

Aplicação do método factorial à previsão da vida útil de pinturas de paredes exteriores

Maria Margarida Teixeira Magos

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil

Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Orientador: Doutor Jorge Manuel Calicho Lopes de Brito

Orientador: Doutor Pedro Manuel dos Santos Lima Gaspar

Júri

Presidente: Doutora Ana Paula Patrício Teixeira Ferreira Pinto França de Santana

Orientador: Doutor Jorge Manuel Calicho Lopes de Brito

Vogal: Engenheira Ana Filipa Ferreira da Silva

Junho 2015

Título: Aplicação do método factorial à previsão da vida útil de pinturas de paredes exteriores

SUMÁRIO

A presente dissertação tem como objectivo principal prever a vida útil de revestimentos de pintura em paredes exteriores e pretende ser um contributo na temática da durabilidade dos elementos da construção. O conhecimento de como evolui o desempenho de determinados materiais ou sistemas construtivos em função do tempo permitirá prever aproximadamente quando será necessário investir em acções de reparação e a quantidade de recursos que será necessário despende.

A previsão da vida útil foi realizada com recurso ao método factorial proposto pela norma ISO 15686, sendo que, apesar de algumas críticas, este método prima por ser uma ferramenta simples e eficiente com grande potencial para ser utilizada no planeamento de acções de manutenção.

O trabalho de campo consistiu na inspecção de 103 revestimentos novos para juntar à amostra reunida por Chai (2011). Realizou-se uma análise estatística da amostra final em função das características dos edifícios, das condições de exposição ambiental, dos sistemas de pintura propriamente ditos e das anomalias encontradas. Relativamente às anomalias, foram definidos cinco níveis de degradação para cada tipo e o nível mínimo de desempenho considerado é o nível de degradação 3, ou seja, a partir deste limite considera-se que o revestimento de pintura atingiu o fim da vida útil.

A quantificação da degradação foi realizada seguindo os modelos desenvolvidos por Gaspar (2002) e Gaspar (2009). Foi calculado o índice da severidade da degradação (S_w) para cada revestimento e traduziu-se a perda de desempenho dos elementos ao longo do tempo a partir de curvas de degradação. Posteriormente, construiu-se modelos gráficos que representam a distribuição da vida útil prevista dos revestimentos ao longo do tempo. Foram obtidos valores de vida útil prevista a partir das expressões polinomiais de terceiro grau das curvas de degradação e a partir dos modelos gráficos, em função dos diferentes factores que afectam o desempenho dos revestimentos de pintura. O método factorial consiste na obtenção de uma vida útil estimada (VUE) através da multiplicação da vida útil de referência (VUR) por valores de ponderação que reflectem a forma como diferentes factores de degradação influenciam a durabilidade dos elementos construtivos. A VUR é definida a partir de uma atribuição inicial dos valores de ponderação. A última etapa da dissertação passa pela optimização dos valores de ponderação a cada variável dos factores de degradação a partir de diferentes simulações. Os resultados destas iterações foram analisados a partir de um conjunto de critérios e indicadores estatísticos.

Os resultados obtidos são satisfatórios e fiáveis para a maioria das variáveis de degradação considerados e o método factorial demonstrou ser uma ferramenta bastante eficiente no cálculo da vida útil dos elementos em estudo. Pretende-se que a presente dissertação seja um contributo e uma referência para futuros desenvolvimentos na temática da durabilidade na indústria da construção.

PALAVRAS-CHAVE:

Vida útil, durabilidade, pintura de paredes exteriores, método factorial, modelos de degradação.

TITLE: Application of the factor method to the prediction of the service life of external paint finishes (on rendered façades)

ABSTRACT

The main goal of this dissertation is to predict the life of external paint finishes and it intends to be a contribution on the subject of construction elements' durability. Knowledge on how the performance of certain materials or constructive systems varies over time will allow approximate predictions of when it will be necessary to invest in repairs and the amount of resources that will be required.

Service life was estimated using the factorial method proposed by ISO 15686, since, despite some criticism, this method excels as a simple and efficient tool with great potential for use in the planning of maintenance operations.

The field work comprised the inspection of 103 new coatings, to add to the sample collected by Chai (2011). A statistical analysis of the final sample was carried out based on the characteristics of the buildings, the environmental conditions, the painting systems and the anomalies detected. In terms of the anomalies, five levels of deterioration were defined for each type, and the minimum level of performance considered is level 3 of deterioration, that is, past this point it is considered the coating has reached the end of its service life.

The evaluation of the deterioration was carried out according to the models developed by Gaspar (2002) and Gaspar (2009). The deterioration severity index (S_w) was calculated for each coating and the loss of performance of the elements over time was represented by deterioration curves. Subsequently, graphical models were plotted to represent the distribution of the estimated service life of the coatings over time. Estimated service life values were obtained from the third degree polynomial expressions of the deterioration curves and from the graphical models, in both cases depending on the various factors affecting the performance of the paint coatings. The factor method estimates the service life (ESL) of building components by multiplying their reference service life (RSL) by weighting values conferred to several factors affecting the performance of the elements under study. The RSL was evaluated by applying (not definitive) weighting values. .

The last step of the dissertation involves optimizing the weight for each variable of the deterioration factors through several simulations. The results of these iterations were analyzed based on a set of criteria and statistical indicators.

The results are suitable and reliable for most of the deterioration variables considered and the factor method proved to be a very efficient tool when evaluating the service life of the elements studied. It is intended that this work should be a contribution and a reference for future developments within the subject of durability in the construction industry.

KEY WORDS:

Service life, durability, external paint finishes, factorial method, degradation models.

Agradecimentos

Ao Professor Jorge de Brito pelo seu interesse e envolvimento neste trabalho, pela sua análise crítica, frontalidade e competência profissional ímpar.

Ao Professor Pedro Gaspar pela enorme ajuda a superar as dificuldades encontradas durante a investigação, pelo seu espírito de motivação e pelos conhecimentos científicos transmitidos.

Ao Eng. Luís Aleixo da CIN, ao Eng. Hugo Rodrigues da Dyrup, ao Eng. Jorge Rosa da Kenitex, ao Sr. José Guerreiro da Britamontes, ao Sr. Luís Martins da J. S. Marques e ao Eng. Guilherme Paiva da Casa Viva Obras.

Aos meus amigos, especialmente ao Afonso, à Daniela, ao João e ao Ricardo.

Aos meus pais pelo apoio ao longo de todos estes anos e por me terem oferecido este curso.

Índice geral

Índice de figuras	ix
Índice de tabelas	xiii
1. Introdução	1
1.1. Considerações iniciais	1
1.2. Âmbito e justificação do tema	1
1.3. Objectivos e metodologia	2
1.4. Estado da arte	3
1.4.1. Entidades científicas e documentos normativos	3
1.4.2. Investigações desenvolvidas	4
1.4.3. Conceitos fundamentais e critérios de análise da vida útil	6
1.5. Métodos para estimar a vida útil	7
1.5.1. Método factorial	8
1.5.2. Enquadramento inicial com o trabalho de Chai (2011)	9
1.6. Organização da dissertação	10
1.7. Conclusão	11
2. Revestimentos de pintura	13
2.1. Introdução	13
2.2. Conceitos	13
2.3. Tintas	13
2.3.1. Constituintes	13
2.3.2. Principais parâmetros	14
2.3.3. Tipos de tinta	15
2.4. Requisitos	17
2.4.1. Escolha do produto de pintura	17
2.4.2. Exigências funcionais	18
2.5. Tecnologia de aplicação	18
2.5.1. Preparação do substrato	18
2.5.2. Condições de pintura	19
2.5.3. Esquemas de pintura	19
2.6. Anomalias e causas	19
2.6.1. Manchas	20
2.6.2. Fissuração	22
2.6.3. Perda de aderência	22
2.6.4. Perda de coesão	23
2.7. Níveis de degradação	23
2.8. Conclusão	27

3.	Trabalho de campo.....	29
3.1.	Introdução.....	29
3.2.	Objectivos.....	29
3.3.	Análise da amostra de Chai (2011) e definição da amostra necessária.....	29
3.3.1.	Idade.....	30
3.3.2.	Localização.....	33
3.3.3.	Produto de pintura.....	41
3.3.4.	Número mínimo de novos casos.....	48
3.3.5.	Anomalias.....	49
3.4.	Metodologia adoptada.....	50
3.4.1.	Ficha de inspecção e diagnóstico.....	53
3.5.	Análise da amostra.....	54
3.5.1.	Idade.....	54
3.5.2.	Localização.....	55
3.5.3.	Produto de pintura.....	60
3.5.4.	Anomalias.....	64
3.6.	Conclusão.....	68
4.	Modelos de degradação.....	69
4.1.	Introdução.....	69
4.2.	Definição do fim da vida útil.....	69
4.3.	Método para o cálculo da degradação.....	69
4.3.1.	Abordagem qualitativa vs quantitativa.....	70
4.4.	Relação entre a severidade e a condição do revestimento.....	72
4.5.	Evolução da degradação.....	72
4.5.1.	Previsão da vida útil da amostra recolhida.....	73
4.5.2.	Localização.....	76
4.5.3.	Produto de pintura.....	79
4.5.4.	Manutenção.....	82
4.5.5.	Resultados.....	83
4.6.	Conclusão.....	85
5.	Aplicação do Método Factorial.....	87
5.1.	Introdução.....	87
5.2.	Extrapolação da curva de degradação a cada ponto.....	87
5.3.	Análise da distribuição da vida útil.....	89
5.3.1.	Localização.....	90
5.3.2.	Produto de pintura.....	93
5.3.3.	Manutenção.....	96
5.3.4.	Resultados.....	97

5.4.	Ponderação inicial dos factores de degradação.....	100
5.5.	Cálculo da vida útil de referência.....	105
5.6.	Quantificação dos factores.....	107
5.6.1.	Critérios de aceitação.....	108
5.6.2.	Cenários.....	108
5.6.3.	Discussão de resultados globais.....	115
5.6.4.	Discussão de resultados parciais.....	117
5.7.	Conclusão.....	119
6.	Conclusão e desenvolvimentos futuros.....	121
6.1.	Considerações finais.....	121
6.2.	Conclusões gerais.....	121
6.3.	Desenvolvimentos futuros.....	127
6.3.1.	Recolha de informação.....	127
6.3.2.	Avaliação da degradação.....	128
6.3.3.	Método factorial.....	128
	Referências bibliográficas.....	131
	Anexos.....	137

Índice de figuras

Figura 2.1 – Variação da cor da sujidade	25
Figura 3.1 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da idade	30
Figura 3.2 - Curva de degradação com ponderação relativa aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011)....	31
Figura 3.3 - Severidade da degradação associada a cada grupo de anomalia na amostra de Chai (2011)	32
Figura 3.4 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da distância à faixa costeira	33
Figura 3.5 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da distância à faixa costeira	34
Figura 3.6 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da exposição à humidade	35
Figura 3.7 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da exposição à humidade	36
Figura 3.9 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da acção vento / chuva	37
Figura 3.10 - Sistema de classificação da orientação solar (Garrido, 2010)	38
Figura 3.11 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da orientação solar	38
Figura 3.12 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da orientação solar	39
Figura 3.13 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da proximidade das fontes poluentes	40
Figura 3.14 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da proximidade das fontes poluentes	41
Figura 3.15 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função do produto de pintura .	42
Figura 3.16 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função do produto de pintura	42
Figura 3.17 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da cor	44
Figura 3.18 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) segundo o coeficiente de absorção	45
Figura 3.19 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da textura	46
Figura 3.20 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da textura do revestimento.....	46
Figura 3.21 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função do substrato	47
Figura 3.22 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função do substrato	48
Figura 3.23 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função do grupo de anomalias	49
Figura 3.24 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função das anomalias	50
Figura 3.25 - Definição de medida real no <i>Image J</i>	51
Figura 3.26 - Pormenor do contorno da ombreira em pedra do paramento ID 31 - Palácio Marquês de Fronteira.	51
Figura 3.27 - Cálculo das áreas das anomalias no <i>Image J</i>	52
Figura 3.28 - Normalização da imagem do paramento ID 94 - Avenida 24 de Julho 76.....	52
Figura 3.29 - Normalização da imagem do paramento ID 67 - Rua Pedro Queiroz Pereira 3	52
Figura 3.30 - Desenho em AutoCad do paramento ID 67 - Rua Pedro Queiroz Pereira 3.....	53
Figura 3.31 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da idade	54
Figura 3.32 - Distribuição da amostra total em função da idade	55
Figura 3.33 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e e por Chai (2011) em função da proximidade do mar	55
Figura 3.34 - Distribuição da amostra total em função da proximidade do mar	56

Figura 3.35 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo em função da proximidade do rio	56
Figura 3.36 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da humidade.....	57
Figura 3.37 - Distribuição da amostra total em função da exposição à humidade	57
Figura 3.38 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da acção vento / chuva	58
Figura 3.39 - Distribuição da amostra total em função da acção vento / chuva.....	58
Figura 3.40 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da orientação solar	59
Figura 3.41 - Distribuição da amostra total em função da orientação solar.....	59
Figura 3.42 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da proximidade de fontes poluentes	60
Figura 3.43 - Distribuição da amostra total em função da proximidade de fontes poluentes	60
Figura 3.44 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função do produto de pintura.....	61
Figura 3.45 - Distribuição da amostra total em função do produto de pintura.....	61
Figura 3.46 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da cor	62
Figura 3.47 - Distribuição da amostra total em função da cor.....	62
Figura 3.48 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da textura.....	63
Figura 3.49 - Distribuição da amostra total em função da textura	63
Figura 3.50 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função do substrato.....	64
Figura 3.51 - Distribuição da amostra total em função do substrato.....	64
Figura 3.52 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função do grupo de anomalias.....	65
Figura 3.53 - Distribuição da amostra total em função do grupo de anomalias	65
Figura 3.54 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função das anomalias	66
Figura 3.55 - Distribuição da amostra total em função das anomalias	66
Figura 3.56 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo em função dos níveis de degradação.....	67
Figura 3.57 - Distribuição da amostra total em função dos níveis de degradação	67
Figura 3.58 - Distribuição da amostra total em função dos níveis de degradação	68
Figura 4.1 - Curvas de degradação dos casos de estudo recolhidos no trabalho de campo actual: comparação entre a abordagem de Chai (2011) e a do trabalho actual.....	71
Figura 4.2 - Determinação da vida útil através de um padrão de degradação e de um nível mínimo de aceitação (adaptado de Shohet <i>et al.</i> , 2003)	73
Figura 4.3 - Curvas de degradação linear e polinomial de grau 3 obtidas a partir da amostra total.....	74
Figura 4.4 - Representação dos níveis de degradação sobre a amostra total e determinação da vida útil.....	75
Figura 4.5 - Curvas de degradação da amostra final em função da distância à faixa costeira	76
Figura 4.6 - Curvas de degradação da amostra final em função da exposição à humidade	77
Figura 4.7 - Curvas de degradação da amostra final em função da acção vento / chuva.....	77
Figura 4.8 - Curvas de degradação da amostra final em função da orientação solar.....	78
Figura 4.9 - Curvas de degradação da amostra final em função da proximidade de fontes poluentes.....	79
Figura 4.10 - Curvas de degradação da amostra final em função do produto de pintura.....	79
Figura 4.11 - Curvas de degradação da amostra final em função da cor	80
Figura 4.12 - Curvas de degradação da amostra final em função da textura do revestimento	81
Figura 4.13 - Curvas de degradação da amostra final em função do substrato.....	81

Figura 4.14 - Curvas de degradação da amostra final em função da existência da manutenção.....	82
Figura 4.15 - Curvas de degradação da amostra final em função da facilidade de inspecção.....	83
Figura 5.1 - Método do factor de conversão das ordenadas (Gaspar, 2002).....	87
Figura 5.2 - Limites superior e inferior através da extrapolação da curva média aplicando o método do factor de conversão em ordem às ordenadas	88
Figura 5.3 - Distribuição da vida útil dos RP ao longo do tempo.....	89
Figura 5.4 - Distribuição da vida útil dos RP ao longo do tempo sem <i>outliers</i>	90
Figura 5.5 - Distribuição da vida útil dos RP em função da distância à faixa costeira.....	91
Figura 5.6 - Distribuição da vida útil dos RP em função da exposição à humidade.....	91
Figura 5.7 - Distribuição da vida útil dos RP em função da acção vento / chuva	92
Figura 5.8 - Distribuição da vida útil dos RP em função da orientação solar	93
Figura 5.9 - Distribuição da vida útil dos RP em função da proximidade de fontes poluentes	93
Figura 5.10 - Distribuição da vida útil dos RP em função do produto de pintura.....	94
Figura 5.11 - Distribuição da vida útil dos RP em função da cor	94
Figura 5.12 - Distribuição da vida útil dos RP em função da textura	95
Figura 5.13 - Distribuição da vida útil dos RP em função do substrato	96
Figura 5.14 - Distribuição da vida útil dos RP em função da existência da manutenção	96
Figura 5.15 - Distribuição da vida útil dos RP em função da facilidade de inspecção.....	97
Figura 5.16 - Casos com uma variação de severidade de 5% relativamente à curva média de degradação	105
Figura 6.1 - Curva de degradação da amostra final e níveis de degradação	123
Figura 6.2 - Distribuição da vida útil dos revestimentos de pintura em função da idade destas	123

Índice de tabelas

Tabela 1.1 - Metas e objectivos parciais da dissertação	3
Tabela 2.1 - Causas e cores das manchas de origem biológica (adaptado de Gaspar, 2009)	20
Tabela 2.2 - Causas e origens das manchas de humidade (Magalhães, 2002; Henriques, 1992; Torres e Freitas, 2007; Gaspar, 2003; Atkinson e Snape, 1999; Nero, 2001a, 2001b; Henriques 2001 e Gaspar, 2009)	20
Tabela 2.3 - Causas das alterações de cor ou brilho (adaptado de Chai, 2011)	21
Tabela 2.4 - Causas e cores das manchas de sujidade (adaptado de Lopes, 2008 e Gaspar, 2009)	21
Tabela 2.5 - Causas das eflorescências (Magalhães, 2002; Lopes, 2008 e Chai, 2011)	22
Tabela 2.6 - Origem e causas da fissuração (adaptado de Lopes, 2008)	22
Tabela 2.7 - Causas da perda de aderência (Barbot, 2005; Rodrigues, 2005; Lopes, 2008 e Chai, 2011).....	22
Tabela 2.8 - Causas da pulverulência (adaptado de Paiva et al., 2006; Lopes, 2008 e Chai, 2011).....	23
Tabela 2.9 - Níveis de degradação das manchas de origem biológica (adaptado de Gaspar, 2009 e Chai, 2011)	23
Tabela 2.10 - Níveis de degradação das manchas de humidade (adaptado de Gaspar, 2009 e Chai, 2011)	24
Tabela 2.11 - Níveis de degradação das manchas devidas a alterações de cor ou brilho (adaptado de Gaspar, 2009 e Chai, 2011)	24
Tabela 2.12 - Níveis de degradação das manchas de sujidade (adaptado de Gaspar, 2009 e Chai, 2011).....	25
Tabela 2.13 - Níveis de degradação da fissuração mapeada (adaptado de NP EN ISO 4628-4, 2005 e Chai, 2011) .	25
Tabela 2.14 - Níveis de degradação do empolamento (adaptado de NP EN ISO 4628-2, 2005 e Chai, 2011).....	26
Tabela 2.15 - Níveis de degradação do destacamento (adaptado de NP EN ISO 4628-2, 2005 e Chai, 2011)	26
Tabela 2.16 - Níveis de degradação da pulverulência (Chai, 2011)	27
Tabela 3.1 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da distância à faixa costeira	34
Tabela 3.2 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da distância à exposição à humidade	36
Tabela 3.3 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da acção vento / chuva	37
Tabela 3.4 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da orientação solar	39
Tabela 3.5 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da proximidade das fontes poluentes	41
Tabela 3.6 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função do produto de pintura.....	43
Tabela 3.7 - Cor dos revestimentos de pintura em função do coeficiente de absorção solar (adaptado de Matos, 2007, citando APICER, 2003).....	44
Tabela 3.8 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da cor do revestimento.....	45
Tabela 3.9 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da textura do revestimento	47
Tabela 3.10 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função do substrato	48
Tabela 3.11 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários	48
Tabela 4.1 - Definição dos níveis de degradação	69
Tabela 4.2 - Coeficientes de ponderação dos grupos de anomalias (Chai, 2011)	70
Tabela 4.3 - Correspondência entre a severidade e os níveis de degradação (Chai, 2011).....	72
Tabela 4.4 - Exemplos de casos de estudo associados aos respectivos indicadores de degradação	72
Tabela 4.5 - Padrões de degradação (Shohet <i>et al.</i> , 1999 e Gaspar, 2002).....	73
Tabela 4.6 - Casos excluídos	75
Tabela 4.7 - Valores de vida útil prevista (curvas de degradação)	85
Tabela 5.1 - Valores de vida útil prevista para os primeiros 10 casos da amostra.....	88
Tabela 5.2 - Valores de vida útil prevista (modelos gráficos)	99
Tabela 5.3 - Quantificação dos sub-factores que afectam o desempenho	100
Tabela 5.4 - Quantificação inicial dos sub-factores que afectam o desempenho	101
Tabela 5.5 - N.º de vezes que cada orientação solar apresenta menor severidade que as restantes	103
Tabela 5.6 - Diferença entre as severidades (S_w) das orientações solares	104
Tabela 5.7 - Diferença entre as médias das severidades das orientações solares	104
Tabela 5.8 - Vida útil de referência para os 19 casos seleccionados	107
Tabela 5.9 - Valores para definir a VUR	107

Tabela 5.10 - Valores obtidos no cenário 1	109
Tabela 5.11 - Valores obtidos no cenário 2	110
Tabela 5.12 - Valores obtidos no cenário 4	111
Tabela 5.13 - Valores obtidos no cenário 5	112
Tabela 5.14 - Valores obtidos no cenário 6	113
Tabela 5.15 - Valores obtidos no cenário 7	114
Tabela 5.16 - Indicadores estatísticos dos cenários estudados.....	115
Tabela 5.17 - Exemplo da aplicação do cenário 6	116
Tabela 5.18 - Exemplo da aplicação do cenário 6	117
Tabela 5.19 - Percentagem de casos relativa às variações em relação à média de MF / MG	117
Tabela 6.1 - Anomalias dos revestimentos de pintura	122
Tabela 6.2 - Categorização das variáveis de acordo com o método factorial	124
Tabela 6.3 - Valores para definir a VUR	125
Tabela 6.4 - Descrição dos cenários estudados	125
Tabela 6.5 - Indicadores estatísticos dos cenários estudados	126
Tabela 6.6 - Valores de ponderação (k) finais para o cenário 6	127

1. Introdução

1.1. Considerações iniciais

Em Portugal, cerca de 70% dos edifícios anteriores a 2012 necessitam de reparação (correção de anomalias) ao nível das paredes e das caixilharias exteriores (INE, 2011). No distrito de Lisboa, que corresponde à área abrangida nesta investigação, aproximadamente 37.13% dos edifícios anteriores a 2012 necessitam de reparação ao nível das paredes e das caixilharias exteriores (INE, 2011). Estes dados estatísticos indicam que as paredes exteriores dos edifícios em Lisboa e Portugal são dos elementos com maiores necessidades de reparação após a entrada em serviço, o que justifica em parte a importância de estudar os fenómenos associados ao processo de degradação dos revestimentos em paramentos exteriores.

Tal como enunciado por Garrido (2010), os recursos financeiros existentes para acções de recuperação do património edificado são actualmente limitados, sendo por isso relevante a possibilidade de planear quando será necessário investir nessas mesmas intervenções e a quantidade de recursos que terá de estar disponível. Este planeamento só será possível através da definição de limites de degradação e da previsão de quando estes serão alcançados durante o período de vida do edifício.

A definição de limites de degradação e a previsão de quando estes serão atingidos torna possível planear os recursos que será necessário investir ao longo do tempo.

A presente dissertação foca-se nos revestimentos de pintura em paredes exteriores e pretende ser uma contribuição na área da reabilitação na medida em que o conhecimento da evolução do estado de degradação destes elementos ao longo do tempo, contribui para o desenvolvimento de metodologias de previsão da vida útil fiáveis.

1.2. Âmbito e justificação do tema

A dissertação insere-se no âmbito da temática da previsão da vida útil de elementos construtivos, focando-se nas pinturas como revestimentos de acabamento para paredes exteriores dos edifícios. Não se considerarão madeiras e elementos metálicos como suporte dos revestimentos de acabamento por pintura neste estudo.

A pintura como revestimento de acabamento exterior tem inúmeras vantagens, destacando-se a sua facilidade de execução, a existência de um grande número de profissionais especializados na aplicação e um maior rendimento de execução deste tipo de acabamento ao invés de outros. As vantagens enunciadas traduzem-se num custo global menor comparativamente a outros tipos de revestimento, como por exemplo os materiais cerâmicos, a pedra natural e os ETICS. Na aplicação de revestimentos exteriores em materiais cerâmicos ou em pedra natural, é necessário adoptar cuidados adicionais, como por exemplo na aplicação do material de assentamento, na execução de juntas ou na colocação de elementos de fixação (Neto, 2008; Emídio, 2012 e Galbusera, 2012). Nos revestimentos em pedra natural, é relevante o facto de os processos de extracção e produção serem os que mais contribuem para o seu custo, não só em termos monetários mas também de consumo de recursos naturais. Já relativamente aos sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior, a maior complexidade e dificuldade de execução destes sistemas, associadas a um custo elevado, constituem as desvantagens determinantes para a preferência geral por outros tipos de revestimentos exteriores (Ximenes, 2012).

