	38,2	Tradicional	Rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 23C	2009	Tardoz	Sul	14,9	Tradicional	Rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 23D	2009	Tardoz	Sul	21,75	Tradicional	Rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 24A	2011	Lateral	Sul	31,58	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Soco de betão
Ed 24B	2011	Lateral	Norte	36	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 24C	2011	Tardoz	Este	35,94	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	-
Ed 25A	2010	Lateral	Norte	36,42	Tradicional	Muito rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 25B	2010	Lateral	Norte	82,93	Tradicional	Muito rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 25C	2010	Tardoz	Oeste	25	Tradicional	Muito rugoso	Creme	Perfil de arranque elevado
Ed 26A	2011	Frontal	Nordeste	50,87	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 26B	2011	Frontal	Nordeste	20,11	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 26C	2011	Frontal	Nordeste	27,94	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 26D	2011	Tardoz	Sudoeste	24,23	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 26E	2011	Lateral	Noroeste	53,71	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 26F	2011	Lateral	Noroeste	37,83	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Perfil de arranque elevado
Ed 27A	1984	Frontal	Sul	6	Tradicional	Muito rugoso	Amarelo	-
Ed 27B	1984	Frontal	Sul	11,88	Tradicional	Muito rugoso	Amarelo	-
Ed 27C	1984	Lateral	Este	13,35	Tradicional	Muito rugoso	Amarelo	-
Ed 27D	1984	Lateral	Este	29,6	Tradicional	Muito rugoso	Amarelo	-
Ed 27E	1984	Lateral	Oeste	11,34	Tradicional	Muito rugoso	Amarelo	-
Ed 27F	1984	Lateral	Oeste	34,8	Tradicional	Muito rugoso	Amarelo	-
Ed 28A	2006	Frontal	Sul	98	Tradicional	Pouco rugoso	Branco/Vermelho	Rodapé
Ed 28B	2006	Lateral	Oeste	40,82	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Rodapé
Ed 28C	2006	Tardoz	Noroeste	95,76	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Rodapé
Ed 28D	2006	Tardoz	Sudeste	96,72	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Rodapé

<b>Designação</b>	<b>Ano</b>	<b>Tipo de fachada</b>	<b>Orientação da fachada</b>	<b>Área com ETICS (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo de revestimento</b>	<b>Textura do acabamento</b>	<b>Cor do acabamento</b>	<b>Remate inferior</b>
Ed 28E	2006	Frontal	Noroeste	76,98	Tradicional	Pouco rugoso	Branco/Vermelho	Rodapé
Ed 28F	2006	Lateral	Norte	52,4	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Rodapé
Ed 28G	2006	Tardoz	Sudoeste	71,6	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Rodapé
Ed 28H	2006	Lateral	Sul	45,65	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Rodapé
Ed 28I	2006	Lateral	Sudoeste	31,25	Tradicional	Pouco rugoso	Branco	Rodapé