Apesar das vantagens enunciadas, o revestimento de pintura pode não ter o desempenho pretendido em serviço. Quando uma pintura não cumpre o nível de desempenho pretendido, tal pode ser devido à exposição a condições ambientais adversas, má execução ou má qualidade do material de acabamento ou do substrato (Teo *et al.*, 2005 e ISO 15686).

O conhecimento profundo dos factores que influenciam de forma significativa o desempenho de um determinado elemento permitirá desenvolver e instituir um conjunto de regras e procedimentos que mitiguem a influência negativa destes factores. Estas regras e procedimentos deveriam ter aplicabilidade numa fase de pré-execução, execução e pós-execução com o objectivo de garantir a capacidade de um elemento cumprir a função para a qual foi projectado durante um determinado período de tempo sob a influência de agentes em estado de serviço (durabilidade segundo a norma ISO 15686-1, 2005).

Tal como enunciado por Flores e Brito (2003b), a fachada tem um papel preponderante no comportamento global do edifício, uma vez que funciona como elemento protector do espaço interior contra os agentes exteriores, o que vem realçar ainda mais a importância de realizar estudos relacionados com a degradação deste elemento. Uma mais-valia para o trabalho que se pretende desenvolver é o facto de a fachada ser o elemento mais acessível de um edifício para efeitos de inspecção.

O que torna tão complexas as questões relacionadas com a durabilidade de um elemento é que não é possível controlar todos os factores que vão influenciar o desempenho do mesmo. Contudo, tal como enunciado por Teo *et al.* (2005), é possível ter algum controlo em factores associados, como por exemplo a composição dos materiais a utilizar, a qualidade de execução por parte da mão-de-obra e a fase de concepção.

Conseguir ter algum controlo sobre os factores que irão influenciar o desempenho dos componentes que constituem um edifício permitirá uma aproximação entre a actividade da construção e o conceito de sustentabilidade, uma vez que tal significará um aumento da durabilidade dos materiais, o prolongamento da vida útil dos elementos de construção e a diminuição das necessidades de reparação, reforço, demolição e substituição. Estas consequências positivas conduzirão a um menor gasto de recursos na fase de utilização e manutenção.

O Método Factorial é um método determinístico que foi primeiramente desenvolvido pelo Instituto de Arquitectura do Japão e proposto, na versão em inglês, em 1993 no documento *The English Edition of Principal Guide for Service Life Planning of Buildings* (Miyamoto, 2003). A vida útil é estimada, através do método factorial, multiplicando a vida útil de referência por um conjunto de factores correctivos relativos às características do elemento em análise. A norma ISO 15686 estipula que o valor destes factores deve variar entre 0,8 (condições desfavoráveis) e 1,2 (condições favoráveis), ou seja, se um factor influencia de forma negativa a durabilidade do elemento, este mesmo factor constitui uma condição desfavorável e irá reduzir a vida útil de referência quando é multiplicado por esta, daí o seu valor ser inferior a 1, e, o mesmo raciocínio se aplica a um factor que influencia a durabilidade do elemento em análise. O método factorial é alvo de algumas críticas muito relacionadas com a natureza empírica do mesmo, contudo, este método na matéria da previsão da vida útil é dos com maior aceitação na comunidade científica sobretudo devido à sua facilidade de aplicação. Uma outra grande vantagem deste método, enunciada por Gaspar (2002), é que, caso não estejam disponíveis todos os dados necessários para estimar a vida útil, estes podem ser acrescentados em qualquer fase do processo.

1.3. Objectivos e metodologia

O objectivo principal que se propõe atingir na dissertação é o desenvolvimento de um modelo para estimar a vida útil dos revestimentos de pintura de paredes exteriores através da aplicação do método factorial. Este objectivo prende-se com a temática da durabilidade na construção, conceito que tem ganho um interesse cada vez maior devido a razões económicas e ambientais (Hovde, 1998). A previsão da vida útil permite não só planear as operações de reparação num edifício e custos associados na fase de manutenção, mas também pretende ser uma ferramenta para os projectistas durante as tomadas de decisão na fase de concepção (Masters *et al.*, 1987 e Shoet *et al.*, 2003).

Relativamente à metodologia, cada fase do desenvolvimento desta dissertação corresponderá a um conjunto de metas parciais (Tabela 1.1) que contribuirão para o objectivo fundamental da mesma.

Tabela 1.1 - Metas e objectivos parciais da dissertação

Caracterizar as tintas	Definir os constituintes, propriedades, tecnologias de aplicação e comportamento das tintas após entrada em serviço.
Analisar a amostra de Chai (2011)	Identificar as necessidades para o trabalho de campo.
Desenvolver uma ficha de inspecção e diagnóstico	Realizar um modelo de registo que inclua a caracterização do edifício, dos revestimentos, do meio envolvente e das anomalias identificadas.
	Definir factores e escalas de degradação.
Analisar a amostra recolhida <i>in situ</i>, juntamente com a amostra de Chai (2011)	Caracterizar a amostra.
	Traçar modelos de degradação que traduzem a evolução da degradação ao longo do tempo.
Aplicar o Método Factorial	Propor um modelo analítico para o cálculo da vida útil de pinturas exteriores: identificar e quantificar os factores que afectam o desempenho dos revestimentos, calcular a vida útil de referência e estimar a vida útil dos revestimentos.

1.4. Estado da arte

Em 1910, foi lançado um livro de engenharia intitulado *'The gas turbine: progress in the design and construction of turbines operated by gases of combustion'* onde Henry Harrison Suplee escreveu *"In the present state of the art this is all that can be done"*.

Henry Harrison Suplee utilizou a expressão 'estado da arte' com o objectivo de transmitir tudo o que já se havia explorado ou desenvolvido relativamente ao objecto de estudo em questão. A partir de então, esta expressão começou a ser utilizada cada vez mais nas ciências de engenharia, bem como noutras áreas.

Pretende-se assim, neste capítulo, apresentar os marcos mais importantes já alcançados relativamente ao tema que se propõe desenvolver, começando-se por um enquadramento relativo ao papel de diferentes entidades técnicas sobre esta matéria.

1.4.1. Entidades científicas e documentos normativos

O CIB (*Conseil International du Bâtiment*) é uma associação cujos objectivos principais são estimular e facilitar a cooperação internacional e troca de informação entre institutos de pesquisa governamentais no sector da construção. O CIB é constituído por comissões de trabalho onde especialistas em diferentes áreas científicas colaboram em projectos internacionais e trocam informações numa base voluntária. Sobre o tema da presente investigação, destaca-se a comissão W80 *Prediction of service life of building materials and components*, cujo trabalho é realizado em parceria com uma comissão técnica do RILEM (*International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures*).

O RILEM publicou uma Recomendação que foi a base para o desenvolvimento dos conteúdos relativos à previsão da vida útil no âmbito da ISO (*International Organization for Standardization*), e, em 1984, a ISO publica uma norma na qual se descrevem os principais agentes que mais influenciam a durabilidade e a vida útil em termos do desempenho dos edifícios (Hovde e Moser, 2004). Nessa altura, desenvolveu-se uma série de normas relativas ao planeamento da vida útil dos edifícios que contêm princípios e procedimentos gerais para a previsão da vida útil, sendo que a primeira norma que pretendeu descrever os princípios e a estrutura conceptual da análise do ciclo de vida foi publicada em 1997 (Hovde e Moser, 2004).

Além das normas ISO, destaca-se a norma britânica BS 7543 que afirma no capítulo 4 que um projectista precisa de ter informação suficiente sobre a durabilidade para atender às necessidades do proprietário do edifício e desenvolver uma política racional para a durabilidade de todo o sistema de construção (BS 7543, 1992). No capítulo 9 da mesma norma, são definidas formas de avaliar a vida útil de um edifício.

É ainda importante referir o desenvolvimento da norma ASTM por parte da *American Society for Testing and Materials* que relaciona testes de degradação para a previsão da vida útil, modelando a funcionalidade com as condições de serviço dos edifícios (Silva e Falorca, 2009).

A nível nacional encontra-se em vigor o Regulamento Geral das Edificações Urbanas que estabelece no artigo 9º que as edificações existentes devem ser reparadas pelo menos uma vez de oito em oito anos, o que hoje se consideraria como uma abordagem preventiva (RGEU, 1951). Este documento encontra-se desajustado aos padrões actuais de segurança, qualidade, ou mesmo urbanísticos e sofreu, desde aquela data, várias tentativas de actualização (Ferreira, 2009).

Desta forma, foi proposto um novo documento denominado por Regulamento Geral das Edificações (RGE) que não se encontra ainda publicado. Este documento estabelece, segundo a proposta de alteração elaborada pelo Conselho Superior de Obras Públicas (2004), relativamente à vida útil das construções, as seguintes considerações (Silva, 2009):

- a vida útil de uma edificação (VUE), corresponde ao período 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);
- durante a vida útil das edificações, devem realizar-se actividades de inspecção, manutenção e reparação, nomeadamente em relação aos diversos componentes da edificação que tenham durabilidade inferior à vida útil (Artigo 117º, n.º 2).

Outro acontecimento importante de referir foi o desenvolvimento do Método de Avaliação do Estado de Conservação de imóveis (MAEC) pelo LNEC. Este método foi desenvolvido no âmbito da Lei n.º 6/2006 que permite a actualização extraordinária do valor das rendas, sendo que, o valor máximo de actualização depende do valor patrimonial tributário e de um coeficiente de conservação, que por sua vez, deve reflectir o estado de conservação do locado e a existência de infra-estruturas básicas. Para determinar o coeficiente de conservação, foi desenvolvido o MAEC e a Portaria n.º 1192-B/2006, de 3 de Novembro, que aprovou o modelo de ficha de avaliação, definiu os critérios de avaliação e estabeleceu as regras necessárias para a determinação do coeficiente de conservação. (Pedro *et al.*, 2009).

Em 2009, foi analisada a experiência de aplicação dos primeiros dois anos de vigência do MAEC, e, em 2012, foi realizado outro estudo que analisa a experiência de aplicação do método e avança com propostas para o seu aperfeiçoamento. As principais propostas foram a introdução de novos elementos para caracterização do edifício e do locado, a alteração da estrutura de avaliação, a desagregação do critério de avaliação em gravidade e em extensão da anomalia, a simplificação da estrutura de ponderações utilizada, a nova regra de cálculo do estado de conservação, a implementação de diferentes propostas em simultâneo e a definição de um índice de custos (Pedro, Vilhena e Paiva, 2009).

Pode-se afirmar que o desenvolvimento do MAEC constitui um grande passo na avaliação da degradação das edificações e é um contributo muito importante ao nível das temáticas de durabilidade, conservação e manutenção de edifícios.

1.4.2. Investigações desenvolvidas

Em 1987, Masters definiu, na 4ª Conferência Internacional sobre a Durabilidade de Materiais e Componentes de Construção, dez requerimentos fundamentais para um sistema de previsão da vida útil (Masters, 1987).

Em 1988, a Comissão da União Europeia aprovou a Directiva dos Produtos da Construção onde estão presentes seis requisitos que têm de ser cumpridos durante a vida útil (económica) de um edifício (EU, 1994).

Um marco muito importante ocorreu em 1989 quando o Instituto de Arquitectura do Japão criou um guia cuja intenção principal era definir o conceito de durabilidade para cada fase do ciclo de vida dos edifícios. Os esforços para desenvolver princípios e procedimentos e implementar regulamentação relativamente aos conceitos de durabilidade e vida útil a partir desta altura foram cada vez maiores da parte de muitos países, com destaque para a Nova Zelândia, o Reino Unido, Canadá, Noruega e Estados Unidos da América (Rudbeck 2002; Lacasse e Sjöström, 2004; Athena Institute, 2006; Kooymans e Abbott, 2006; Gaspar, 2009 e Silva, 2009).

Foi depois de ter ocorrido a *United Nations Conference on Environment and Development* no Rio de Janeiro em 1992 que surgiram as principais iniciativas relativamente à necessidade de determinar a vida útil de materiais e elementos relacionados com a área da construção (Hovde e Moser, 2004).

Em 1993, o Instituto de Arquitectura do Japão apresenta o *Japanese principal guide for service life planning of buildings*, onde se propõe pela primeira vez, segundo Chai (2011), o método factorial. Segundo este método, a vida útil é estimada a partir de uma vida útil de referência multiplicada por factores de degradação. Este guia inclui oito exemplos de previsão de vida útil de elementos ou componentes de edifícios: edifícios de madeira, elementos estruturais de edifícios de betão armado, edifícios com estrutura de aço, camadas de impermeabilização, revestimentos de acabamento em edifícios de betão armado, elementos cerâmicos em paredes exteriores de edifícios de betão armado, elementos de alumínio e canalização (AIJ, 1993).

Em 1994, foi desenvolvida uma monografia sobre diferentes metodologias para prever a vida útil de sistemas de revestimentos, onde os autores fazem a comparação entre as mesmas e revêm questões importantes sobre as dificuldades na previsão da vida útil ao nível da recolha e processamento de informação (Martin et al., 1994).

Em 1995, realizou-se na Finlândia um Workshop RILEM sobre os aspectos ambientais dos materiais de construção e estruturas. Hovde (2004) afirma que a grande conclusão retirada deste evento é que existia uma enorme necessidade de se desenvolver métodos através dos quais se pudesse analisar, avaliar e otimizar os impactes ambientais e outros requisitos de desempenho.

Em 1996, foi publicado o RILEM REPORT 14 onde é introduzido o conceito de “projecto de durabilidade” que, segundo a equipa do RILEM, requer uma metodologia e modelos de cálculo detalhados de processos de deterioração. Este documento constitui a primeira tentativa de introduzir no projecto de estruturas uma teoria de fiabilidade estrutural, princípios de durabilidade e modelos de cálculo para os processos mais comuns de degradação (RILEM TC 130-CSL, 1996).

O método factorial do guia japonês é posteriormente apresentado na norma ISO 15686-1 (2000) onde são expostas as várias limitações deste método. Em relação a este assunto, Hovde (2004) destaca o trabalho de Assaf *et al.* (1995) que realizam um inquérito na província oriental da Arábia Saudita a diversos empreiteiros, proprietários e empresas de arquitectura e engenharia. Após o inquérito, os autores reuniram trinta e cinco inconformidades diferentes encontradas na fase de construção de diferentes edifícios e concluíram que terá de ser considerado um número muito elevado de factores e parâmetros no método factorial, ou seja, será muito complicado quantificar e incluir todos os factores necessários para estimar um valor fiável para a vida útil.

Com os trabalhos de Frohnsdorff e Martin (1996) foi sugerida a necessidade da existência de projectos de vida útil e que seria primordial desenvolver mais estudos na matéria de durabilidade e vida útil. Destacam-se ainda, os trabalhos desenvolvidos por Thoft-Christensen (1997) e por Brito e Branco (1998) que apresentam estimativas da vida útil de pontes em betão e por Aikivuori (1999) que defende que o fim da vida útil de um edifício não é apenas determinado por degradação física.

Na 8ª Conferência Internacional sobre a Durabilidade de Materiais e Componentes de Construção, em 1999, Aarseth e Hovde (1999) apresentam um método que pretende ser uma versão melhorada do método factorial descrito na ISO 15686 através da introdução de uma avaliação estatística dos factores de deterioração. Moser (1999) é outro autor que no mesmo ano apresenta uma proposta de aprimoramento do método factorial através do tratamento estatístico individual de cada factor, contrariamente a Aarseth e Hovde (1999) que realizam um tratamento estatístico de todos os factores em conjunto no seu *step-by-step principle*. Hovde (2004) afirma que Moser (1999) faz este tratamento estatístico através da utilização de diferentes distribuições estatísticas para cada factor e estipulando valores para o valor mínimo, mais provável e máximo de cada factor.

Têm sido realizados muitos estudos, ao longo dos anos, onde se desenvolvem aplicações do método factorial a determinados elementos de construção, tendo-se como exemplos internacionais: Teplý, 1999 (estruturas); Hovde, 1999 (sistemas de protecção passiva contra incêndios); Strand e Hovde, 1999 (materiais de revestimento exterior - madeira e tijolo); Vesikari, 2000 (fachadas de betão); Marteinson, 2001 (janelas de madeira); Abu-Tair *et al.*, 2002 (pontes de betão) e Teo *et al.*, 2005 (pintura de argamassas em fachadas).

A nível nacional, foram também desenvolvidas muitas investigações em torno da temática da vida útil, tendo-se como exemplos: Brito, 1987 (estruturas de betão); Sousa, 2008 (revestimentos cerâmicos aderentes em fachada); Gaspar, 2009 (rebocos de edifícios correntes); Silva, 2009 (revestimentos de pedra natural); Garrido, 2010 (pinturas de fachadas de edifícios antigos); Chai, 2011 (revestimentos de pintura em paredes exteriores); Ximenes, 2012 (ETICS em paredes exteriores); Emídio, 2012 (revestimentos de pedra natural) e Galbusera, 2012 (revestimentos cerâmicos).

1.4.3. Conceitos fundamentais e critérios de análise da vida útil

A norma ISO 15686-1 (2000) define vida útil como o período de tempo, após a construção, durante o qual o desempenho do edifício e dos seus elementos cumpre parâmetros específicos. A definição destes parâmetros ou requisitos é o que vai determinar o fim da vida útil. Tendo por base o trabalho de vários autores como Ang e Wyatt (1999), Brito (2001), Gaspar (2009) e Moser (2004), estes requisitos podem incidir sobre aspectos de deterioração física, aspectos de funcionalidade, questões de segurança definidas em documentos normativos, questões estéticas ou conteúdos de ordem económica. Segundo Gaspar (2002), o conceito de vida útil torna-se complexo ao se considerar a variabilidade do contexto que enquadra um certo elemento, das expectativas que dele se têm ou do que significa a sua funcionalidade para uma determinada época.

Outro conceito que importa definir é a obsolescência que, segundo a ISO 15686, é a perda de capacidade de um elemento de responder às exigências de desempenho actuais, podendo ser a nível funcional, tecnológico ou económico. A partir deste conceito, Gaspar (2002) define três grupos de factores que determinam o fim da vida útil de um elemento por ordem de importância: obsolescência funcional ou de imagem, desempenho económico e vida útil física (durabilidade). Já Moser (2004) refere que os três critérios principais que condicionam a vida útil são os factores de funcionalidade, factores de segurança e factores de aparência.

A dissertação que se propõe desenvolver foca-se no conceito de durabilidade. A norma ISO 15686-1 (2000) define durabilidade como a capacidade de um edifício ou das suas partes de desempenharem as suas funções durante um período de tempo específico sob a influência de agentes previstos em serviço.

Já Gaspar (2002) define durabilidade como sendo o período de tempo durante o qual um edifício ou as suas partes respondem adequadamente às exigências que lhes são impostas sem sofrerem desgaste físico irreversível ou em que, em caso de deterioração física, uma manutenção corrente é suficiente e os investimentos são consideravelmente menores do que o custo de reposição do elemento.

Algo interessante de referir é o princípio das camadas de durabilidade enunciado por Duffy (1999), que consiste na noção que as diferentes partes de um edifício mudam e envelhecem a ritmos diferentes, tal como apontado por Gaspar (2002). As camadas de um edifício poderão ter uma mutabilidade mais lenta como a estrutura ou uma mutabilidade mais rápida como os revestimentos exteriores.

Tal como referido, Gaspar (2002) afirma que o fim da vida útil de uma construção representa um ponto no tempo em que esta deixa de poder assegurar as actividades que se desenvolvem na mesma por obsolescência funcional, falta de rentabilidade económica ou degradação física das suas camadas hierarquicamente mais determinantes. Gaspar faz ainda uma consideração muito importante que é o facto de que, mesmo que se mantenha assegurado o interesse económico ou patrimonial de um determinado edifício ou componente e que os mesmos cumpram os requisitos de funcionalidade, a vida útil das construções depende, no limite, da sua integridade física. Desta forma, a natureza mensurável das propriedades físicas dos materiais levou a que praticamente todo o estudo da vida útil se tenha centrado na durabilidade.

1.5. Métodos para estimar a vida útil

Neste sub-capítulo, pretende-se apresentar os métodos existentes para a previsão da vida útil. Sarja e Vesikari (1996) distinguiram três modelos de durabilidade:

- i) modelos de vida útil - representações matemáticas que demonstram a vida útil de uma estrutura como uma função de diferentes parâmetros de concepção;
- ii) modelos de desempenho - representações matemáticas que demonstram a diminuição do desempenho como uma função de tempo e com os parâmetros de concepção adequados;
- iii) modelos de degradação - representações matemáticas que demonstram o aumento da degradação com o tempo e com os parâmetros de concepção adequados.

Segundo Daniotti (2008), a previsão da vida útil pode ser realizada a partir de três famílias principais de métodos: os métodos probabilísticos, os métodos de engenharia e os métodos determinísticos.

Os métodos probabilísticos são definidos como processos estocásticos que definem a probabilidade de ocorrer mudança do estado no elemento em estudo baseados em cálculos probabilísticos com matrizes (Cecconi, 2002), sendo que, o objectivo destes métodos é a elaboração de modelos que procuram descrever a evolução da degradação e as respectivas incertezas decorrentes dos períodos de tempo considerados (Santos, 2010). Sousa (2008) e Silva (2009) consideram que estes métodos devem ser aplicados caso se justifique, uma vez que necessitam de uma grande quantidade de dados concretos recolhidos ao longo de um elevado período de tempo e de terem uma enorme dependência do trabalho de campo.

Silva (2009) apresenta dois exemplos dos métodos probabilísticos utilizados: o modelo de Markov e o *Trend plots*. O modelo de Markov baseia-se na hipótese de um modelo de deterioração poder ser definido a partir de um número limitado de condições e tem em conta a probabilidade de transição entre níveis de degradação dependendo das intervenções realizadas (Noortwijk e Frangopol, 2004). O *Trend plots* é um método sugerido por Leira *et al.* (1999) que necessita de uma grande quantidade de informação relativamente à durabilidade de um dado elemento.

Segundo Daniotti (2003), os métodos de engenharia são utilizados para identificar analiticamente a diminuição do desempenho permitindo um melhor controlo do fenómeno da degradação do objecto em estudo. Galbusera (2012) afirma que este método é intermédio entre os métodos probabilísticos e os determinísticos. Como exemplo de um método de engenharia, tem-se o *Failure Mode and Effects Analyses* que é um método de análise de risco cujo objectivo é registar todos os agentes de degradação que podem actuar nos edifícios durante a fase de exploração (Talon *et al.*, 2005).

Santos (2010) afirma que o método tem como vantagem a sua adaptabilidade a diferentes sistemas de construção e demonstra a sua possível aplicação a todos os sistemas de construção existentes; contudo, o autor refere ainda que o método tem um carácter exaustivo, moroso e consequentes custos de aplicação. Emídio (2012) indica que este método tem a contrapartida de que, até à construção do modelo, é necessário um estudo aprofundado dos modos de degradação.

Sarja e Vesikari (1996) consideram que os modelos determinísticos são utilizados em concepções de durabilidade determinística onde a dispersão de resultados não é fornecida. Com os valores conhecidos dos parâmetros, o modelo tem apenas em conta um valor de degradação ou desempenho ou vida útil que é muitas vezes o valor médio. Em alguns casos, os modelos determinísticos são formulados para valores de quantilho superior ou inferior em vez do valor médio. Segundo Gaspar (2002), estes métodos baseiam-se no estudo de factores de degradação que afectam os elementos estudados, sendo que cada um destes factores é ordenado segundo o seu peso específico e traduzido em fórmulas que expressam a sua acção ao longo do tempo até se atingir o valor mínimo aceitável de desempenho.

Gaspar (2002) aponta ainda que os métodos determinísticos são fáceis de compreender e de aplicar e têm as vantagens de serem implementados rapidamente, evitarem a redundância de informação e de manterem a sua operacionalidade mesmo que não estejam disponíveis todas as variáveis do problema em questão. No entanto, estes métodos não têm em conta a variabilidade associada aos processos de degradação e vários autores criticam a sua excessiva simplicidade na tradução de uma realidade complexa.

Na dissertação que se propõe desenvolver, recorrer-se-á a um método determinístico designado por método factorial. Importa assim rever este método de forma mais pormenorizada.

1.5.1. Método factorial

O método factorial foi desenvolvido primeiramente pelo Instituto de Arquitectura do Japão, tendo sido posteriormente apresentado na norma ISO 15686-1 (2000) onde é apresentada a expressão de cálculo que permite estimar a vida útil dos materiais ou elementos de construção:

$$VUE = VUR \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G \quad \text{Equação 1.1}$$

Sendo que:

- VUE - vida útil estimada;
- VUR - vida útil de referência;
- A - factor relacionado com a qualidade dos materiais;
- B - factor relacionado com a concepção;
- C - factor relacionado com a execução;
- D - factor relacionado com as condições ambientais interiores;
- E - factor relacionado com as condições ambientais exteriores;
- F - factor relacionado com as condições de utilização;
- G - factor relacionado com a manutenção.

A norma ISO 15686-1 (2000) define “vida útil de referência” como a vida útil de um edifício ou dos seus componentes num contexto de referência. A mesma norma define “vida útil estimada” como a vida útil esperada de um edifício ou dos seus componentes num determinado contexto, calculada através do ajustamento de uma vida útil de referência a partir de factores relacionados com os materiais, o projecto, condições ambientais, de utilização e manutenção.

Os factores apresentados estão relacionados com características próprias dos elementos em estudo, com as fases de projecto, execução e manutenção e com as condições ambientais e de utilização.

Estes factores são quantificados tendo em conta se constituem uma variável favorável (maiores que 1), desfavorável (menores que 1) ou corrente (igual a 1).

Segundo vários autores, o método factorial apresenta limitações sobretudo devido ao seu carácter empírico (são atribuídos valores de ponderação arbitrários a cada factor de degradação), à sua grande sensibilidade face a pequenas variações dos dados e pela falta de indicações concretas para definir a vida útil de referência (uma das maiores fragilidades do método) (Bourke, 1999; Hovde e Moser, 2004; Nicolella, 2005; Silva, 2009; Santos, 2010 e Chai, 2011).

De forma a ultrapassar algumas das críticas apontadas ao método factorial, Aarseth e Hovde (1999) desenvolveram o princípio *step-by-step* que permite lidar com os factores modificadores através de uma abordagem estocástica (funções aleatórias). Segundo os autores, após o cálculo estatístico, a vida útil estimada é expressa em três valores: o valor esperado e o valor esperado mais e menos o desvio-padrão. Já Moser (2004) incluiu uma abordagem probabilística no método ao utilizar diferentes distribuições estatísticas e atribuir valores individuais de mínimo, mais provável e máximo para cada factor (Hovde e Moser, 2004). Desta forma, pode-se concluir que o método factorial é um método determinístico apto para incluir outro tipo de abordagens.

Apesar de todas as desvantagens associadas ao método factorial, continua a ser o método com maior aceitação e aplicação prática. As principais vantagens deste método são a sua grande operacionalidade e o facto de se poderem acrescentar dados em qualquer ponto do processo para a estimativa da vida útil.

No tema que se propõe desenvolver, os dados necessários para estimar a vida útil das pinturas exteriores são obtidos com base em trabalho de campo, o qual corresponde à inspecção de paramentos exteriores em serviço, ou seja, em condições reais de utilização e de exposição.

1.5.2. Enquadramento inicial com o trabalho de Chai (2011)

Chai (2011) inspeccionou 160 edifícios em Lisboa e registou as informações relativas aos revestimentos de pintura exterior necessárias à previsão da vida útil. Estes dados correspondem às características dos edifícios, da localização, condições ambientais, dos revestimentos propriamente ditos e às anomalias presentes nos elementos em estudo.

No presente trabalho, os dados que se utilizam correspondem a uma amostra que inclui a amostra recolhida por Chai (2011) e a amostra recolhida no trabalho de campo actual. Esta amostra é o resultado da organização numa base de dados dos dados recolhidos em campo. Os dados de Chai (2011) são analisados estatisticamente com o objectivo de identificar as suas lacunas e, por conseguinte, a quantidade de casos que é necessário inspeccionar para colmatar essas lacunas. Alguns dos dados registados no trabalho de campo correspondem às variáveis que afectam a durabilidade dos revestimentos de pintura, ou seja, estas variáveis correspondem aos factores de degradação que fazem parte do método factorial.

Chai (2011) aplicou os modelos desenvolvidos por Gaspar (2002) e Gaspar (2009). O primeiro modelo converte dados de natureza discreta (informação referente à condição de partes da fachada sob a forma de patamares ou níveis de degradação) num resultado de natureza linear, que corresponde à obtenção de um modelo de degradação. Este modelo é conseguido a partir da aplicação de métodos de regressão aos pontos da amostra (casos de estudo) para obter uma expressão que represente um coeficiente de determinação (R^2) elevado entre as variáveis do modelo, ou seja, o objectivo é obter o modelo que melhor se ajusta à nuvem de pontos que compõem a amostra.

No primeiro modelo, apenas se tem em conta o nível de degradação e o número das anomalias registadas e no segundo modelo, Gaspar (2009) define ainda três indicadores de degradação (extensão da degradação, extensão ponderada da degradação e severidade de degradação), que serão explicados com maior detalhe no capítulo 4.

Tal como afirmado por Chai (2011), neste modelo Gaspar (2009) desenvolve uma metodologia que transpõe os resultados fornecidos por um método gráfico para o método factorial.

Chai (2011) estima dois valores de vida útil dos revestimentos de pintura a partir de um modelo de regressão linear e não linear. Na presente dissertação pretende-se estimar a vida útil dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) juntamente com os inspeccionados n trabalho de campo actual, a partir do método factorial, ou seja, usando directamente a metodologia proposta por Gaspar (2009) aplicada a revestimentos de pintura em paredes exteriores.

1.6. Organização da dissertação

A dissertação está organizada em sete capítulos. Em seguida, descreve-se resumidamente o conteúdo de cada uma das secções que compõem a presente investigação.

Capítulo 1 - Neste capítulo, são feitas considerações iniciais, expõe-se o âmbito e a justificação do tema e são apresentados os objectivos e a metodologia da dissertação. Este capítulo aborda ainda o estado da arte relativamente à temática da vida útil e faz-se a exposição das principais entidades científicas, documentos normativos e investigações desenvolvidas que se relacionam com a mesma. Nesta secção são ainda descritos os conceitos fundamentais e métodos para estimar a vida útil com destaque para o método factorial, que será aplicado na presente dissertação.

Capítulo 2 - Neste capítulo, são caracterizados os revestimentos de pintura, referindo-se os principais tipos de tinta, constituintes e parâmetros dos produtos de pintura, exigências funcionais, tecnologia de aplicação, anomalias e causas associadas. Por último, determina-se quanto uma determinada anomalia afecta um elemento em estudo em termos de durabilidade.

Capítulo 3 - Neste capítulo, é analisada a amostra de Chai (2011) de forma a definir as necessidades para o trabalho de campo. Seguidamente, são apresentados os campos a preencher na ficha de inspecção e diagnóstico que será a base de registo dos dados adquiridos *in situ* e a metodologia adoptada. A última etapa deste capítulo corresponde à caracterização da amostra recolhida juntamente com a amostra de Chai (2011).

Capítulo 4 - Neste capítulo, o modelo de degradação desenvolvido por Gaspar (2009) é aplicado. Primeiramente, é definido o fim da vida útil e os cinco níveis de degradação que caracterizam qualitativamente a condição dos revestimentos de pintura. Por último, são traçadas as curvas de degradação de acordo com as características dos revestimentos, determina-se a idade correspondente ao fim da vida útil e analisa-se os resultados obtidos.

Capítulo 5 - Neste capítulo, é primeiramente apresentada uma metodologia para calcular os valores de vida útil prevista para todos os revestimentos. Em seguida, são construídos modelos gráficos que representam a distribuição da vida útil dos revestimentos ao longo do tempo. A vida útil de referência é calculada após a quantificação da forma como determinadas variáveis afectam o desempenho dos revestimentos de pintura a partir da definição de valores de ponderação. Estes valores são posteriormente otimizados a partir da simulação de seis cenários diferentes que permitem estimar a vida útil para cada revestimento. Os resultados conseguidos são analisados a partir de indicadores estatísticos calculados para cada uma das iterações realizadas.

Capítulo 6 - No capítulo final, são descritas as ilações finais relativas à dissertação desenvolvida e sugere-se possíveis desenvolvimentos futuros com o objectivo de continuar a investigação referente a esta temática.

1.7. Conclusão

Neste capítulo, procurou-se enquadrar o tema da presente dissertação a partir das investigações já desenvolvidas no mesmo. Refira-se que foram apresentadas razões que justificam a importância da temática da previsão da vida útil, nomeadamente questões de planeamento, gestão de recursos e de sustentabilidade.

Foram também descritos conceitos, critérios fundamentais e métodos para estimar a vida útil, com destaque para o método factorial que se irá desenvolver na presente dissertação.

Finalmente, descreve-se a organização do trabalho com uma sucinta referência aos conteúdos de cada capítulo.

2. Revestimentos de pintura

2.1. Introdução

Neste capítulo, realiza-se uma caracterização dos revestimentos por pintura, abordando conceitos fundamentais no universo da pintura. Faz-se uma breve caracterização das tintas (constituintes e tipos de produto), exigências funcionais, tecnologias de aplicação, anomalias e causas e níveis de degradação.

Tendo em conta que já foi realizada uma caracterização aprofundada sobre as tintas e revestimentos de pintura em inúmeros trabalhos (Eusébio, 1985a; Eusébio e Rodrigues, 1990; Shwartz, M. e Baumstark e Ulrich Zorll, 2001; Veiga e Tavares, 2002; Tavares, 2002; Ribeiro e Eusébio, 2002; Baumstark, 2005; Moreira, 2006; Amaro, 2007; Moura, 2008; Barros, 2008; Lopes, 2008; Brito, 2009; Cunha, 2009; Fiúza, 2009; Nogueira, 2009 e Chai, 2011), neste capítulo foram reunidas apenas as questões mais relevantes para o presente estudo sobre este tipo de revestimentos.

2.2. Conceitos

A norma ISO 4618 (2014) define revestimento como um produto em forma líquida, pasta ou em pó que, quando aplicado num substrato, forma uma película com funções de protecção, decoração e/ou outras propriedades específicas. Já um sistema de revestimento é uma combinação de materiais de revestimento, sendo que o último a ser aplicado se designa camada de acabamento.

Tinta é a matéria-prima da pintura, sendo constituída por veículo fixo ou ligante, solvente ou veículo volátil, pigmentos, carga e aditivos. A NP 41 (1982) define tinta como uma composição pigmentada líquida, pastosa ou sólida que, quando aplicada em camada fina sobre uma superfície apropriada, no estado em que é fornecida ou após fusão, diluição ou dispersão em produtos voláteis, é conversível ao fim de certo tempo numa película sólida, corada e opaca.

Refira-se que “pintura” é a tarefa de aplicar uma tinta sobre uma superfície a proteger, decorar ou conferir propriedades especiais e “revestimento por pintura” refere-se ao filme ou película formada após o processo de secagem da tinta (Moreira, 2006; Moura, 2008 e Chai, 2011).

2.3. Tintas

Neste sub-capítulo, caracteriza-se as tintas descrevendo os seus constituintes, os principais parâmetros que caracterizam o seu comportamento e os principais tipos de tinta utilizados.

2.3.1. Constituintes

Como referido, os constituintes de uma tinta são os seguintes: ligante, solvente, pigmentos, cargas e os aditivos. O ligante ou veículo fixo é um elemento predominantemente macromolecular amorfo com uma massa molecular relativamente baixa e é responsável pela formação da película seca ou filme, ou seja, fixa os componentes sólidos da tinta (pigmentos e cargas) ao suporte (ISO 4618, 2014). O tipo de ligante determina o comportamento da tinta em termos de alastramento, nivelamento, tempo de secagem e, após secagem, influencia o brilho e a dureza (Chai, 2011). A cal deixou de ser o ligante inorgânico mais utilizado devido à sua baixa durabilidade, o que propulsionou o aparecimento de outros tipos de ligante como as resinas de silicatos alcalinos, tendo interesse mencionar que os ligantes inorgânicos continuam a ser fundamentais em acções de reabilitação de paramentos em edifícios antigos (Ribeiro e Eusébio, 2002; Tavares, 2002; Veiga e Tavares, 2002 e Brito, 2009).

Actualmente, o que mais se utiliza para executar revestimentos exteriores são os ligantes de resinas sintéticas (Chai, 2011). Finalmente, conforme mencionam vários autores, é relevante dizer que o tipo de ligante utilizado se reflecte na durabilidade do revestimento, uma vez que condiciona o revestimento em termos de resistência química (Eusébio e Rodrigues, 1990), permeabilidade, absorção de água por capilaridade (Brito, 2009) e flexibilidade (Cunha, 2009).

O solvente é um elemento volátil sob condições de secagem específicas que pode ser um líquido ou uma mistura de líquidos, sendo a sua função tornar o ligante suficientemente líquido para a tinta ser fácil de aplicar (Amaro, 2007). Existem tintas cujo ligante está totalmente dissolvido no solvente e outras em que está disperso no solvente (Brito, 2009). As tintas de base aquosa (à base de água) têm vindo cada vez mais a substituir as tintas com solventes orgânicos devido ao facto de as primeiras apresentarem vantagens em termos económicos (maior rendimento por m²/l) e ao nível de saúde e ambiente (menor toxicidade) (Eusébio, 1985a e Amaro, 2007).

Os pigmentos são em geral finas partículas sólidas (orgânicas ou inorgânicas) e insolúveis no veículo que podem conferir propriedades como opacidade (que resulta da diferença entre os índices de refração do pigmento e do ligante), cor, brilho, resistência e protecção às tintas (NP 41, 1982). É relevante mencionar que o tipo de pigmentos ou a sua quantidade na tinta pode influenciar a vida útil do revestimento, tendo em conta, por exemplo, que diferentes pigmentos significam diferentes comportamentos relativamente às radiações absorvidas: podem conferir ao revestimento maior ou menor resistência relativamente aos raios UV, maior ou menor facilidade de perda de cor ou brilho e maior ou menor retenção de humidade devido a maior ou menor retenção de calor. A quantidade de pigmentos influencia a permeabilidade do revestimento relativamente ao ar, vapor de água e sais (Robbialac, 1958; Eusébio e Rodrigues, 1990; Barros, 2008; Lopes, 2008; Fiúza, 2009; Nogueira, 2009 e Chai, 2011). Desta forma, o tipo e quantidade de pigmentos presentes numa tinta influenciam a durabilidade do revestimento executado com a mesma.

As cargas são partículas granulares ou em pó, inorgânicas, insolúveis no ligante e com fraco poder de cobertura, que se utilizam para modificar as propriedades das tintas (NP 41, 1982). As cargas podem aumentar a durabilidade de um revestimento uma vez que podem melhorar a aderência ao suporte, conferir resistência química, à abrasão ou ao fogo, capacidade de isolamento térmico e acústico e influenciar o brilho, a viscosidade e a permeabilidade da tinta (Eusébio, 1985a; Moura, 2008 e Nogueira, 2009).

Os aditivos são elementos solúveis líquidos, viscosos ou em pó que são adicionados às tintas em pequenas quantidades (menos de 5% da massa total) para acentuar ou modificar determinadas propriedades (Eusébio, 1985a). Estes elementos são classificados de acordo a sua função na tinta, podendo ser construtivos: biocidas, insecticidas, molhantes (facilitar a aderência), secantes (acelerar o processo de secagem), dispersantes (manter a dispersão sólido-líquido homogénea), plastificantes (conferir flexibilidade), espessantes (aumentar a viscosidade), mateantes (conferir aspecto mate), inibidores de corrosão na lata e absorvedores de UV ou correctivos: anti-espumas, anti-peles (retardam a formação de pele no recipiente da tinta), anti-congelantes (reduzem a temperatura de solidificação), anti-gases (reduzir toxicidade) ou anti-estáticos (reduzir o fenómeno de geração de electricidade estática), (Barros, 2001 e Amaro, 2007). Desta forma, os aditivos têm um papel relevante na questão da durabilidade dos revestimentos, uma vez que podem conferir propriedades aos revestimentos que não teriam sem os mesmos.

2.3.2. Principais parâmetros

Os principais parâmetros a considerar num revestimento por pintura são:

- temperatura de transição vítrea (T_g) - temperatura a partir da qual um material passa de estado sólido para um estado mais flexível.

A uma temperatura inferior à Tg, o filme da tinta é frágil e duro, existindo maior tendência para a fissuração e, a temperaturas superiores, o filme tem um módulo de elasticidade menor, acompanhando melhor eventuais deformações do suporte (Shwartz, Baumstark e Ulrich Zorll, 2001; Amaro, 2007 e Fiúza, 2009);

- temperatura mínima de formação de filme (TMFF) - temperatura a partir da qual se forma o filme (coalescência das partículas). A TMFF é uma temperatura geralmente mais baixa do que a Tg devido à presença dos solventes e dos plastificantes que deverão desaparecer por evaporação para que o filme de tinta adquira as propriedades físicas pretendidas (Shwartz, Baumstark e Ulrich Zorll, 2001 e Chai, 2011);
- concentração em volume de pigmentos (PVC - *pigment volume concentration*) - percentagem calculada a partir da razão entre o volume de pigmentos mais cargas e o volume de pigmentos mais cargas mais ligante. O PVC crítico é a concentração máxima em volume de pigmentos para a qual o ligante consegue molhar todos os pigmentos e cargas, preenchendo todos os interstícios entre os mesmos e formando um filme contínuo (Eusébio, 1985a). Se o PVC crítico for excedido, o ligante não assegura a ligação entre todos os pigmentos e cargas e, desta forma, a porosidade aumenta (Baumstark, 2005), o filme perde elasticidade, ou seja, existe maior risco de fissuração (Schwartz e Baumstark, 2001), a permeabilidade é maior (Baumstark, 2005) e existe maior propensão para a pulverulência (Eusébio, 2007). Abaixo do PVC crítico, existe um aumento do brilho, dureza, flexibilidade, pegajosidade (maior facilidade de adesão de sujidade) e aumento da resistência perante agentes climáticos (uma vez que a porosidade é menor) (Barros, 2001 e Baumstark, 2005);
- nível de água absorvida - depende do polímero que constitui o ligante (quanto mais hidrofílico for o ligante, maior será a absorção de água), do tipo e quantidade de sais solúveis em água e emulsionantes (reduzem a distância entre as partículas produzindo pressão osmótica), do tipo e quantidade de aditivos absorvedores de água, da Tg do polímero, da qualidade do filme em condições secas e do pH da água (Shwartz, M. e Baumstark, 2001). A água absorvida aumenta a extensibilidade dos filmes, diminui a resistência mecânica (perda de poder ligante devido à redução das forças de adesão do polímero) e leva à lixiviação dos elementos solúveis em água (aumento da qualidade da tinta) (Shwartz, Baumstark, 2001);
- perfil reológico - relaciona-se com a deformação do material quando sujeito a uma força externa. Por um lado, a tinta deve ter uma viscosidade suficientemente baixa a altas velocidades de deformação para ser fácil de aplicar numa superfície e, por outro, deve ter uma viscosidade suficientemente alta a baixas velocidades de deformação para evitar separação de componentes em diferentes fases (Amaro, 2007).

2.3.3. Tipos de tinta

Os principais tipos de tinta utilizados são:

- tintas lisas tradicionais - são tintas de base aquosa com um pH elevado para garantir a estabilidade dos ligantes, que podem ser fabricadas a partir de emulsões de polímeros e copolímeros puramente acrílicos, emulsões estireno-acrílicas ou emulsões vinílicas. As emulsões acrílicas têm um custo superior ao das restantes pois servem para produzir tintas para exterior com grande resistência aos agentes atmosféricos, flexibilidade e dureza e alta retenção de brilho (Chai, 2011). As emulsões de copolímeros estireno-acrílicos têm uma boa relação desempenho / custo e permitem produzir tintas superiores em termos de resistência à saponificação (o estireno é estável à hidrólise) e com menor nível de absorção de água (os ligantes acrílicos são mais hidrófobos do que os ligantes vinílicos), (Amaro, 2007). As emulsões vinílicas são utilizadas sobretudo para fabrico de tintas interiores pois têm menos resistência em termos de saponificação e relativamente aos agentes atmosféricos (Barros, 2001 e Amaro, 2007);

- tintas texturadas - são tintas que são formuladas a partir de areias (sílicas e cargas de elevada resistência) que lhes conferem um aspecto rugoso (Chai, 2011). O aspecto irregular das camadas executadas com estas tintas disfarça a presença de fissuração ligeira e a sua espessura elevada protege muito mais o substrato do que camadas realizadas com as tintas lisas (Amaro, 2007). Contudo, a espessura superior resulta em menor porosidade, reduzindo a permeabilidade ao vapor de água e aumentando a tendência para a perda de aderência, ou seja, este tipo de tinta não é adequada para intervenções de reabilitação onde geralmente estão presentes paredes com elevado teor de água e sais solúveis (Ribeiro e Eusébio, 2002 e Amaro, 2007). Outra questão relaciona-se com a rugosidade ser uma desvantagem em termos de acumulação de sujidade (Moura, 2008);
- membranas elásticas - são tintas de base aquosa produzidas com polímeros acrílicos (revestimentos que acumulam menos sujidade) ou com polímeros estireno-acrílicos (revestimentos mais impermeáveis à água), (Amaro, 2007). A característica principal das tintas flexíveis é a capacidade de terem elasticidade a temperaturas baixas, ou seja, conseguem acompanhar eventuais deformações do suporte (Chai, 2011). Contudo, a capacidade de estas camadas serem elásticas a baixas temperaturas é conseguida adicionando plastificantes não voláteis que aumentam a pegajosidade do filme, ou seja, existe maior tendência para a acumulação de sujidade (Amaro, 2007, citando Schwartz e Baumstark, 2001). As espessuras elevadas das camadas que se consegue executar com estas tintas são vantajosas em termos de protecção do suporte, mas constituem uma desvantagem em termos de permeabilidade ao vapor de água, o que torna os revestimentos de membrana elástica inadequados para edifícios antigos (Chai, 2011);
- tintas de silicone - são tintas compostas por uma parte orgânica constituída por resina de silicone (40% do ligante no mínimo, segundo a norma DIN 18363-10, 2006) com resina acrílica ou estireno-acrílica e por uma parte inorgânica (átomos de silício e oxigénio), (Chai, 2011). Estas tintas são formuladas com um elevado volume de pigmentos (acima do PVC) o que conduz a filmes muito porosos e permeáveis ao vapor de água (Amaro, 2007). Têm ainda a particularidade de conseguirem ser permeáveis ao vapor de água e, ao mesmo tempo, não serem demasiado permeáveis à água líquida devido ao efeito hidrófugo dos poros (Shwartz, Baumstark e Ulrich Zorll, 2001). As resinas acrílicas ou estireno-acrílicas são adicionadas para compensar o fraco poder ligante das resinas de silicone, sendo que também aumentam a resistência à pulverulência e à aderência ao suporte (Shwartz, Baumstark e Ulrich Zorll, 2001). Contudo os revestimentos de tinta de silicone têm ainda, por comparação com outros, uma fraca adesão ao substrato (necessário aplicar um primário), baixa elasticidade e tendência a pulverizar (Amaro, 2007);
- tintas à base de Hidro-pliolite - são tintas lisas que surgiram recentemente no mercado nas quais a utilização de dispersões híbridas orgânicas e inorgânicas baseadas em nanocompósitos torna possível conjugar as vantagens dos materiais orgânicos (elasticidade e resistência à água) e inorgânicos (dureza e permeabilidade ao vapor de água) evitando a utilização de solventes (Eliokem, 2003). Com a nanotecnologia, é possível manipular a matéria a uma escala manométrica e fabricar tintas de maior durabilidade como é o caso das tintas constituídas pelo ligante hidro-pliolite constituído por copolímeros acrílicos (Nennemann et al., 2009);
- tintas de silicatos - são tintas de base aquosa constituídas por um ligante inorgânico (silicato de potássio) e outro orgânico (Amaro, 2007). A secagem do filme constituído por estas tintas depende das reacções entre os componentes das mesmas e dos constituintes de natureza mineral do suporte (Amaro, 2007; Brito, 2009 e Fiúza, 2009). Desta forma, as tintas de silicatos não podem ser aplicadas em superfícies orgânicas e não devem ser aplicadas sobre outro tipo de tintas. Os revestimentos executados com este tipo de tintas são permeáveis ao vapor de água, têm baixa permeabilidade à água líquida, boa resistência ao desenvolvimento de organismos (nutrientes escassos) e uma elevada resistência ao fogo (Baumstark, 2005; Moura, 2008; Cin, 2010a e Chai, 2011). Estas tintas são muitas vezes utilizadas na reabilitação por os respectivos revestimentos apresentarem um acabamento muito semelhante ao das pinturas de cal;

- tintas de cal - são tintas cujo processo de secagem passa pela carbonatação do hidróxido de cálcio (cal apagada) e evaporação da água (Ribeiro e Eusébio 2002). A adesão ao suporte ocorre através da penetração do hidróxido de cálcio por sucção capilar e o carbonato de cálcio resultante da carbonatação adere fisicamente ao substrato (Ribeiro e Eusébio 2002). As tintas de cal são actualmente sobretudo utilizadas em rebocos de cal e areia em intervenções de reabilitação (Brito, 2009). Os revestimentos a cal têm baixa durabilidade e as necessidades de repintura são consideravelmente superiores relativamente aos revestimentos executados com outras tintas (Ribeiro e Eusébio 2002).

2.4. Requisitos

Neste sub-capítulo, faz-se referência às principais exigências a nível técnico e funcional que os revestimentos por pintura devem cumprir e os factores que influenciam a escolha dos produtos para executar os mesmos.

2.4.1. Escolha do produto de pintura

A escolha do produto para executar a pintura deve ter em conta o ambiente exterior em que o revestimento ficará inserido e o suporte a revestir. Relativamente à forma como o tipo de suporte influencia a escolha do produto de pintura, tomem-se como exemplos as paredes dos edifícios antigos e as paredes dos edifícios recentes. As paredes de edifícios antigos são paredes com elevado teor de água e sais solúveis, pelo que devem ser aplicadas tintas consideravelmente permeáveis ao vapor de água e, ao mesmo tempo, ter baixa permeabilidade à água líquida como as tintas de silicatos. Por outro lado, é habitual aplicar tintas plásticas ou membranas elásticas nas paredes dos edifícios recentes em que umas das maiores preocupações é impedir a entrada de água. Refira-se que seria um erro aplicar este tipo de tintas em paredes de edifícios antigos devido à fraca aderência das mesmas aos rebocos à base de cal e por constituírem uma barreira à saída da água do interior para o exterior como referido (Ribeiro e Eusébio, 2002; Tavares, 2002; Veiga e Tavares, 2002; Veiga, 2006; Almeida e Souza, 2007 e Brito, 2009). Outra questão relaciona-se com o facto de os revestimentos deverem ser resistentes à alcalinidade do suporte de forma a evitar problemas como a pulverulência e a perda de aderência. Os revestimentos devem ser idealmente executados a partir de tintas com um pH alto para proteger os ligantes da alcalinidade da superfície a proteger. As tintas formuladas com resinas acrílicas são um exemplo de tintas com boa resistência aos álcalis.

Relativamente ao contexto em que o revestimento de pintura estará inserido, apresenta-se em seguida os principais factores a ter em conta ao nível de paredes exteriores:

- temperatura - no caso de ocorrerem variações consideráveis de temperatura, é necessário executar um revestimento que consiga acompanhar as expansões e contracções do suporte sem que o filme perca continuidade (EM 1110-2-3400, 1995). Com temperaturas baixas, o revestimento pode perder continuidade e aderência por retracção e resistência ao impacto devido ao ganho de fragilidade. Temperaturas elevadas podem levar a perda de cor e brilho e o processo de cura pode ocorrer rápido demais comprometendo a qualidade do revestimento (EM 1110-2-3400, 1995). Como exemplos, têm-se as tintas formuladas com resinas acrílicas que têm um bom comportamento perante variações de temperatura, as tintas com resina de silicone que são resistentes ao calor e as tintas ricas em zinco que são resistentes a baixas temperaturas (EM 1110-2-3400, 1995);
- humidade - os revestimentos que estão sujeitos a humidade elevada devem ter baixa permeabilidade ao vapor de água, nível baixo de absorção de água e grau de aderência forte relativamente ao suporte (EM 1110-2-3400, 1995);
- luz solar - além da perda de cor e brilho, a exposição de um revestimento a radiações UV pode resultar numa degradação acelerada do mesmo (EM 1110-2-3400, 1995);

- água líquida - o revestimento deverá ser consideravelmente impermeável à água proveniente do exterior (águas pluviais, lavagens, etc.). A entrada de água, além de resultar em anomalias no interior do edifício, poderá comprometer seriamente a durabilidade do revestimento exterior com o aparecimento de manchas, desenvolvimento de biodeterioração ou alargamento de fissuras ou fendas.

Em conclusão, os revestimentos devem ter dotados de alguma flexibilidade e elasticidade de forma a poderem acompanhar eventuais movimentações do suporte sem perderem aderência, devem ser pouco susceptíveis às acções provenientes do exterior como acções de choque, de abrasão ou limpeza, conseguirem manter o aspecto pretendido ao nível de cor, brilho e relevo durante um período de tempo aceitável e ser compatíveis com o suporte que é suposto protegerem.

2.4.2. Exigências funcionais

Lista-se em seguida os requisitos fundamentais que os revestimentos em paredes exteriores devem cumprir (Colen, Ruivo, Teixeira, Neto, Silvestre e Fernandes, 2012):

- compatibilidade - o revestimento deve ser compatível com o substrato a proteger;
- segurança - o revestimento deve ser estável perante situações normais ou de acidente;
- durabilidade - o revestimento deve ser resistente em serviço perante solicitações como acções ambientais, acções de limpeza, acidentes ou outras;
- estanqueidade - o revestimento garante por si só a estanqueidade à água exigível ao conjunto parede-revestimento;
- impermeabilização - o revestimento impermeável confere a capacidade de impermeabilidade para que o conjunto parede-revestimento seja estanque;
- isolamento - o revestimento isolante confere a capacidade de isolamento térmico para ao conjunto parede-revestimento;
- acabamento - o revestimento tem o aspecto estético pretendido a nível visual e táctil.

2.5. Tecnologia de aplicação

Sobre a tecnologia de aplicação dos produtos de pintura, abordar-se-á as questões mais relevantes relativamente à preparação do suporte, às condições ideais de execução e aos esquemas de pintura.

2.5.1. Preparação do substrato

Antes de aplicar a primeira camada do revestimento a executar, é fundamental que o suporte reúna as condições necessárias para receber a mesma e garantir a qualidade do resultado final. A primeira acção em termos de preparação da superfície é a limpeza da mesma. Esta acção poderá ser menos ou mais agressiva dependendo do estado do elemento, pois não se irá limpar da mesma forma um paramento recente que nunca foi pintado e um paramento antigo que já foi pintado. Os métodos de limpeza mais comuns são: limpezas químicas com solventes, detergentes, soluções ácidas ou alcalinas; pistolas de ar quente; raspagem; lixagem (restos de tinta aderentes); escovagem (restos de tinta não aderentes); lavagem com jacto de água a alta pressão (pinturas com alta perda de aderência) e lavagem com jacto abrasivo (permite criar uma superfície áspera para maior aderência da primeira camada de pintura) (EM 1110-2-3400, 1995; Eusébio e Rodrigues, 2002; ASTM D4259. 2003; ISO 4618:2006 e Nogueira, 2008).

Depois da limpeza, será necessário adequar a rugosidade que poderá ser conseguida através de equipamentos de limpeza, reparar eventuais fissuras, aberturas ou destacamentos, regularizar a superfície e, finalmente, aplicar a camada de primário (Uemoto, 2002).

2.5.2. Condições de pintura

Enumera-se de seguida as condições ideais durante a execução da pintura para que o resultado final tenha a qualidade pretendida (Robbialac, 1958 e Chai, 2011):

- a temperatura não deve ser demasiado baixa, sendo que o limite para aplicar a maior parte das tintas é 5°C. Um ambiente com uma temperatura demasiado baixa pode fazer com que o processo de secagem seja muito lento, o que aumenta as hipóteses de acumulação de sujidade ou elementos estranhos ao revestimento;
- a temperatura não deve ser demasiado alta (não deve ser superior a 35°C). Um ambiente com uma temperatura muito alta fará com que o produto seque demasiado depressa perdendo qualidades necessárias a um produto final durável. Desta forma, deve-se evitar realizar trabalhos de pintura quando o paramento está exposto à radiação solar mais intensa;
- a humidade do ar não deve ser superior a 85% porque pode comprometer a evaporação da água e, por conseguinte, a formação da película seca. Desta forma, deve-se evitar realizar trabalhos de pintura quando está a chover;
- o reboco que recebe a primeira camada de pintura não deverá ter um teor de humidade superior a 5%. Um reboco com um teor de humidade elevada compromete a aderência do produto de pintura ao mesmo.

2.5.3. Esquemas de pintura

O esquema de pintura pode ser constituído por apenas uma camada de tinta (sistema monocamada) ou por uma combinação de várias camadas (sistema multicamada). No caso dos sistemas multicamada, as diferentes camadas devem ser compatíveis entre si e as propriedades que conferem ao revestimento final devem-se complementar. O esquema de pintura multicamada inclui sempre uma ou mais demãos de primário e acabamento e poderá ainda incluir camadas intermédias.

O primário tem como funções estabilizar, selar e aglutinar as partículas soltas do suporte; garantir a aderência das camadas seguintes; conferir características ao revestimento de pintura (anti-slitre, anti-fúngico, acção hidrofugante, acção anti-alkalina e outras) e ter resistência suficiente para proteger o suporte enquanto não são aplicadas as outras camadas. Os primários mais utilizados são acrílicos, de silicatos ou de silicone (Chai, 2011).

A camada intermédia ou subcapa é geralmente aplicada com o intuito de se conseguir a espessura pretendida e, desta forma, aumentar a barreira entre o suporte a revestir e o exterior, ser a 'ponte' que permite uma boa ligação entre o primário e as camadas de acabamento, regularizar eventuais imperfeições da camada anterior ou ainda conferir determinadas propriedades ao revestimento.

A camada de acabamento é a camada que está em contacto com o exterior e, como tal, deve ser resistente a todas as solicitações do mesmo de forma a manter-se funcional quer a nível técnico quer a nível estético durante um período aceitável e protegendo as camadas subjacentes.

2.6. Anomalias e causas

Neste sub-capítulo, descreve-se as anomalias que é necessário identificar nos revestimentos de pintura em paredes exteriores durante o trabalho de campo.

Chai (2011) dividiu as anomalias em quatro categorias principais: manchas, fissuração, perda de aderência e perda de coesão. Esta categorização foi mantida para que se possa integrar os dados recolhidos e os resultados obtidos nos valores de Chai (2011).

Em seguida, descreve-se as anomalias consideradas no levantamento realizado às fachadas dos edifícios seleccionados e as causas possíveis das mesmas.

2.6.1. Manchas

As manchas consideradas podem ter várias origens: origem biológica, humidade, alteração de cor ou brilho, sujidade e eflorescências. O agravamento destas anomalias resulta numa degradação gradual do revestimento a nível funcional e estético.

As manchas de origem biológica surgem devido à deposição de organismos de origem animal ou vegetal por acção do vento, insectos ou animais. A Tabela 2.1 reúne as causas, a cor das manchas e as condições propícias ao agravamento desta anomalia.

As manchas de humidade em paredes exteriores surgem devido à presença de água. A presença de água pode surgir devido às situações apresentadas na Tabela 2.2.

As manchas relativas ao fenómeno termoforese não serão contabilizadas neste trabalho por estarem sobretudo relacionadas com as características dos elementos construtivos que estão sob o revestimento de pintura (como a porosidade e condutibilidade térmica). Também não serão consideradas anomalias devido a causas fortuitas por a sua evolução não ser passível de ser modelada.

Tabela 2.1 - Causas e cores das manchas de origem biológica (adaptado de Gaspar, 2009)

Manchas de origem biológica		
Causas fundamentais	Cor	Causas subjacentes
Fixação de microrganismos de origem animal: fungos ou bolores	Preto, cinzento, verde, castanho ou vermelho	Pouca exposição à luz solar, falta de ventilação, humidade relativa do ar elevada e presença de nutrientes
Fixação de microrganismos de origem vegetal: algas, musgos, líquenes ou vegetação parasitária	Verde, amarelo ou laranja	Exposição à luz solar, humidade relativa do ar elevada e superfícies rugosas (facilitam a fixação)
Fixação de excrementos de animais: aves e outros	Laranja, castanho, branco	Ausência de dissuasores na fachada

Tabela 2.2 - Causas e origens das manchas de humidade (Magalhães, 2002; Henriques, 1992; Torres e Freitas, 2007; Gaspar, 2003; Atkinson e Snape, 1999; Nero, 2001a, 2001b; Henriques 2001 e Gaspar, 2009)

Manchas de humidade		
Causa fundamental: Presença de água		
Origem: Ascensão capilar Causas subjacentes: Materiais em contacto com o solo com elevada capilaridade. Falta de barreira impermeabilizante	Origem: Precipitação (incidência directa, escorrimento e salpico). Causas subjacentes: Conjugação de vento e chuva. Falta de soluções construtivas que impeçam o escorrimento ou reencaminhamento da água. Elevada permeabilidade do revestimento	Origem: Humidade nos elementos construtivos Causas subjacentes: Presença de humidade e diferenciais de temperatura levam a uma deposição diferencial de partículas (termoforese). Falta de isolamento térmico. Elevada permeabilidade ou baixa espessura do reboco. Revestimento executado antes do equilíbrio higroscópico (humidade de obra)
Origem: Condensação Causas subjacentes: Aquecimento ou ventilação do ambiente insuficiente. Falta de isolamento térmico	Origem: Fenómenos de higroscopicidade. Causa subjacente: Migração da água que atravessa a parede até ao revestimento	Origem: Causas fortuitas (rotura de canalizações, entupimento de elementos do sistema de drenagem, entre outros)

A alteração da cor de um revestimento traduz-se em descoloração (amarelecimento ou perda de saturação das cores) e a alteração de brilho em perda de brilho ou embaciamento. Estas alterações podem ocorrer em zonas diferenciais no paramento sob a forma de manchas ou em toda a superfície. Na Tabela 2.3, são apresentadas as causas que podem originar este tipo de anomalia estética.

Tabela 2.3 - Causas das alterações de cor ou brilho (adaptado de Chai, 2011)

Alteração de cor	Alteração de brilho
Causas: Presença de ácidos e álcalis (alcalinidade do suporte). Formulação inadequada (utilização de pigmentos ou secantes inadequados). Ambiente envolvente desfavorável (poluição, radiação solar intensa, humidade elevada e presença de contaminantes como amoníaco, compostos orgânicos e fumos). Envelhecimento natural	Causas: Formulação inadequada (solventes ou ligantes inadequados e viscosidade demasiado alta ou demasiado baixa). Aplicação inadequada (espessura inadequada e tempo insuficiente entre demãos). Heterogeneidade do suporte. Ambiente envolvente desfavorável (poluição, deposição de sujidade e contaminantes). Envelhecimento natural

As manchas de sujidade surgem devido à deposição superficial de partículas estranhas ao paramento. Estas partículas, tais como poeiras ou fuligem, podem ter diferentes origens e ser transportadas por diferentes agentes, tal como é descrito na Tabela 2.4.

A retenção da sujidade depende das características do revestimento e das suas condições de exposição. Nos revestimentos mais rugosos, é mais difícil remover a sujidade retida mas, por outro lado, disfarça-se melhor a presença da mesma (CIN, 2010c). Um revestimento muito exposto ou a 'descoberto' numa zona ventosa e localizado numa zona cujo grau de poluição é elevado estará mais propenso a acumular mais sujidade num menor espaço de tempo (Lopes, 2008 e Gaspar, 2009).

A água da chuva pode 'lavar' a sujidade acumulada no paramento mas, por outro lado, pode conter partículas que se depositam no mesmo (Kadlubowski e Bynum, 2001). Refira-se que a presença de elementos salientes associada à inexistência de pingadeiras conduz a manchas por escorrimento das águas pluviais, o que pode ainda levar ao desenvolvimento de anomalias mais gravosas como a colonização biológica e a perda de aderência, sendo por isso fundamental a existência de capeamentos em muretes e platibandas e um sistema de drenagem adequado no edifício.

Tabela 2.4 - Causas e cores das manchas de sujidade (adaptado de Lopes, 2008 e Gaspar, 2009)

Manchas de sujidade		
Causa fundamental: Presença de partículas com origem na poluição atmosférica, solos ou actividade humana	Cor: Castanho, cinzento ou preto	Causas subjacentes: Vento e água da chuva como meios de transporte. Paramento muito exposto às condições exteriores. Revestimento com grau de pegajosidade alto (má formulação). Sistemas de protecção e drenagem ausentes ou inadequados

As eflorescências são depósitos cristalinos de sais solúveis (sulfatos, cloretos, nitratos, carbonatos) ou insolúveis que se localizam sobre a superfície do revestimento (Chai, 2011). A água nos elementos da construção migra até à superfície do revestimento e, no decorrer da sua evaporação, dá-se a cristalização dos sais que transporta (Gonçalves, 2002). Estes sais são pouco aderentes à superfície e distinguem-se geralmente na fachada como manchas com formato variável e de cor esbranquiçada (Gaspar, 2009). Se a deposição destes sais ocorresse entre o suporte e o revestimento, a anomalia designar-se-ia por criptoflorescência.

A Tabela 2.5 caracteriza a anomalia eflorescências em termos das condições que levam ao aparecimento da mesma.

Tabela 2.5 - Causas das eflorescências (Magalhães, 2002; Lopes, 2008 e Chai, 2011)

Eflorescências
Causas fundamentais: Presença de água e sais solúveis. Cal não carbonatada
Causas subjacentes: Água proveniente do solo que leva ao aparecimento de eflorescências que se desenvolvem horizontalmente ao longo do paramento. Água pluvial que leva ao aparecimento de eflorescências junto a zonas de descontinuidade como juntas e vãos. Causas fortuitas (rotura de canalizações, entupimento de elementos do sistema de drenagem, entre outros)

2.6.2. Fissuração

Quando as tensões originadas pelas variações dimensionais ultrapassam a capacidade resistente de um elemento, é gerada uma descontinuidade designada por micro-fissura, fissura ou fenda de acordo com o tamanho da abertura. A Tabela 2.6 apresenta as causas relacionadas com o aparecimento da fissuração considerada como anomalia dos revestimentos de pintura.

Neste trabalho, não foram consideradas fissuras que surgem devido a causas que não estão relacionadas com o revestimento de pintura. Excluíram-se os casos de fissuração devidos a questões relacionadas com a constituição do reboco, suporte ou concentração de tensões em zonas singulares (vãos, cantos ou zonas de transição entre elementos de construção diferentes).

Tabela 2.6 - Origem e causas da fissuração (adaptado de Lopes, 2008)

Fissuração	
Origem: Base de aplicação	Causas: Preparação inadequada
Origem: Produto de pintura	Causas: Formulação inadequada
Origem: Aplicação da tinta	Causas: Tempo insuficiente entre aplicações. Espessura elevada da película
Origem: Condições de exposição	Causas: Ambientes quimicamente agressivos, radiação solar e temperatura (perda de elasticidade)
Origem: Outros	Causas: Movimentos da base de aplicação. Envelhecimento natural

2.6.3. Perda de aderência

As anomalias do tipo perda de aderência consideradas foram o empolamento e o destacamento. O empolamento é uma variação geométrica do revestimento devido à retenção de ar, humidade ou solvente do produto de pintura que se assemelha a uma bolha cujo lado convexo está para o exterior. O destacamento é a separação definitiva de uma ou mais camadas do revestimento de pintura em relação ao material subjacente. A ocorrência de destacamento marca o fim da vida útil do revestimento tendo em conta que deixou de existir uma barreira entre o substrato e o exterior, ou seja, este perdeu a sua funcionalidade a nível técnico e estético (Magalhães, 2002; Henriques et al., 2004; Rodrigues et al., 2005; Gaspar et al., 2007; Gaspar, 2009 e Chai, 2011). Na Tabela 2.7, são descritas as causas responsáveis pela ocorrência de empolamento ou destacamento.

Tabela 2.7 - Causas da perda de aderência (Barbot, 2005; Rodrigues, 2005; Lopes, 2008 e Chai, 2011)

Empolamento	Destacamento
Causas: Suporte com sujidade, humidade, contaminações salinas ou porosidade elevada. Movimentos do substrato. Incompatibilidade química do revestimento com a base. Humidade excessiva. Secagem demasiado rápida. Espessura do revestimento inadequada. Baixa permeabilidade ao vapor de água. Elevada impermeabilidade à água. Sistemas de impermeabilização e drenagem ausentes ou inadequados. Acções de limpeza com produtos alcalinos. Envelhecimento natural	Causas: Suporte com sujidade, humidade, ausência de primário ou presença de eflorescências. Humidade ou temperatura excessiva. Tempo de secagem insuficiente. Sistemas de impermeabilização e drenagem ausentes ou inadequados. Acções de limpeza com produtos alcalinos. Envelhecimento natural

2.6.4. Perda de coesão

O fenómeno de perda de coesão considerado neste trabalho é designado por pulverulência ou gizamento. Diz-se que um revestimento está pulverulento quando existe uma desagregação dos constituintes do mesmo, seguida pelo desprendimento do material sob a forma de pó ou grânulos (Henriques *et al.*, 2004 e Gaspar *et al.*, 2007). A pulverulência conduz a uma diminuição da espessura do revestimento e pode levar ao desaparecimento total do mesmo, comprometendo a durabilidade do substrato que fica exposto às condições exteriores (Lopes, 2008 e Chai, 2011). Na Tabela 2.8, são apresentadas as causas associadas a este tipo de anomalia.

Tabela 2.8 - Causas da pulverulência (adaptado de Paiva *et al.*, 2006; Lopes, 2008 e Chai, 2011)

Pulverulência
Causas: Limpeza do substrato com produtos alcalinos. Produto de pintura com falta de ligante. Espessura inadequada. Acção da radiação ultravioleta e do oxigénio. Envelhecimento natural

2.7. Níveis de degradação

O nível de degradação corresponde ao grau de severidade de determinada anomalia, ou seja, o quanto esta afecta o elemento em estudo em termos de durabilidade e vida útil. De forma a quantificar o nível de degradação global do elemento a inspeccionar, será necessário para cada anomalia definir patamares de degradação de acordo com as suas características, de forma a facilitar e incutir coerência no processo de levantamento das anomalias. A norma NP EN ISO 4628-1 (2005) define três parâmetros gerais para quantificação do nível de degradação das anomalias: quantidade, dimensão e intensidade das alterações (Chai, 2011). Desta forma, definiu-se cinco níveis de degradação, de 0 a 4 consoante o grau de gravidade de cada anomalia, sendo que o nível 0 corresponde à ausência de degradação e o nível 4 à presença de degradação grave. Construiu-se tabelas que funcionam como guias para a caracterização das anomalias que irão ser visualizadas durante o trabalho de campo. Refira-se que não se pretende um método que requeira técnicas de inspecção e diagnóstico pouco acessíveis, considera-se que o nível 0 corresponde sempre à situação em que a anomalia não ocorre ou que só seria detectável por meios e instrumentação não correntes, pelo que não se apresenta nas tabelas abaixo.

A Tabela 2.9 corresponde aos níveis de degradação a considerar na presença de manchas de origem biológica e a Tabela 2.10 corresponde aos níveis de degradação a considerar na presença de manchas de humidade.

Tabela 2.9 - Níveis de degradação das manchas de origem biológica (adaptado de Gaspar, 2009 e Chai, 2011)




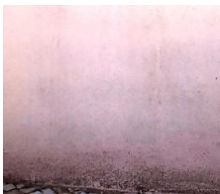

Manchas de origem biológica			
		 ID 16 - Rua José Afonso 25	 ID 62 - Rua de Campolide 160
Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Tendo em conta a gravidade desta anomalia, não se considerou níveis inferiores a 3	Tendo em conta a gravidade desta anomalia, não se considerou níveis inferiores a 3	Manchas facilmente visíveis devido à colonização biológica	Manchas muito pronunciadas devido à colonização biológica

Tabela 2.10 - Níveis de degradação das manchas de humidade (adaptado de Gaspar, 2009 e Chai, 2011)

Manchas de humidade			
			
Fotografia de Gaspar, 2009.	ID 82 - Rua Luso Futebol Clube 12	ID 73 - Igreja de Benfica	
Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Manchas perceptíveis a curta distância do paramento. Extensão da anomalia até 50 cm a partir do solo	Manchas mais perceptíveis do que as do nível 1 a curta distância do paramento. Extensão da anomalia superior a 50 cm a partir do solo	Manchas muito perceptíveis mesmo a uma maior distância do paramento ou extensão da anomalia superior até acima de 100 cm a partir do solo	As manchas mais graves de humidade já correspondem geralmente a manchas de colonização biológica. Desta forma, não foram consideradas manchas de humidade de nível 4

A Tabela 2.11 corresponde aos níveis de degradação a considerar na presença de manchas devidas a alterações de cor ou brilho.

A Tabela 2.12 corresponde aos níveis de degradação a considerar na presença de manchas de sujidade.

A Tabela 2.13 corresponde aos níveis de degradação a considerar na presença de fissuração.

A Tabela 2.14 corresponde aos níveis de degradação a considerar na presença de empolamento.

Relativamente às anomalias de fissuração, empolamento e destacamento, adoptar-se-á a escala de referência definida por Chai (2011) com base na norma NP EN ISO 4628 (2005). Refira-se que as imagens relativas aos padrões de fissuração, empolamento e destacamento não se encontram à escala, sendo meramente ilustrativas.

Tabela 2.11 - Níveis de degradação das manchas devidas a alterações de cor ou brilho (adaptado de Gaspar, 2009 e Chai, 2011)









Alterações de cor ou brilho			
			
ID 93 - Rua das Mercês 59	ID 81 - Praceta Júlio Dantas 7	ID 72 - Palácio Marquês de Fronteira	ID 72 - Palácio Marquês de Fronteira
Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Perda de cor ligeira perceptível a uma distância muito curta da fachada ou utilizando equipamentos como binóculos ou o zoom da máquina fotográfica	Alteração de cor mais perceptível do que a do nível 1 a curta distância do paramento	Alteração de cor perceptível mesmo a uma maior distância do paramento	Alteração de cor muito proeminente e visível a uma distância considerável da fachada

Tabela 2.12 - Níveis de degradação das manchas de sujidade (adaptado de Gaspar, 2009 e Chai, 2011)

Sujidade			
			
ID 94 - Avenida 24 de Julho 76	ID 25 - Avenida Dos Moinhos 19	ID 89 - Rua Amália Rodrigues 2	ID 34 - Rua António Feijó 21
Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Sujidade ligeira perceptível a uma distância muito curta da fachada ou utilizando equipamentos como binóculos ou o zoom da máquina fotográfica	Sujidade mais perceptível do que a do nível 1 a curta distância do paramento	Sujidade com alguma variação de cor e perceptível mesmo a uma distância considerável do paramento	Sujidade com tonalidade escura contínua muito visível mesmo a uma maior distância do paramento

A Figura 2.1 demonstra as tonalidades que geralmente se observam num revestimento com sujidade.

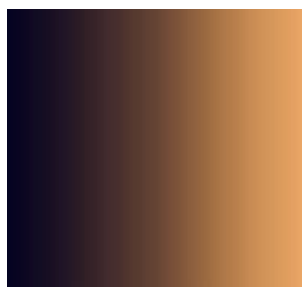


Figura 2.1 – Variação da cor da sujidade

Tabela 2.13 - Níveis de degradação da fissuração mapeada (adaptado de NP EN ISO 4628-4, 2005 e Chai, 2011)




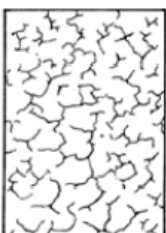
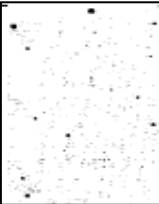
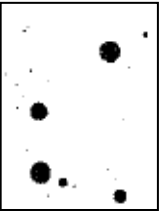
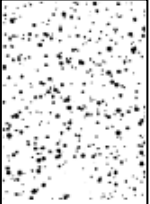

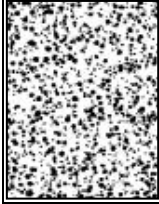
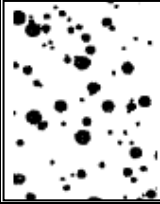



Fissuração mapeada			
			
Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Número de fissuras baixo ou muito baixo	Número moderado de fissuras	Número elevado de fissuras	Número muito elevado de fissuras. Padrão denso

Tabela 2.14 - Níveis de degradação do empolamento (adaptado de NP EN ISO 4628-2, 2005 e Chai, 2011)

Empolamento			
			
Nível 1	Nível 2	Nível 3	
Tendo em conta a gravidade desta anomalia, não se considerou o nível inferior a 2	Número reduzido de empolamentos e com dimensão inferior a 3 cm	Número reduzido de empolamentos e com dimensão entre 3 e 5 cm	Número considerável de empolamentos e com dimensão inferior a 3 cm
			
Nível 4			
Empolamentos com dimensão superior a 5 cm	Número muito elevado de empolamentos independentemente da dimensão	Número considerável de empolamentos e com dimensão entre 3 e 5 cm	

A Tabela 2.15 corresponde aos níveis de degradação a considerar na presença de destacamento.

Tabela 2.15 - Níveis de degradação do destacamento (adaptado de NP EN ISO 4628-2, 2005 e Chai, 2011)


Destacamento			
			
Nível 1 e Nível 2	Nível 3	Nível 4	
Tendo em conta a gravidade desta anomalia, não se considerou níveis inferiores a 3	Número reduzido de empolamentos e com dimensão inferior a 3 cm	Número considerável de empolamentos independentemente da dimensão	Número reduzido de empolamentos e com dimensão superior a 5 cm

Relativamente à anomalia de perda de coesão, adoptou-se a mesma escala de degradação não linear (exclusão do nível intermédio 2) de Chai (2011). A autora justificou esta escala por considerar que um revestimento moderadamente pulverulento já corresponde a consequências consideravelmente graves ao nível da durabilidade do revestimento. Desta forma, Chai (2011) associou a pulverulência em pouca quantidade ao nível 1, em quantidade moderada ao nível 3 e em casos onde se verifique uma perda de coesão muito elevada ao nível 4.

A Tabela 2.16 corresponde aos níveis de degradação a considerar na presença de destacamento.

Tabela 2.16 - Níveis de degradação da pulverulência (Chai, 2011)

Pulverulência			
Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Perda de coesão em pouca quantidade	Não se considerou este nível de degradação para esta anomalia	Perda de coesão em quantidade moderada	Perda de coesão elevada em que se verifica o desaparecimento total ou localizado da película



ID 31 - Palácio Marquês de Fronteira

2.8. Conclusão

Neste capítulo, caracterizou-se os revestimentos de pintura enquanto acabamento para paramentos exteriores. As questões abordadas servirão de base para o trabalho de campo onde será realizado o levantamento das anomalias.

Como referido, não foi realizada uma análise profunda que uma caracterização completa da tecnologia deste tipo de revestimentos implicaria pois não é esse o objectivo da presente dissertação.

3. Trabalho de campo

3.1. Introdução

No presente capítulo, são abordadas as questões que dizem respeito ao trabalho de campo, descrevendo-se a metodologia seguida e as etapas a realizar de forma a se atingir os objectivos propostos no capítulo 1.

Chai (2011) realizou inspecções a 160 edifícios e reuniu informação relativa a 220 revestimentos de pintura, prevendo uma vida útil de referência para estes elementos a partir da aplicação de métodos de regressão aos casos de estudo de forma a obter curvas (polinomiais) de degradação. O presente trabalho é uma continuação do estudo de Chai (2011) e tem como principal objectivo estimar a vida útil dos revestimentos de pintura de paredes exteriores através do método factorial.

Desta forma, o capítulo 3 é constituído por três partes fundamentais: a análise da amostra inicial (amostra de Chai, 2011) e o reconhecimento da amostra necessária para completar a mesma, a forma como foi recolhida e processada a informação e a análise da amostra total com os novos casos de estudo.

3.2. Objectivos

O trabalho de campo tem como objectivo principal caracterizar as anomalias identificadas nas pinturas das paredes exteriores dos imóveis a inspecionar. Tal como referido por Chai (2011), procede-se a uma análise em que se realizam levantamentos a revestimentos de pintura de forma a caracterizar o seu estado de degradação, decorrente de exposição prolongada em condições de serviço, no momento da inspecção. Nesta investigação, não se procura fazer uma caracterização universal da evolução da degradação dos revestimentos de pintura, pois, tal como referido por Emídio (2012), para tal seria necessário um levantamento de dados exaustivo e detalhado – o que ultrapassa o âmbito do presente trabalho.

O objectivo secundário deste capítulo prende-se com complementar a amostra do trabalho de campo anteriormente realizado por Chai (2011), de forma a conseguir uma amostra maior, cujo tratamento estatístico de dados tenha maior representatividade e conduza a resultados mais fiáveis.

Relativamente às limitações do trabalho de campo, é importante referir as seguintes dificuldades experienciadas e condicionantes associadas ao mesmo:

- dificuldade em obter informação relativamente à data da última intervenção a que o revestimento foi sujeito;
- insensibilidade à presença de erros de concepção ou de execução durante as inspecções, pois estes não são facilmente detectáveis quando o revestimento já se encontra em serviço;
- dificuldade em realizar medições em zonas mais irregulares ou singulares dos paramentos e em visualizar zonas do revestimento a uma altura mais elevada;
- subjectividade que advém de quem realiza a inspecção.

É ainda de referir que com o presente estudo, pretende-se construir uma base de dados de elementos, acessível, que poderá ser alvo de inspecções mais sofisticadas ou de estudos laboratoriais no futuro (Chai, 2011).

3.3. Análise da amostra de Chai (2011) e definição da amostra necessária

O trabalho desenvolvido por Chai (2011) insere-se no âmbito das operações de manutenção correntes de edifícios que se inserem no contexto do parque edificado de Lisboa, independentemente da tipologia construtiva. Os 160 edifícios estudados por esta autora estão localizados nos concelhos de Lisboa, Cascais, Oeiras, Odivelas, Loures e Amadora.

De forma a definir os dados que é necessário registar no trabalho de campo, é necessário compreender os fenómenos que afectam a durabilidade dos revestimentos de pintura em condições de serviço. Desta forma, os factores que influenciam a evolução da degradação dos elementos em estudo devem ser traduzidos em parâmetros passíveis de serem identificados na campanha visual (Chai, 2011). É ainda de referir que a autora se baseou na metodologia adoptada por Gaspar (2002), Gaspar e Brito (2005), Shohet *et al.* (2002), Shohet *et al.* (2003) e Shohet e Paciuk (2004) para determinar o nível de degradação global dos paramentos inspeccionados.

Nas inspecções realizadas foram registadas informações qualitativas relativamente a características do edifício, de localização, inerentes aos revestimentos e ao nível de degradação das anomalias e ainda, informações quantitativas referentes a medições para se obter a área opaca da fachada (onde está aplicado o revestimento de pintura) e as áreas das anomalias.

Todos os casos inspeccionados por Chai (2011) foram tidos em conta para a previsão da vida útil, ou seja, a autora não excluiu nenhum destes casos, sendo portanto a sua amostra final constituída por 220 revestimentos. Após a análise da amostra inicial é necessário quantificar o número mínimo de novos casos que é necessário inspeccionar relativamente a determinadas variáveis. Refira-se que os valores relativamente ao número de casos necessários são apenas uma estimativa a ter como referência.

3.3.1. Idade

A idade de um revestimento é determinada a partir da sua entrada em serviço ou da data da última reparação (Sousa, 2008; Silva, 2009; Chai, 2011; Emídio, 2012). A Figura 3.1 mostra o número de revestimentos de pintura (RP) em cada faixa etária. A idade foi dividida em seis grupos, sendo que a maioria dos revestimentos inspeccionados tem entre 3 e 10 anos. A amostra não contém pinturas com mais de 18 anos de idade.

O tratamento da informação recolhida no trabalho de campo permite conhecer a evolução da degradação dos revestimentos de pintura ao longo do tempo, a partir de curvas de degradação que representam graficamente a perda de desempenho ao longo do tempo.

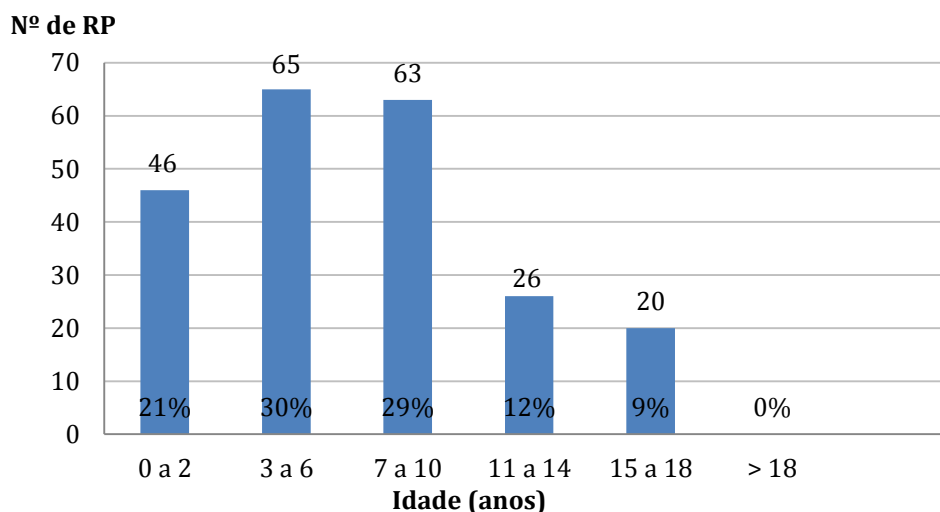


Figura 3.1 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da idade

A Figura 3.2 corresponde à curva de degradação obtida a partir dos 220 revestimentos analisados por Chai (2011). O eixo das ordenadas corresponde à severidade de degradação (S_w) que é um indicador desenvolvido por Gaspar (2009), que importa definir antes de se proceder à análise da curva.

Apresenta-se em seguida, a fórmula que permite calcular a severidade da degradação:

$$S_w = \frac{\sum(A_n \cdot k_n \cdot k_{a,n})}{A \cdot k} = \frac{E_w}{k} \quad \text{Equação 3.1}$$

Sendo que:

A - área total do revestimento de pintura (m²);

A_n - área da anomalia n (m²);

k_n - nível de degradação de cada anomalia n que pode tomar os valores 1, 2, 3 ou 4;

k_{a,n} - coeficiente de ponderação de anomalias, utilizado quando se pretende diferenciar a importância de cada tipo de anomalia para a degradação global do revestimento de pintura. Quando se define que todas as anomalias contribuem da mesma forma para a degradação global, considera-se k_{a,n} = 1;

E_w - extensão da degradação ponderada do revestimento (%), obtida pela razão entre o somatório das diferentes áreas degradadas ponderadas (A_n) correspondentes a cada anomalia e a área total do revestimento de pintura (A);

S_w - severidade da degradação do revestimento (que varia entre 0 e 100%), obtida pela razão entre a extensão da degradação ponderada do revestimento (E_w) e o nível de degradação máximo (k).

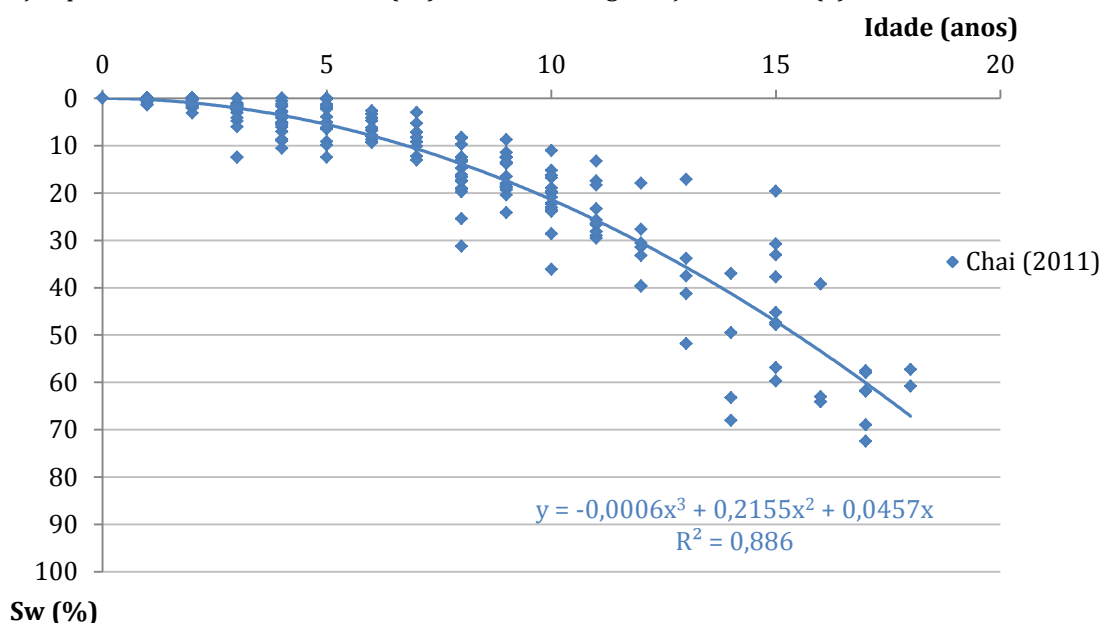


Figura 3.2 - Curva de degradação com ponderação relativa aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011)

O quadrado do coeficiente de correlação momentânea do produto de Pearson (R^2) avalia a variabilidade da variável dependente que pode ser explicada pelo modelo (Ribeiro, 2009; Silva, 2009). Este coeficiente permite avaliar a capacidade de o modelo exprimir a realidade e varia entre 0 (correlação nula) e 1 (correlação perfeita). Como se pode observar na Figura 3.2, R^2 toma o valor de 0,886. Tendo por base a definição anterior, pode-se afirmar que cerca de 89% da variabilidade encontrada para y (severidade) é explicada por x (idade do revestimento) e 11% deve-se a outros factores.

O coeficiente de determinação (R^2) obtido é um valor elevado, uma vez que foram inspeccionados casos em condições reais de exposição, ou seja, expostos a variados factores de degradação. Comparativamente a outros trabalhos nesta temática, é de referir que Gaspar (2002) e Silva (2009) obtiveram curvas de degradação para rebocos correntes e revestimentos pétreos (respectivamente) com valores de R^2 iguais a cerca de 43% e 65% (respectivamente), o que são valores consideravelmente mais baixos do que os obtidos por Chai (2011). Contudo, Ximenes (2012) já obteve uma curva de degradação para ETICS com um valor de R^2 igual a cerca de 85%, o que já é um valor mais próximo do valor obtido por Chai (2011).

Desta forma, considera-se que a correlação encontrada constitui um bom resultado, uma vez que significa que o modelo traduz bem a realidade, ou seja, 89% da variabilidade da degradação é explicada pelo modelo.

É ainda interessante analisar de que forma é que cada grupo de anomalias contribui para a degradação. Para este efeito, Chai (2011) apresentou um gráfico que representa a distribuição da severidade da degradação, segundo os vários grupos de anomalias. A partir da Figura 3.3, é possível discernir as idades onde ocorrem as principais mudanças em termos de degradação durante a vida dos revestimentos.

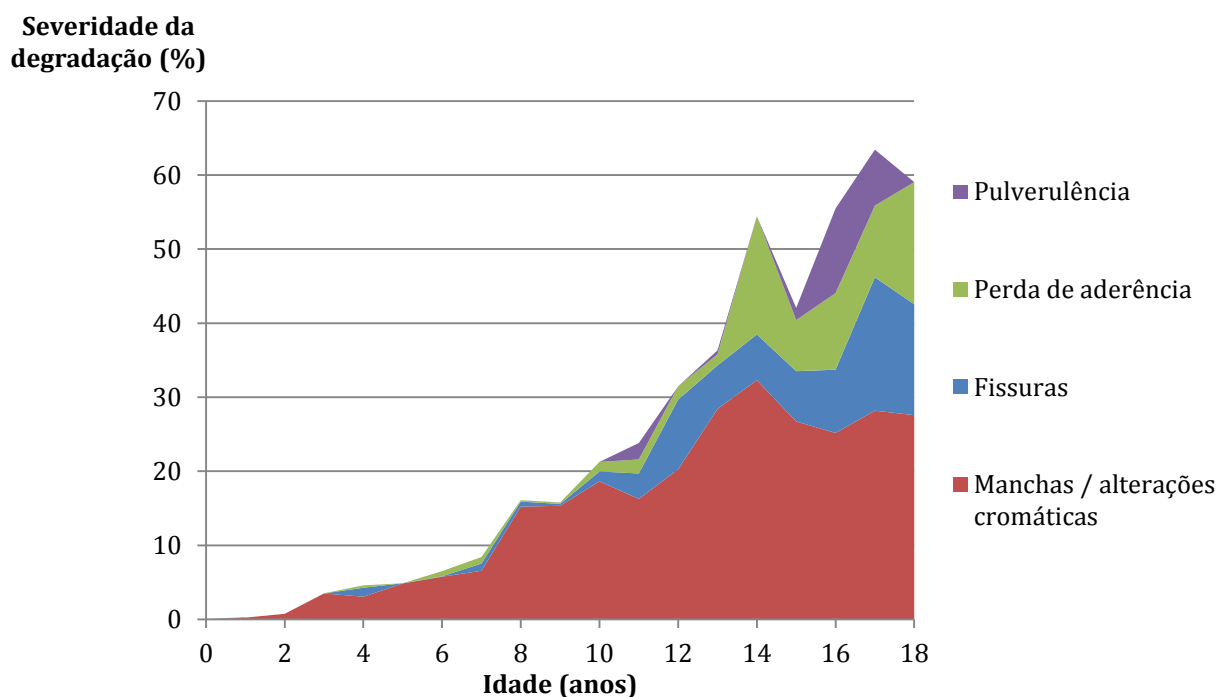


Figura 3.3 - Severidade da degradação associada a cada grupo de anomalia na amostra de Chai (2011)

A degradação dos revestimentos de pintura é devida essencialmente a anomalias do grupo manchas / alterações cromáticas nos primeiros anos, sendo que a partir dos 10 anos, os revestimentos começam a apresentar anomalias pertencentes a todos os grupos. Refira-se que a contribuição das manchas / alterações cromáticas para a severidade a partir dos 13 anos varia pouco (entre 26% e 32%), ou seja, o andamento deste grupo de anomalias no gráfico é relativamente constante a partir desta idade; desta forma, tal como se pode observar na Figura 3.3, são os outros grupos de anomalias os principais responsáveis pelos níveis mais elevados de degradação em idades mais avançadas.

Até aproximadamente aos 9 anos de idade, a contribuição da fissuração é marginal, sendo que estas primeiras fissuras estão geralmente associadas a fenómenos que não são modeláveis, como erros de projecto, erros de execução ou má qualidade dos produtos de pintura; a partir dos 9 anos a fissuração começa a contribuir para a severidade de forma mais acentuada, atingindo a sua contribuição máxima (28%) aos 17 anos de idade.

As anomalias do tipo perda de aderência também começam a contribuir, ainda que de forma reduzida (entre 1% e 2%), para a severidade a partir dos 9 anos e a partir dos 13 anos começam a contribuir de forma mais significativa, sendo que a contribuição máxima desta anomalia para a severidade (16%) ocorre aos 14 e aos 18 anos de idade. As anomalias relativas a perda de coesão começam a surgir a partir dos 10 anos, mas só a partir dos 15 anos começam a contribuir de forma mais acentuada para a degradação dos revestimentos.

Todas as conclusões descritas acima foram baseadas na amostra recolhida por Chai (2011). Desta forma, será essencial inspeccionar novos casos nas idades críticas referidas de forma a confirmar as mesmas ilações. Por idades críticas, entende-se idades em que ocorrem mudanças relativas ao aparecimento ou agravamento de anomalias nos revestimentos.

Refira-se ainda que são características como a proximidade do mar, a exposição à humidade, a acção da chuva e do vento, a orientação da fachada e outras que condicionam o desenvolvimento de anomalias. Será fundamental cruzar estes factores condicionantes com as idades dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) para aferir da melhor forma possível as necessidades para o trabalho de campo da presente dissertação.

Os critérios adoptados para calcular o número de casos necessários são os mesmos que foram adoptados em investigações anteriores e são os seguintes:

- 1) O número de casos para cada variável (exemplo: “menos de 1 km”) correspondente a um factor de degradação (exemplo: “proximidade do mar”) tem de ser no mínimo 10 para cada grupo de idades (exemplo: 3 a 6 anos);
- 2) O número de casos a adicionar é sempre um múltiplo de 5.

Nos capítulos seguintes, serão apresentadas tabelas que cruzam a informação relativa à idade dos revestimentos com os outros factores de degradação de forma a ser definido o número mínimo de casos que será preciso analisar.

3.3.2. Localização

Os factores relacionados com a localização que influenciam a evolução da degradação dos revestimentos por pintura são a proximidade da faixa costeira, a humidade relativa do ar, a intensidade da acção do vento e da chuva, a exposição solar e a proximidade de fontes poluentes.

Proximidade do mar

A degradação dos edifícios próximos da faixa costeira é devida sobretudo aos ventos fortes que transportam sais responsáveis por atacar os materiais e algas que colonizam as fachadas (Ferreira, 2004). Segundo Gaspar (2009), o efeito dos sais do mar juntamente com a forte exposição dos paramentos aos raios UV e a uma humidade elevada acentua ainda mais o desenvolvimento de anomalias nos revestimentos. Chai (2011) considerou três categorias relativamente à proximidade do mar, que foram adoptadas no presente trabalho:

- a) Edifícios a menos de 1 km da faixa costeira;
- b) Edifícios entre 1 e 5 km da faixa costeira;
- c) Edifícios a mais de 5 km da faixa costeira.

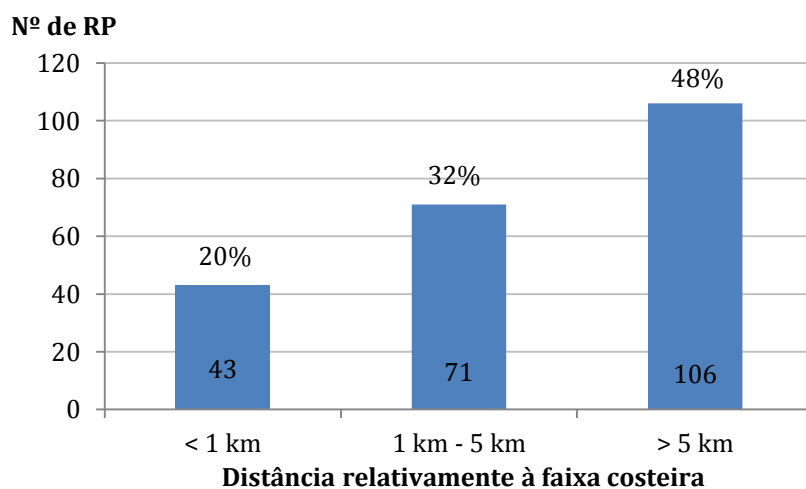


Figura 3.4 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da distância à faixa costeira

Tal como demonstrado na Figura 3.4, a maioria dos revestimentos por pintura da amostra original corresponde a edifícios a mais de 5 km da faixa costeira e a minoria a edifícios a menos de 1 km. Como se pode observar na Figura 3.5, os resultados da relação entre a distância à faixa costeira e os níveis de degradação obtidos correspondem às expectativas, tendo em conta que os revestimentos a menos de 1 km da faixa costeira são os menos duráveis, seguidos dos revestimentos situados entre 1 km e 5 km e os mais duráveis são os que estão a mais de 5 km da costa. Refira-se que as equações e os valores de R^2 têm a mesma cor que os pontos da amostra a que correspondem, ou seja, na Figura 3.5: a equação $y = -0,003x^3 + 0,2892x^2 - 0,1582x$ diz respeito à série 'menos de 1 km', a segunda equação $y = 0,014x^3 - 0,0193x^2 + 0,9007x$ diz respeito à série 'entre 1 e 5 km' e a terceira equação $y = 0,0022x^3 + 0,2573x^2 - 0,2872x$ diz respeito à série 'mais de 5 km'. Esta explicação é válida para todos os gráficos em que se apresente mais do que uma curva de degradação.

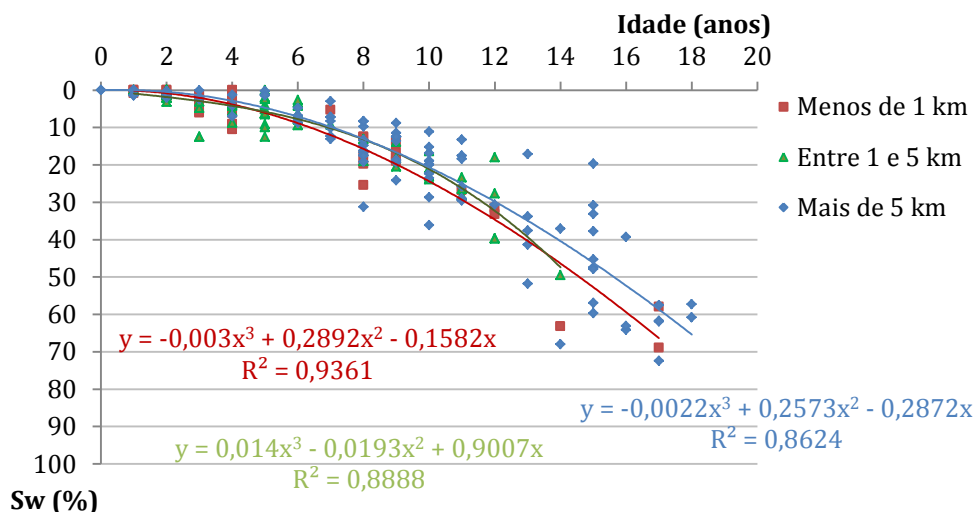


Figura 3.5 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da distância à faixa costeira

Na amostra inicial, todos os revestimentos apresentam uma forte correlação mas a amostra relativa aos casos a menos de 1 km da costa é consideravelmente menor do que os outros revestimentos, pelo que será importante inspeccionar mais casos com essa localização. O número de casos adicionais que se deverá inspeccionar relativamente à distância à faixa costeira é apresentado na Tabela 3.1. Refira-se que as células a verde são os resultados totais que correspondem à soma da amostra inicial com os casos necessários para cada variável ou para cada intervalo de idades e a célula a laranja é o resultado total que corresponde à soma da amostra inicial com os casos necessários.

Tabela 3.1 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da distância à faixa costeira

Idades	Amostra inicial				Nº mínimo de RP				Total
	< 1 km	1 km - 5 km	> 5 km	Total	< 1 km	1 km - 5 km	> 5 km	Total	
0 a 2	6	26	14	46	5	0	0	5	51
3 a 6	20	27	18	65	0	0	0	0	65
7 a 10	11	10	42	63	0	0	0	0	63
11 a 14	4	8	14	26	10	5	0	15	41
15 a 18	2	0	18	20	10	10	0	20	40
Total	43	71	106	220	25	15	0	40	260
				Total	68	86	106		

Exposição à humidade

No conselho de Lisboa a humidade relativa do ar pode variar desde 75% até mais de 85% em algumas localizações (IA, 1975), e, tendo em conta que uma exposição desfavorável à humidade é propícia ao desenvolvimento de anomalias como, por exemplo, a biodeterioração, este é um dos factores de degradação que é relevante considerar.

Watt (1999) e Chew (2005) consideram que a humidade constitui 50% e 53%, respectivamente, das causas de anomalias em edifícios.

Chai (2011) considerou as seguintes categorias relativamente à exposição à humidade, que foram adoptadas no presente trabalho:

- a) corrente - edifícios localizados em Lisboa a mais de 1 km da faixa costeira e edifícios situados em Odivelas e Loures;
- b) desfavorável - edifícios localizados em Lisboa a menos de 1 km da faixa costeira e a edifícios situados na Amadora, Oeiras e Cascais.

Tal como representado na Figura 3.6, o número de revestimentos com exposição mais desfavorável é próximo dos que se situam em condições correntes.

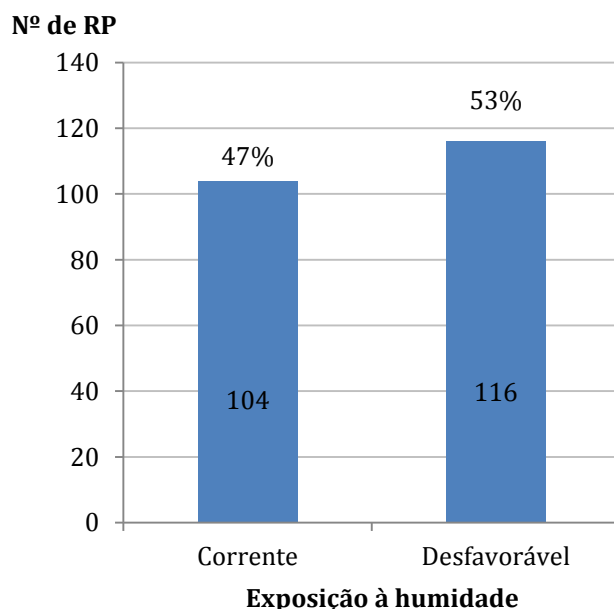


Figura 3.6 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da exposição à humidade

Os resultados obtidos por Chai (2011) traduzem a realidade, pois os revestimentos expostos a condições de humidade desfavoráveis atingem níveis de degradação mais altos mais cedo (Figura 3.7).

A amostra é bastante completa no que se refere a este factor de degradação uma vez que foram inspeccionados 104 e 116 revestimentos expostos a humidade corrente e desfavorável respectivamente.

O número de casos adicionais que se deverá inspeccionar relativamente à exposição à humidade é apresentado na Tabela 3.2.

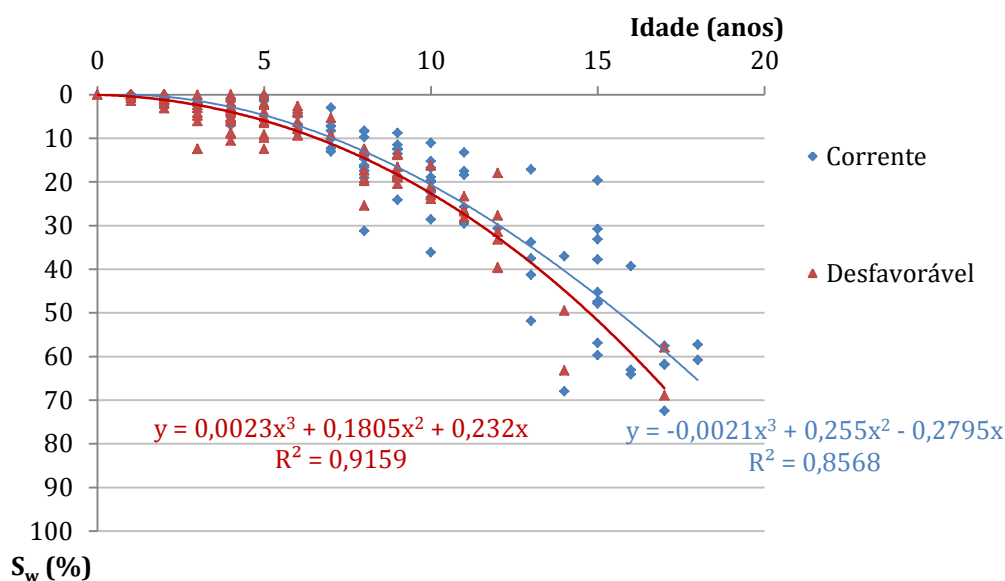


Figura 3.7 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da exposição à humidade

Tabela 3.2 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da distância à exposição à humidade

Idades	Amostra inicial			Nº mínimo de RP			Total
	Corrente	Desfavorável	Total	Corrente	Desfavorável	Total	
0 a 2	14	32	46	0	0	0	46
3 a 6	17	48	65	0	0	0	65
7 a 10	41	22	63	0	0	0	63
11 a 14	14	12	26	0	0	0	26
15 a 18	18	2	20	0	10	10	30
Total	104	116	220	0	10	10	230
			Total	104	126		

Acção vento / chuva

A incidência de água no paramento pode levar à degradação dos revestimentos devido a fenómenos como escorrências, salpicos, ou à penetração da água nos próprios elementos. Tal como referido por Chai (2011), a água pode actuar de forma mais agressiva nos paramentos tendo em conta a maior pressão com que incide nos mesmos se a intensidade do vento for maior. A água transporta muitas vezes contaminantes que os revestimentos podem reter, levando ao aparecimento de manchas de sujidade. Gaspar (2002), refere a incidência da água leva à alternância de ciclos de seco / molhado que podem acelerar a degradação e cria condições para anomalias decorrentes de gelo / degelo ou eflorescências (devido ao transporte de sais solúveis). Como foi referido no capítulo anterior, a água favorece também o desenvolvimento de microorganismos de origem vegetal ou animal.

Chai (2011) considerou três categorias relativamente à acção do vento e da chuva, que foram adoptadas no presente trabalho:

a) suave - edifícios até 2 pisos em contextos urbanos densos, ou seja, protegidos por elementos como outras construções, pela topografia ou vegetação;

- b) moderada - edifícios até 4 pisos em contextos urbanos correntes, ou seja, protegidos do lado dos ventos dominantes por elementos como outras construções, pela topografia ou vegetação;
- c) severa - edifícios desprotegidos (sem elementos em redor como outras construções ou vegetação) ou edifícios com mais de 4 pisos.

É de referir que embora não tenha sido especificado por Chai (2011), a autora considerou que edifícios até 4 pisos em contextos urbanos densos correspondem a uma acção vento / chuva suave, adoptando-se o mesmo critério no presente trabalho. A maioria dos revestimentos está perante uma acção moderada de vento e de chuva, tal como se verifica na Figura 3.8.

Contrariamente ao expectável, segundo os dados da Figura 3.9, os revestimentos expostos a uma acção vento / chuva moderada têm uma menor durabilidade do que os revestimentos expostos a uma acção vento / chuva severa. A explicação para estes resultados é complexa e obriga a considerar combinações com outras variáveis então estudadas. De facto, tal pode ser explicado por existirem na amostra muito mais revestimentos antigos (idades mais avançadas) expostos a condições suaves ou moderadas do que expostos a condições severas: revestimentos mais antigos têm geralmente um estado de degradação maior do que revestimentos mais novos, mesmo se estes últimos estiverem em condições mais adversas do que os primeiros. Por outro lado, foram também inspeccionados mais revestimentos recentes expostos a condições severas do que revestimentos antigos expostos a condições suaves. Tendo em conta estas considerações, será importante aumentar o número de revestimentos recentes expostos a condições suaves e aumentar o número de revestimentos antigos expostos a condições mais severas. O número de casos que se deverá inspeccionar relativamente à acção vento / chuva é apresentado na Tabela 3.3.

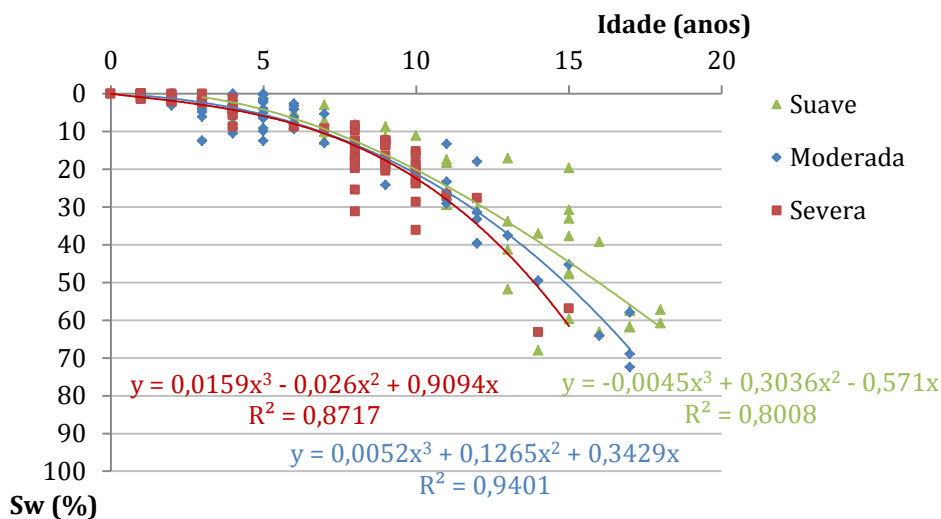


Figura 3.8 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da acção vento / chuva

Tabela 3.3 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da acção vento / chuva

Idades	Amostra inicial				Nº mínimo de RP				Total
	Suave	Moderada	Severa	Total	Suave	Moderada	Severa	Total	
0 a 2	0	26	20	46	10	0	0	10	56
3 a 6	5	49	11	65	5	0	0	5	70
7 a 10	19	7	37	63	0	5	0	5	68
11 a 14	11	12	3	26	0	0	10	10	36
15 a 18	14	5	1	20	0	5	10	15	35
Total	49	99	72	220	15	10	20	45	265
				Total	64	109	92		

Orientação solar

Relativamente à orientação solar das paredes exteriores, diversos autores (Kus, 2000; Pascale, 2003 e Barreira & Freitas, 2008) defendem que superfícies expostas a diferentes quadrantes apresentam um comportamento diferenciado. Os revestimentos de pintura expostos a Sul são mais susceptíveis a alterações de cor e a perda de coesão devido à maior intensidade dos raios ultravioleta para esta orientação e os revestimentos expostos a Norte são mais susceptíveis ao aparecimento de manchas e colonização biológica devido a esta orientação ser mais fria e húmida (Gaspar, 2009; Chai, 2011).

Chai (2011) recorreu ao sistema de classificação de Garrido (2010) representado na Figura 3.10. Na presente investigação, adoptou-se o mesmo sistema de classificação para permitir a comparabilidade dos resultados.

Relativamente aos resultados estatísticos, a autora registou 65 e 66 paramentos orientados para Este e Oeste respectivamente e 41 e 45 paramentos orientados para Norte e para Sul respectivamente (Figura 3.11). O número de casos que se deverá inspeccionar relativamente à acção vento / chuva é apresentado na Tabela 3.4.

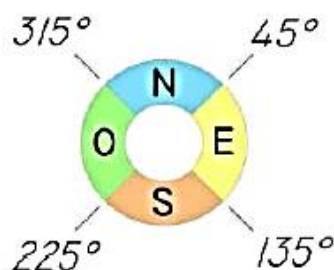


Figura 3.9 - Sistema de classificação da orientação solar (Garrido, 2010)

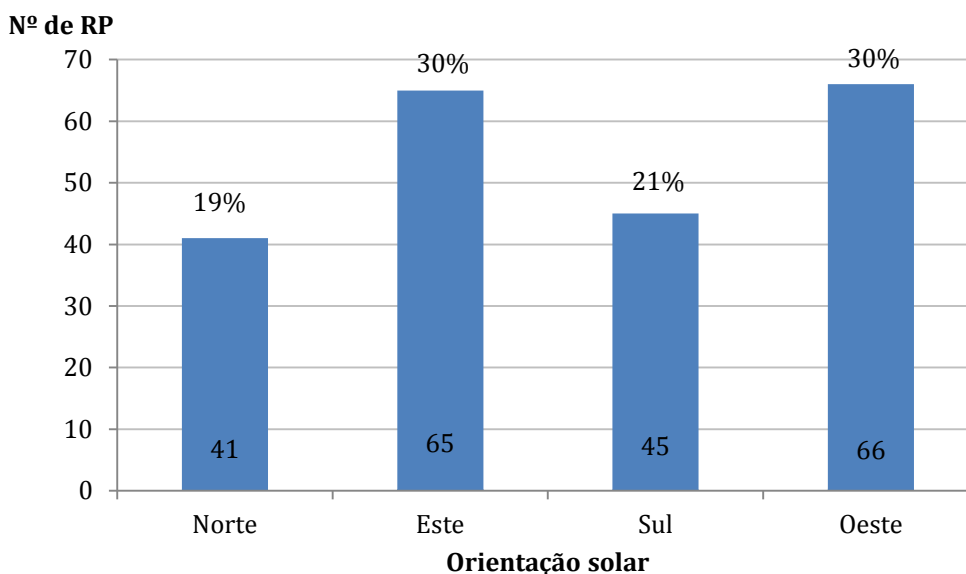


Figura 3.10 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da orientação solar

Os dados da Figura 3.12 demonstram que os revestimentos orientados a Norte são os que têm uma maior durabilidade e os revestimentos orientados a Sul são os que têm a menor durabilidade.

Para analisar estes resultados, foram analisados os dados relativos à severidade das fachadas orientadas a Norte e a Sul na amostra de Chai (2011), chegando-se às seguintes conclusões: as fachadas a Norte têm, em média, áreas com manchas / alterações cromáticas superiores às fachadas a Sul; não foram registados casos de pulverulência nas fachadas a Norte ao contrário de nas fachadas a Sul; por fim, as fachadas a Sul têm, em média, áreas com destacamento do revestimento ligeiramente superiores às das fachadas a Norte. O facto de o grupo de anomalias manchas / alterações cromáticas ter um peso relativo de apenas 0,25 por comparação com os pesos dos outros grupos e, além disso, as fachadas orientadas a Norte não apresentarem sinais de pulverulência justificam o facto de Chai (2011) ter obtido uma durabilidade menor dos revestimentos orientados a Sul relativamente aos orientados a Norte, contrariamente do que seria de esperar.

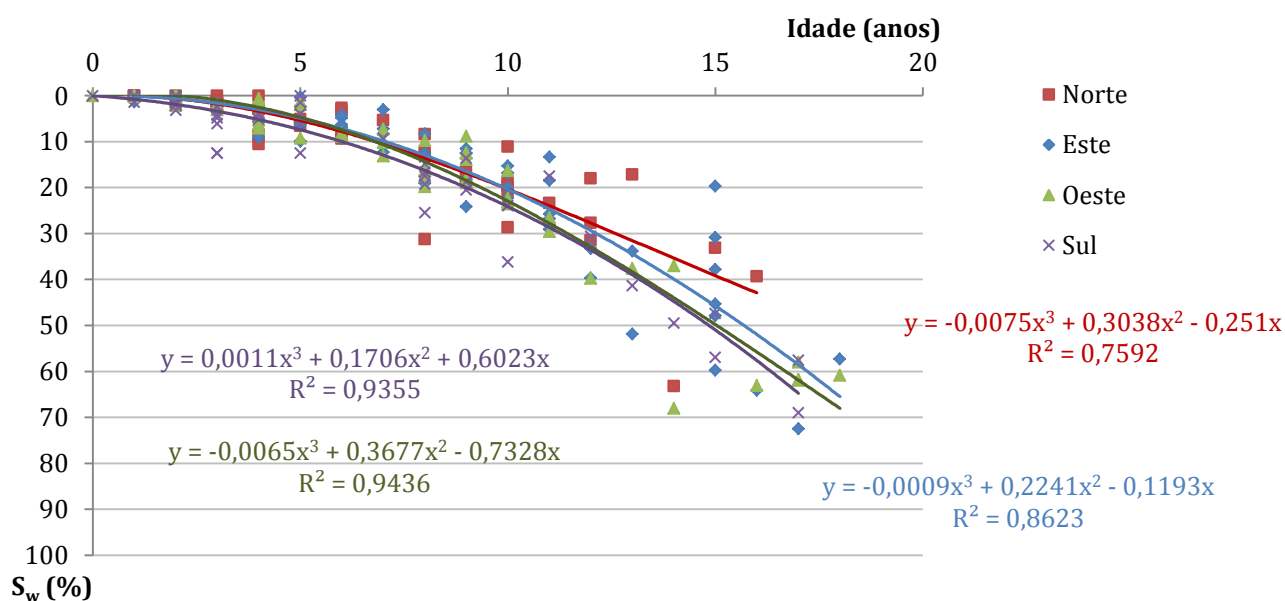


Figura 3.11 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da orientação solar

Tabela 3.4 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da orientação solar

Idades	Amostra inicial					Nº mínimo de RP					Total
	Norte	Este	Sul	Oeste	Total	Norte	Este	Sul	Oeste	Total	
0 a 2	5	9	10	22	46	5	5	0	0	10	56
3 a 6	17	16	16	16	65	0	0	0	0	0	65
7 a 10	11	21	12	19	63	0	0	0	0	0	63
11 a 14	6	10	4	6	26	5	0	5	5	15	41
15 a 18	2	9	4	5	20	10	5	10	5	30	50
Total	41	65	46	68	220	20	10	15	10	55	275
						Total	61	75	61	78	

Proximidade de fontes poluentes

A poluição é outro factor de degradação a ter em conta, uma vez que é responsável por manchas de sujidade nos revestimentos exteriores devido a poeiras, fuligem ou outras partículas poluentes que se acumulam nos mesmos por via seca (através do ar) ou por via húmida (água da chuva) (Andrade, 1996 e Gaspar, 2009). Refira-se que estes contaminantes também podem atacar os revestimentos quimicamente.

Relativamente à acção devido a fontes poluentes, Chai (2011) considerou duas categorias, que se adoptaram no presente trabalho:

- a) corrente - edifícios em meio urbano com tráfego reduzido a moderado (zonas residenciais fora dos eixos principais de viação);
- b) desfavorável - edifícios próximos ou adjacentes a vias urbanas principais.

Como se pode observar na Figura 3.13, o número de revestimentos perante uma proximidade corrente de fontes poluentes é muito superior ao dos revestimentos perante uma proximidade desfavorável. O número de casos que se deverá inspeccionar relativamente à acção vento / chuva é apresentado na Tabela 3.5.

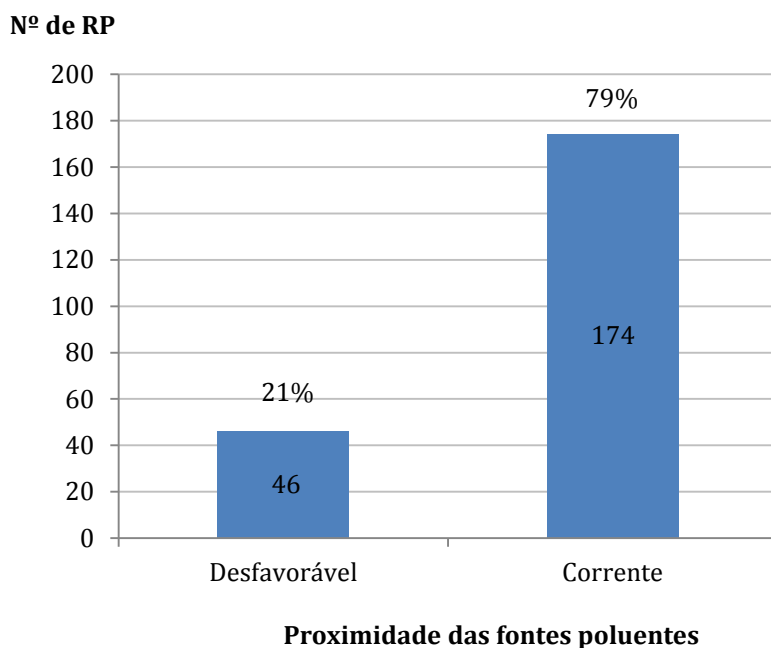


Figura 3.12 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da proximidade das fontes poluentes

Tal como observado na Figura 3.14, os resultados obtidos por Chai (2011) são contrários ao esperado tendo em conta que os revestimentos expostos a condições correntes apresentam uma degradação maior a partir dos 10 anos aproximadamente, que os revestimentos expostos a condições desfavoráveis.

Chai (2011) justifica esta questão com o facto de todos os revestimentos expostos a condições desfavoráveis relativamente à poluição apresentam condições favoráveis relativamente à proximidade do mar (situam-se a mais de 5 km) e à exposição à humidade (corrente).

Contudo, os resultados podem não ter sido satisfatórios pelo facto de existirem muito poucos revestimentos expostos a condições desfavoráveis por comparação com os restantes.

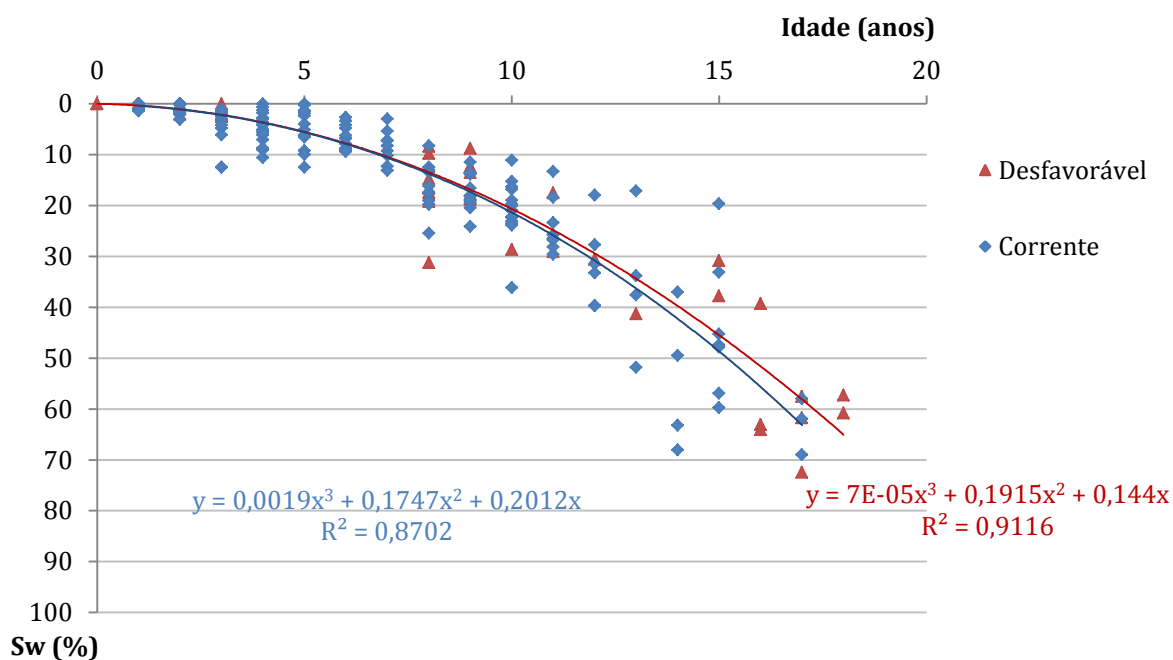


Figura 3.13 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da proximidade das fontes poluentes

Tabela 3.5 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da proximidade das fontes poluentes

Idades	Amostra inicial			Nº mínimo de RP			Total
	Corrente	Desfavorável	Total	Corrente	Desfavorável	Total	
0 a 2	37	9	46	0	5	5	51
3 a 6	59	9	68	0	5	5	73
7 a 10	46	9	55	0	5	5	60
11 a 14	22	9	31	0	5	5	36
15 a 18	10	9	19	0	5	5	24
Total	174	45	219	0	25	25	244
			Total	174	70		

3.3.3. Produto de pintura

Nesta secção, caracteriza-se a amostra recolhida por Chai (2011) relativamente ao tipo de tinta, brilho, cor, textura e substrato.

Tipo de produto

A maioria dos revestimentos corresponde a tintas lisas (tradicionais, não tradicionais, silicatos e silicones) que equivalem a 40% da amostra e a membranas elásticas que correspondem a 38% dos revestimentos (Figura 3.15). As tintas de silicone e silicatos foram excluídas da análise por Chai (2011) devido ao número insuficiente de casos registados.

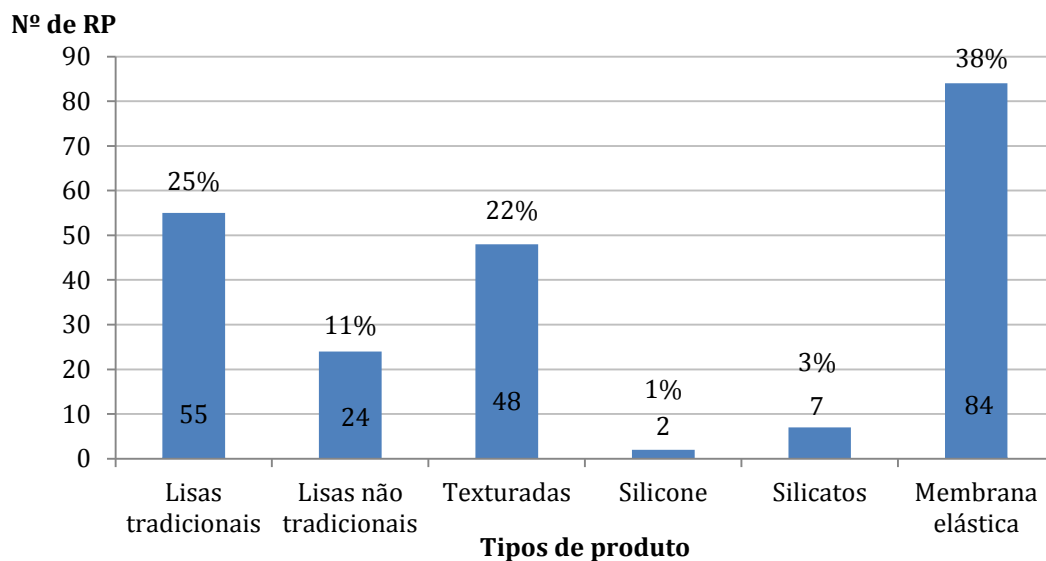


Figura 3.14 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função do produto de pintura

Devido à sobreposição das curvas de degradação não é possível discernir diferenças significativas de desempenho relativamente ao tipo de produto nos primeiros anos (Figura 3.16). A partir dos 11 anos, as tintas texturadas têm claramente um melhor desempenho que as restantes. Até aproximadamente aos 13 anos de idade as membranas elásticas têm um pior desempenho que as tintas lisas, mas a partir desta idade a situação relativamente ao desempenho destes dois tipos de tinta inverte-se, embora nunca haja uma diferença de desempenho muito significativa.

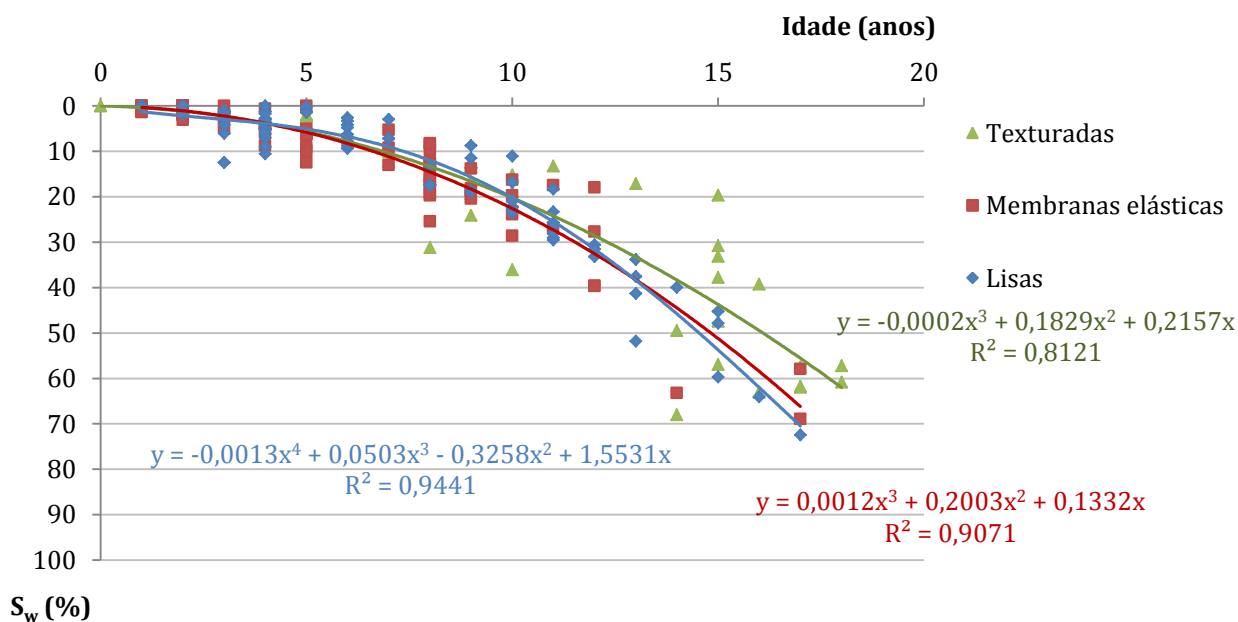


Figura 3.15 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função do produto de pintura

A partir da Figura 3.15, verifica-se que os revestimentos de tinta texturada são em considerável menor número do que as restantes, pelo que será importante completar a amostra neste aspecto. O número de casos que se deverá inspeccionar relativamente ao tipo de tinta é apresentado na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função do produto de pintura

Idades	Chai (2011)				Nº mínimo de RP				Total
	Tintas texturadas	Membranas elásticas	Tintas Lisas	Total	Tintas texturadas	Membranas elásticas	Tintas Lisas	Total	
0 a 2	4	32	10	46	10	0	0	10	56
3 a 6	6	18	36	60	5	0	0	5	65
7 a 10	21	25	17	63	0	0	0	0	63
11 a 14	4	7	13	24	10	5	0	15	39
15 a 18	13	2	3	18	0	10	10	20	38
Total	48	84	79	211	25	15	10	50	261
				Total	73	99	89		

Cor do revestimento

A cor é geralmente uma característica à qual não se atribui importância relativamente à sua influência na durabilidade dos revestimentos. De forma a justificar a inclusão da cor como uma das características a ter-se em conta neste trabalho, foram analisadas algumas investigações desenvolvidas sobre esta matéria.

Breitbach (2009) realizou uma experiência que consistiu na exposição ao meio ambiente, durante três anos, de 80 chapas pré-fabricadas de fibrocimento pintadas com dez cores diferentes. As placas eram constituídas por uma mistura de cimento Portland, fios sintéticos e fibras celulósicas inertes capazes de proporcionar um substrato homogêneo e foram utilizadas na experiência devido a serem permeáveis ao vapor, não se degradarem em presença de humidade, apresentarem elevada resistência ao impacto e serem incombustíveis. As amostras foram dispostas em alinhamentos horizontais fixadas em cavaletes articulados de madeira para manter a verticalidade e simular uma fachada pintada (Fazano, 1998; Hansen *et al.*, 2004). Posteriormente, Breitbach (2009) procedeu à análise das amostras a partir de equipamentos especializados como microscópios electrónicos e espectrofotómetros fluorescentes de raios-X e, através da análise dos resultados, conseguiu classificar as cores em termos de desempenho relativamente à degradação. Relativamente à questão da temperatura, Breitbach (2009) concluiu que as cores que apresentaram menor variação de temperatura entre as fachadas Norte e Sul foram o cerâmico escuro, o vermelho e o azul. As cores escuras são as que apresentam o melhor desempenho térmico em termos de trocas de calor devido ao seu baixo índice de reflexão (Castro *et al.*, 2003). Desta forma, podem reter mais calor e eliminar mais a humidade. Foi ainda concluído que a deterioração dos revestimentos se agravava circunstancialmente durante os períodos de chuva.

A fase fundamental do trabalho desenvolvido por Breitbach (2009) foi a análise da composição química dos pigmentos das tintas. O autor concluiu que os elevados teores de óxido de cobre e óxido de zinco presentes no pigmento azul poderão ser os responsáveis pelo bom desempenho desta cor relativamente à biodeterioração. Estes dados confirmam que os compostos químicos como o óxido de cobre, o óxido de zinco e o elemento químico Cloro têm capacidades biocidas Turner (1967). A tinta verde, constituída por uma elevada percentagem de cloro, apresentou também um bom desempenho. Breitbach (2009) concluiu que o elevado teor de alumina na cor vermelha poderá ter sido determinante no bom desempenho desta cor devido à sua capacidade antioxidante e à sua resistência a ácidos e álcalis. O autor concluiu ainda que o óxido de potássio não estava presente nas cores de boa resistência à biodeterioração – como o verde e o vermelho – devido a este composto químico ter um poder nutriente para organismos vivos.

Outra questão importante relaciona-se com a presença de PVC: quanto maior o teor de ligante numa tinta, menor o teor de PVC e maior o preenchimento intergranular do filme de tinta o que aumenta a capacidade hidrófuga do revestimento. Por outro lado, quanto maior o teor de PVC, melhor a permeabilidade relativamente ao vapor de água (Breitbach, 2009). Refira-se ainda que, quanto menor o teor de PVC, maior o brilho da tinta. As amostras de cor azul foram as que retiveram menos água, o que poderá estar relacionado com o seu baixo teor de PVC.

O amarelo foi a cor com pior desempenho. Breitbach (2009) concluiu assim que o pigmento é o elemento determinante relativamente às características intrínsecas das tintas na questão da resistência à biodeterioração das mesmas, uma vez que o ataque foi diferente conforme a cor. O autor ordenou as cores por ordem crescente de resistência à deterioração da seguinte forma: vermelho, azul, verde e amarelo.

As categorias consideradas relativamente à cor dos revestimentos são função do coeficiente de absorção solar das superfícies analisadas tal como apresentado na Tabela 3.7. A Figura 3.17 apresenta a distribuição dos revestimentos de pintura em função da cor. Dos acabamentos inspeccionados por Chai (2011), 50% tinham cores entre o amarelo, o cor-de-laranja e o cor-de-rosa claro. O branco é a segunda cor mais representativa, representando 66 casos de estudo. As cores entre o cor-de-rosa escuro, o verde-claro e o azul-claro representam 14% do conjunto analisado. Os revestimentos com cores mais escuras são em número reduzido.

Tabela 3.7 - Cor dos revestimentos de pintura em função do coeficiente de absorção solar (adaptado de Matos, 2007, citando APICER, 2003)

Cor	Coefficiente de absorção
Branco	0,2 a 0,3
Amarelo, cor-de-laranja e cor-de-rosa claro	0,3 a 0,5
Cor-de-rosa escuro, verde claro e azul claro	0,5 a 0,7
Castanho, verde escuro e azul escuro	0,7 a 0,9

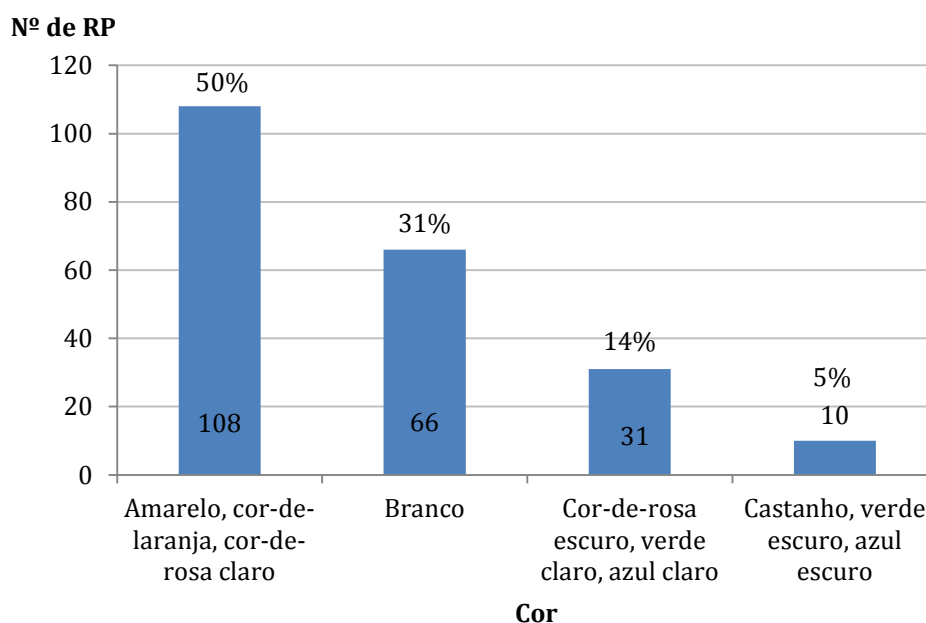


Figura 3.16 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da cor

Relativamente à cor dos revestimentos analisados, são apresentadas na Figura 3.18 as curvas de degradação em função dos valores do coeficiente de absorção da radiação solar. Tal como apresentado na Tabela 3.5, quanto maior o valor do coeficiente de absorção, mais escura é a cor.

Os resultados obtidos não são satisfatórios uma vez que as curvas de degradação relativas aos coeficientes de absorção até 0,7 se sobrepõem. Devido à falta de casos com coeficientes de absorção de 0,7 a 0,9 Chai (2011) resolveu não traçar a curva de degradação relativamente aos mesmos.

O número de casos que se deverá inspeccionar relativamente à cor do revestimento é apresentado na Tabela 3.8. Refira-se que se categorizou os revestimentos em cores claras, cores escuras e branco para definir o número de casos mínimos a inspeccionar.

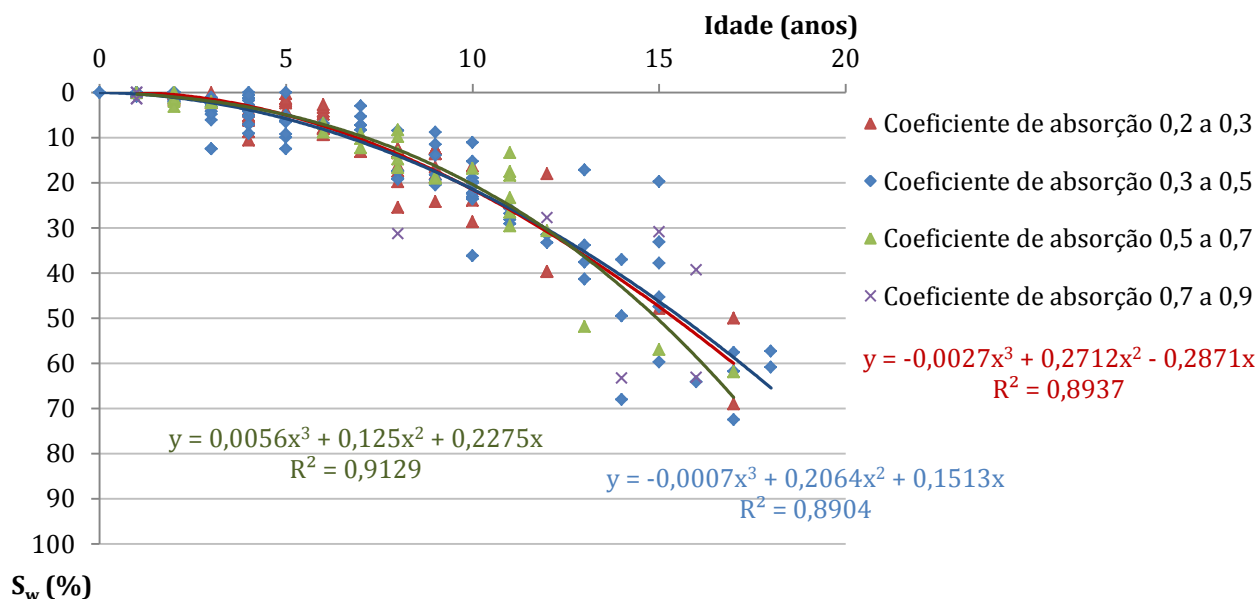


Figura 3.17 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) segundo o coeficiente de absorção

Tabela 3.8 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da cor do revestimento

Idades	Amostra inicial				Nº mínimo de RP				Total
	Branco	Cores claras	Cores escuras	Total	Branco	Cores claras	Cores escuras	Total	
0 a 2	12	24	10	46	0	0	0	0	46
3 a 6	24	39	2	65	0	0	10	10	75
7 a 10	24	34	5	63	0	0	5	5	68
11 a 14	3	17	6	26	10	0	5	15	41
15 a 18	3	13	4	20	10	0	10	20	40
Total	66	127	27	220	20	0	30	50	270
				Total	86	127	57		

Textura

As tintas lisas têm um acabamento liso, como o próprio nome indica, e as tintas texturadas têm um acabamento rugoso. Já as membranas elásticas podem ter um acabamento liso ou texturado, sendo frequente utilizar-se uma tinta texturada como primário antes de se aplicar a tinta flexível (Chai, 2011).

Chai (2011) afirma que as tintas texturadas, quando são bem produzidas e aplicadas, têm maior durabilidade do que as tintas lisas tradicionais; contudo, estas tintas têm maior tendência para acumular sujidade devido à sua superfície rugosa. Existem duas razões indicadas por Amaro (2007) para que as tintas texturadas tenham maior resistência que as restantes, por um lado, as tintas texturadas são formuladas com areias de elevada resistência compostas por sílica e por outro, a espessura da tinta aplicada é superior à das tintas lisas, ou seja, o poder de protecção do substrato é maior. Contudo, o facto de a espessura ser maior diminui a porosidade do revestimento, o que por sua vez diminui a permeabilidade ao vapor de água, e, desta forma, existe maior probabilidade para ocorrerem destacamentos e empolamentos (Amaro, 2007).

Relativamente à textura, a amostra inicial encontra-se bem distribuída. A Figura 3.19 demonstra que a maioria dos revestimentos inspeccionados tem um acabamento liso. O número de casos que se deverá inspeccionar relativamente à textura do revestimento é apresentado na Tabela 3.9.

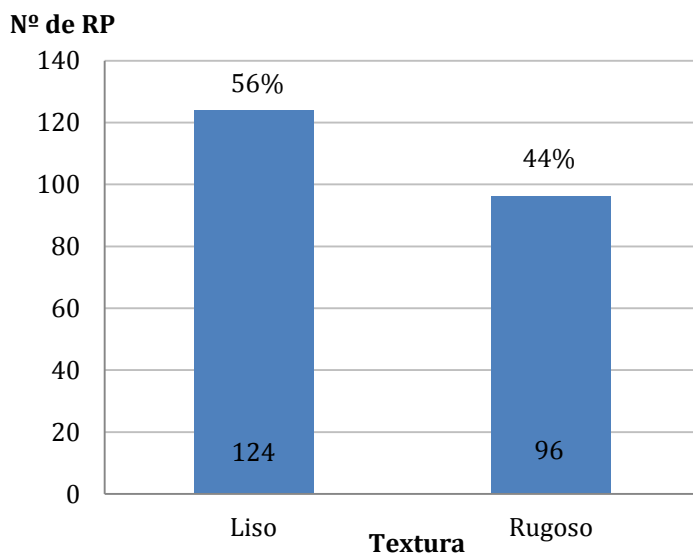


Figura 3.18 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da textura

As curvas de degradação relativamente à textura dos revestimentos na Figura 3.20 estão sobrepostas até aproximadamente aos 10 anos de idade, e, a partir desta idade, os revestimentos rugosos apresentam um melhor desempenho que os lisos, como seria de esperar.

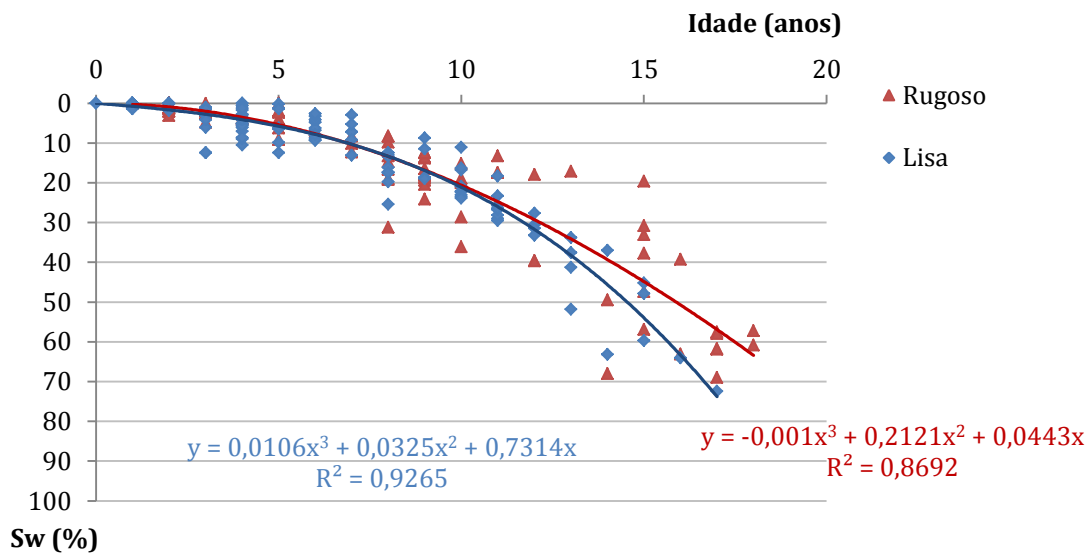


Figura 3.19 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função da textura do revestimento

Tabela 3.9 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função da textura do revestimento

Idades	Chai (2011)			Nº mínimo de RP			Total
	Acabamento liso	Acabamento rugoso	Total	Acabamento liso	Acabamento rugoso	Total	
0 a 2	22	24	46	0	0	0	46
3 a 6	50	15	65	0	0	0	65
7 a 10	29	34	63	0	0	0	63
11 a 14	18	8	26	0	5	5	31
15 a 18	5	15	20	5	0	5	25
Total	124	96	220	5	5	10	230
			Total	129	101		

Substrato

Como se pode observar na Figura 3.21, só se obteve informação sobre o substrato do revestimento de pintura em 48 paramentos exteriores: 65% dos revestimentos foram executados sobre reboco e 35% foram executados sobre pintura pré-existente. Com base nestas considerações, seria interessante aumentar o número de casos cuja informação sobre o substrato fosse conhecida. O número de casos que se deverá inspeccionar relativamente ao substrato do revestimento é apresentado na Tabela 3.10.

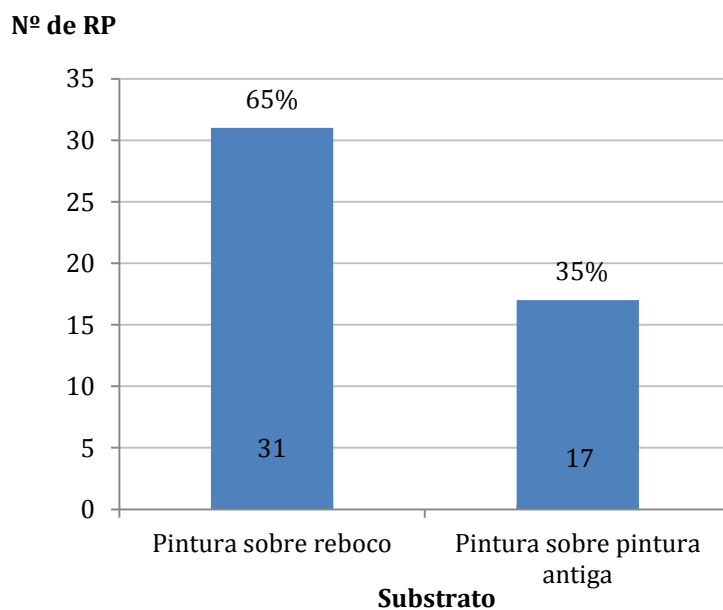


Figura 3.20 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função do substrato

Como se pode observar pela Figura 3.22, não existe uma diferença significativa entre os desempenhos dos revestimentos aplicados sobre reboco e dos aplicados sobre pintura antiga.

Os revestimentos aplicados sobre reboco apresentam um desempenho ligeiramente melhor que os restantes até aos 6 anos de idade e a partir dos 14 anos.

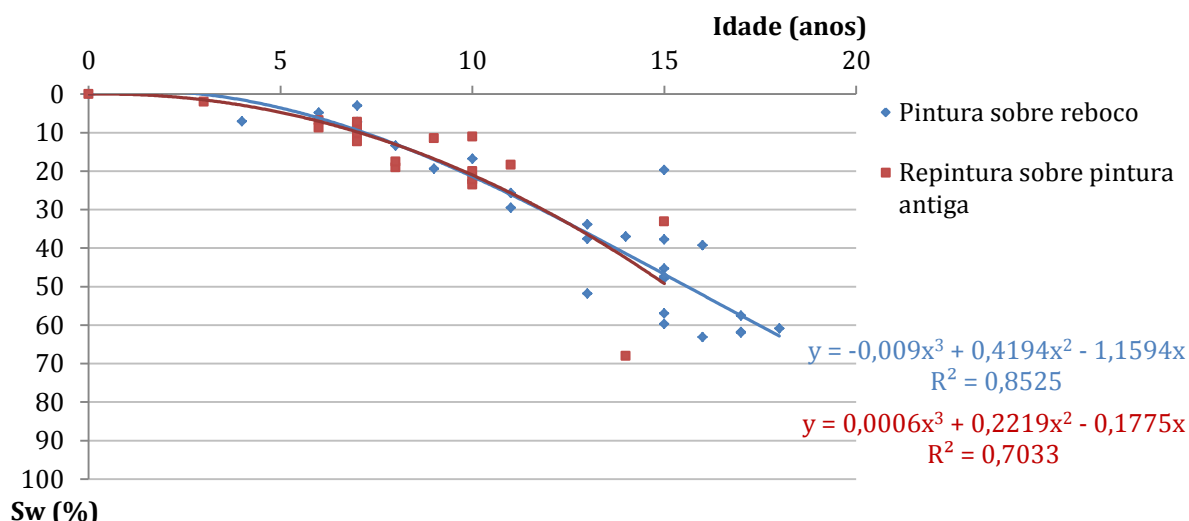


Figura 3.21 - Curvas de degradação relativas aos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função do substrato

Tabela 3.10 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários em função do substrato

Idades	Chai (2011)			Nº mínimo de RP			Total
	Pintura sobre reboco	Pintura sobre pintura antiga	Total	Pintura sobre reboco	Pintura sobre pintura antiga	Total	
0 a 2	0	1	1	10	10	20	21
3 a 6	6	1	7	5	10	15	22
7 a 10	12	9	21	0	5	5	26
11 a 14	4	3	7	10	10	20	27
15 a 18	9	3	12	5	10	15	27
Total	31	17	48	30	45	75	123
			Total	61	62		

3.3.4. Número mínimo de novos casos

Nas secções anteriores a amostra inicial foi caracterizada e foram definidos os números mínimos de revestimentos de pintura necessários em função de características que se considerou preponderantes para aprofundar o conhecimento sobre a durabilidade e a evolução da degradação. Desta forma, importa agora definir o número mínimo total de casos que são necessários para completar a amostra de Chai (2011). O valor de casos necessários em cada intervalo de idades corresponde ao maior número de revestimentos necessários independentemente das características. Segundo a Tabela 3.9, o número mínimo total de revestimentos de pintura necessários para completar a amostra de Chai (2011) é 90.

Tabela 3.11 - Número mínimo de revestimentos de pintura necessários

Idades	Distância à faixa costeira	Exposição à humidade	Ação vento/chuva	Orientação	Proximidade de fontes poluentes	Tipo de produto	Cor	Textura	Substrato	Total
0 a 2	5	0	10	10	5	10	0	0	20	20
3 a 6	0	0	5	0	5	5	10	0	15	15
7 a 10	0	0	5	0	5	0	5	0	5	5
11 a 14	15	0	10	15	5	15	15	5	20	20
15 a 18	20	10	15	30	5	20	20	5	15	30
Total	40	10	45	55	25	50	50	10	75	90

3.3.5. Anomalias

Para concluir a análise da amostra recolhida por Chai (2011), foram estudadas as anomalias detectadas por esta autora *in situ*. Cada anomalia só é contabilizada uma vez, independentemente de ocorrer várias vezes na mesma fachada. A autora dividiu as anomalias em quatro grupos: manchas / alterações cromáticas, fissuração, perda de coesão / pulverulência e perda de aderência.

Cada grupo engloba diferentes anomalias. O grupo manchas / alterações cromáticas inclui manchas de origem biológica, manchas de humidade, alterações de cor e brilho, retenção de sujidade, eflorescências. Foram ainda registadas as ocorrências de *graffiti* apenas para informação estatística, pois este tipo de ocorrência não é modelável, tendo em conta que a sua causa está relacionada com acções de vandalismo e não com processos de degradação evolutivos. O grupo fissuração engloba as fissuras devidas à constituição do reboco, fissuras devidas ao suporte do reboco e fissuras devidas a outras situações como concentração de tensões junto a pontos singulares. O grupo perda de aderência do revestimento inclui o empolamento e o destacamento.

O grupo de anomalias mais frequente é o grupo das manchas ou alterações cromáticas que se verifica em 56% dos paramentos exteriores inspeccionados (Figura 3.23). Os grupos fissuração e perda de aderência verificaram-se em 70 e 71 fachadas respectivamente. As anomalias do grupo de perda de coesão ou pulverulência foram as menos frequentes.

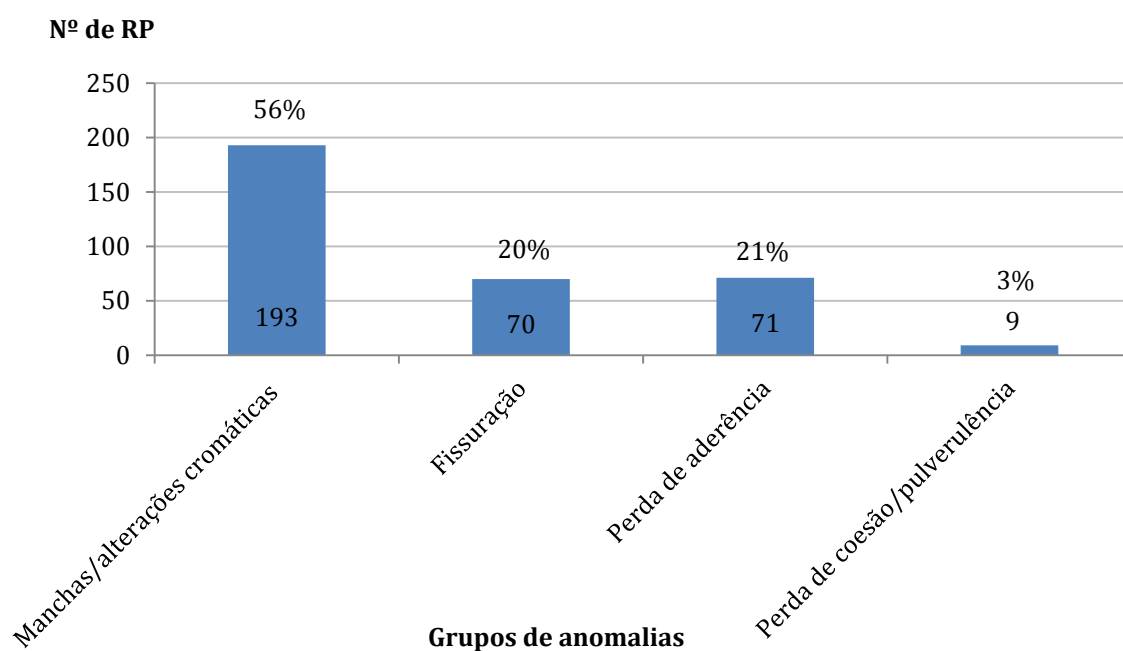


Figura 3.22 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função do grupo de anomalias

A Figura 3.24 mostra em maior detalhe quantos revestimentos apresentavam cada anomalia. Tal como referido, cada anomalia é contabilizada apenas uma vez independentemente de ocorrer mais do que uma vez em cada revestimento exterior.

A anomalia mais frequente é a presença de sujidade: 30% dos revestimentos de pintura apresentavam retenção de sujidade. As segundas anomalias mais frequentes são as manchas de origem biológica, as alterações de cor e brilho e as fissuras, presentes em 13%, 12% e 12% dos revestimentos, respectivamente. As terceiras anomalias mais frequentes são o destacamento, o empolamento e as manchas de humidade, presentes em 10%, 9% e 8% dos revestimentos, respectivamente. As anomalias menos frequentes são as eflorescências, os *graffiti* e a pulverulência, presentes cada uma em 2% dos revestimentos exteriores.

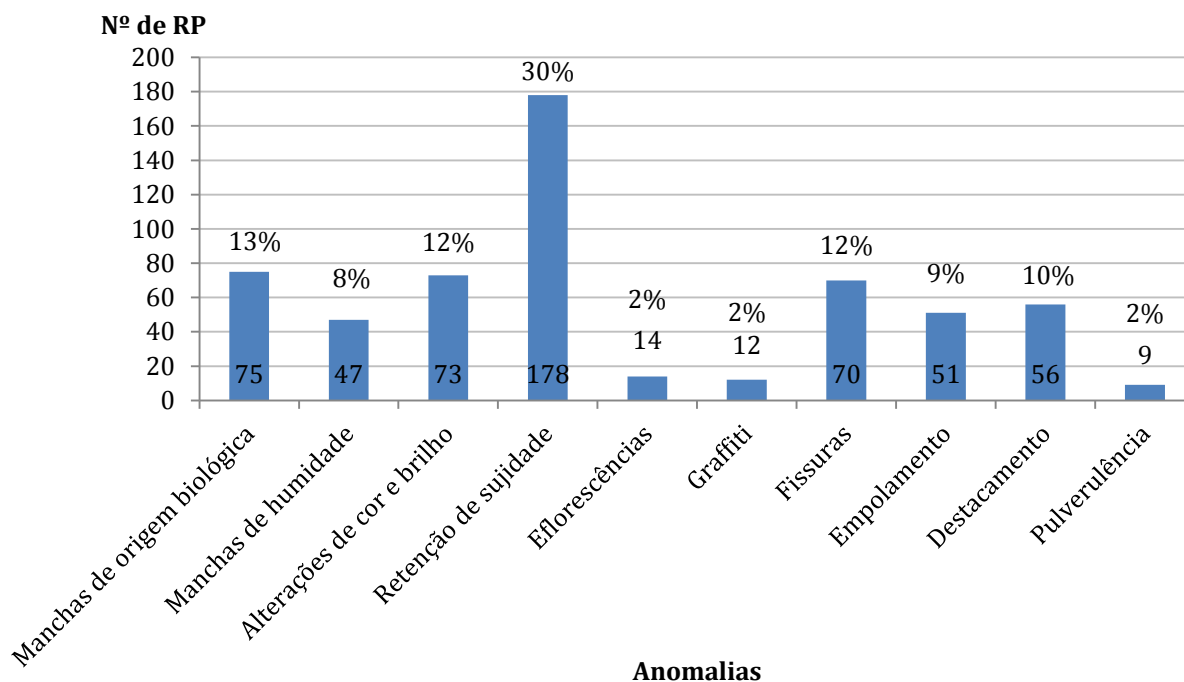


Figura 3.23 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados por Chai (2011) em função das anomalias

3.4. Metodologia adoptada

A metodologia adoptada para prever a vida útil dos revestimentos de pintura foi a realização de inspecções visuais *in-situ* dos paramentos exteriores seleccionados. Galbusera (2012) afirma que as fundações desta metodologia remontam aos estudos de Bone *et al.* (1989) e Watt (1999), tendo sido posteriormente aplicada e desenvolvida por muitos investigadores. As inspecções visuais *in-situ* apresentam vantagens relativamente aos ensaios (destrutivos ou não destrutivos) *in-situ* ou ensaios laboratoriais (testes de envelhecimento acelerado): a análise visual de um paramento é um procedimento de manutenção corrente, ou seja, tem esta metodologia uma ligação muito directa à realidade prática; é menos complexa e dispendiosa a nível monetário e de tempo e baseia-se no comportamento dos materiais em condições reais (Gaspar, 2002; Gaspar, 2009 e Chai, 2011).

A lista dos edifícios a inspeccionar foi realizada a partir da informação obtida através de empresas de construção e do Arquivo Municipal de Lisboa. Os casos em que a informação sobre a idade do edifício não era segura tendo em conta o estado de conservação observado no local foram excluídos para não comprometer o nível de fiabilidade da amostra. Foram ainda excluídas situações não modeláveis tais como erros graves de concepção e de execução, casos fortuitos e de vandalismo.

O material utilizado no trabalho de campo foi o seguinte: fichas de inspecção e diagnóstico, câmara fotográfica, medidor a *laser*, fita métrica, bússola com régua milimétrica incorporada, folhas de desenho para representações esquemáticas, folhas de papel vegetal milimétrico e tabelas auxiliares com os níveis de degradação pré-definidos.

As tabelas auxiliares desenvolvidas no capítulo 2 foram muito importantes sobretudo na fase inicial quando a sensibilidade para distinguir o nível de degradação de uma anomalia observada segundo os critérios definidos é menor. Os níveis de degradação devem ser definidos no local e não posteriormente a partir das fotografias, pois a imagem de uma fotografia nunca será a realidade observada e muitas vezes tem diferenças elevadas relativamente à realidade devido a eventuais faltas de focagem, sombras, luminosidade intensa e outros, que poderão levar a crer que uma anomalia é mais ou menos grave do que na verdade é.

Relativamente ao processamento de dados, foram utilizados os seguintes *softwares*: Microsoft Office Excel, AutoCad 2014, Image J e Photoshop CS5.

O Microsoft Office Excel é o programa que incluirá a base de dados nuclear a partir da qual será desenvolvida toda a presente investigação.

O programa *Image J* é um *software* de análise de imagem em que uma das funcionalidades é realizar medições de áreas após se definir a medida real de um elemento na imagem (Figuras 3.25 e 3.26). Refira-se que só é possível medir as áreas directamente através do *Image J* se se conseguir uma imagem frontal do paramento em análise. Este programa permite ainda medir áreas de acordo com a cor na imagem o que é uma ferramenta muito útil para o presente estudo nas anomalias do tipo manchas (Figura 3.27).

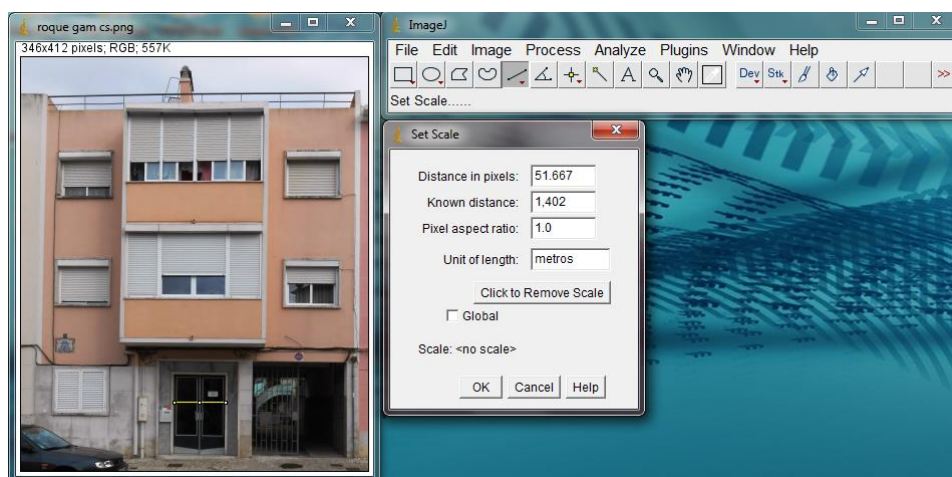


Figura 3.24 - Definição de medida real no *Image J*



Figura 3.25 - Pormenor do contorno da ombreira em pedra do paramento ID 31 - Palácio Marquês de Fronteira

O Photoshop CS5 foi utilizado em duas situações: para os casos em que não se conseguiu obter uma fotografia com a totalidade do paramento ou quando não foi possível obter uma imagem frontal do paramento com pouca distorção vertical e horizontal. Para o primeiro caso, é possível reconstituir a imagem do paramento como um todo a partir da sobreposição de várias imagens que correspondem só a partes do mesmo. No segundo caso, o programa permite normalizar o paramento e criar uma imagem com distorção mínima (Figuras 3.28 e 3.29). A imagem normalizada que se obtém a partir do Photoshop CS5 é depois aberta no AutoCad 2014 (Figura 3.30) onde será desenhada, a partir das medidas reais registadas para posterior cálculo das áreas necessárias.

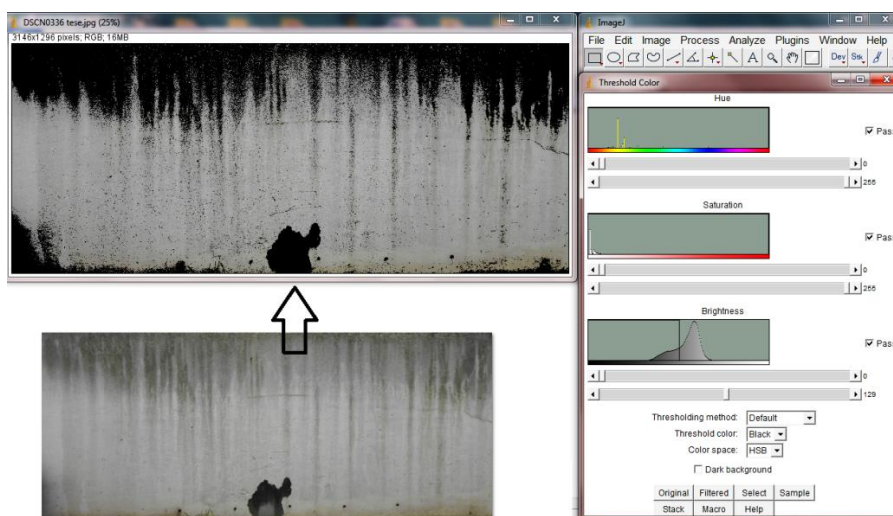


Figura 3.26 - Cálculo das áreas das anomalias no *Image J*



Figura 3.27 - Normalização da imagem do paramento ID 94 - Avenida 24 de Julho 76

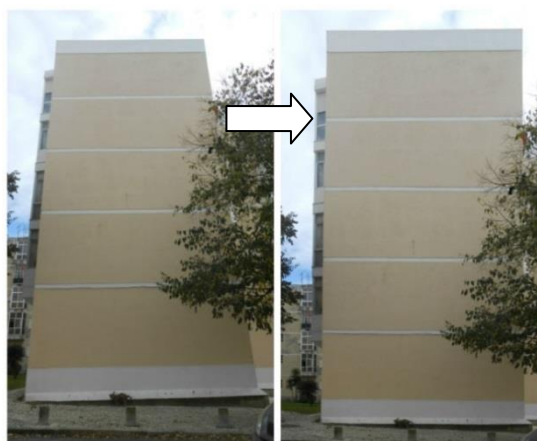


Figura 3.28 - Normalização da imagem do paramento ID 67 - Rua Pedro Queiroz Pereira 3

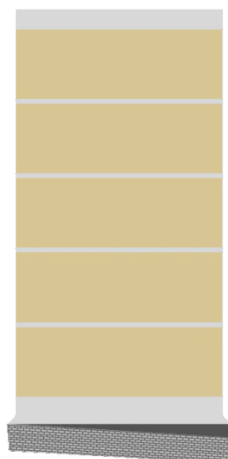


Figura 3.29 - Desenho em AutoCad do paramento ID 67 - Rua Pedro Queiroz Pereira 3

Todos os dados recolhidos no trabalho de campo são registados numa ficha de inspecção que contém campos de preenchimento relativos às características do edifício, do paramento a inspeccionar e das anomalias observadas.

3.4.1. Ficha de inspecção e diagnóstico

A ficha de inspecção e diagnóstico (Anexo I) é o elemento onde serão registados todos os dados recolhidos em campo. Os sub-capítulos 2.6 e 2.7 reúnem as informações fundamentais para completar o segmento na ficha de inspecção relacionado com a caracterização das anomalias e no sub-capítulo 3.3 foram especificados os principais critérios de caracterização dos edifícios e dos revestimentos a ter em conta. A ficha de inspecção e diagnóstico foi elaborada com base nas fichas desenvolvidas por Gaspar (2002), Gaspar (2009) e Chai (2011). Os campos de preenchimento presentes na ficha são os seguintes:

Características gerais:

- Endereço;
- Localização;
- Função predominante (Habitação/Serviços);
- Tipo de urbanização (Corrente/Densa);
- Configuração volumétrica (Compacta/Irregular);
- Tipo de cobertura (Inclinada/Terraço/Mista);
- Número de pisos elevados;
- Existência de vãos (Sim/Não);
- Existência de varandas (Sim/Não);
- Existência de elementos de drenagem (Sim/Não).

Factores ambientais:

- Acção vento / chuva (Suave/Moderada/Severa);
- Humidade (Corrente/Desfavorável);
- Proximidade do mar (< 1 km/1 km - 5 km/> 5 km);
- Proximidade do rio (< 1 km/1 km - 5 km/> 5 km);
- Proximidade de fontes poluentes (Corrente/Desfavorável).

Revestimento de pintura:

- Idade do revestimento;
- Tipo de produto;
- Suporte (Reboco/Pintura antiga);
- Textura (Liso/Rugoso);

- Brilho (Acetinado/Semi-Mate/Mate);
- Cor predominante;
- Orientação (Norte/Sul/Este/Oeste).

Anomalias:

- Nível de degradação (1/2/3/4);
- Localização na fachada (Zona corrente/ Junto a aberturas ou vãos/Esquinas ou cantos/Zona saliente/Junto ao solo/Platibandas ou junto à cobertura);
- Causas prováveis/ Observações.

3.5. Análise da amostra

Após a recolha da informação necessária durante o trabalho de campo, foi necessário realizar o tratamento da mesma. Foi criada uma base de dados, em *Microsoft Excel*, para caracterizar a amostra reunida e analisar os resultados obtidos após o processamento dos dados iniciais. Foram inspeccionados 103 revestimentos localizados em Lisboa, Oeiras, Cascais, Sintra, Almada, Seixal, Moita e Barreiro com o objectivo de completar a amostra de Chai (2011), tendo sido cumprido o valor dos 90 revestimentos mínimos necessários. Apresenta-se nos sub-capítulos seguintes a caracterização da amostra.

3.5.1. Idade

Analisando a Figura 3.31, o intervalo de idades mais frequente dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo situa-se entre 7 e 10 anos (30%). Procurando-se aumentar o número de casos com idades entre 11 e 14 anos, a segunda maior percentagem de inspeções (25%) diz respeito a revestimentos que se inserem neste intervalo de idades. Não foi fácil encontrar edifícios com mais 14 anos aptos a incluir no presente trabalho porque se verificava no local que estes revestimentos com idade mais avançada já tinham sido alvo de acções parciais de reparação, isto é, apenas em zonas pontuais da fachada. Considera-se que estes casos devem ser excluídos pois é incoerente considerar que um revestimento tem uma determinada idade e na realidade é constituído por diferentes áreas com idades distintas tendo em conta que não foi intervencionada toda a área da fachada; contudo, a questão de como lidar com estes casos poderá ser estudada em investigações futuras. A Figura 3.32 apresenta a distribuição total dos revestimentos de pintura inspeccionados em função da idade, sendo que a maior parte dos revestimentos inspeccionados tem idades entre 7 e 10 anos (29%) e entre 3 e 6 anos (25%).

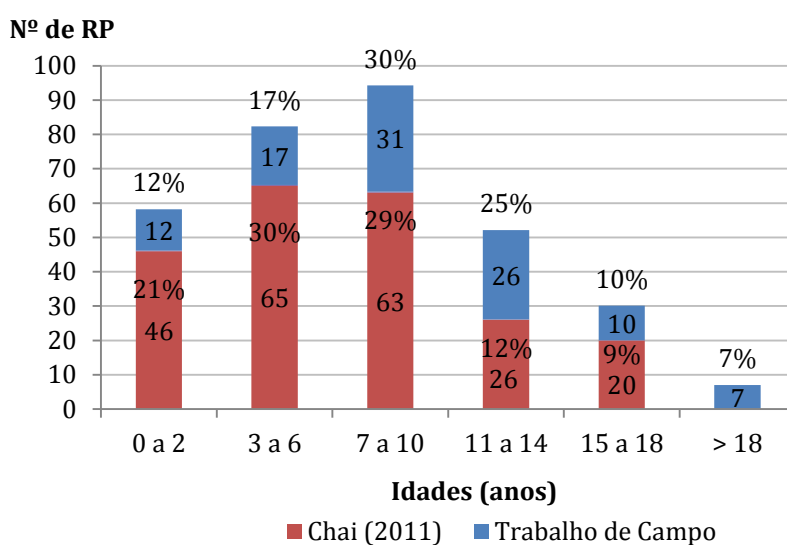


Figura 3.30 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da idade

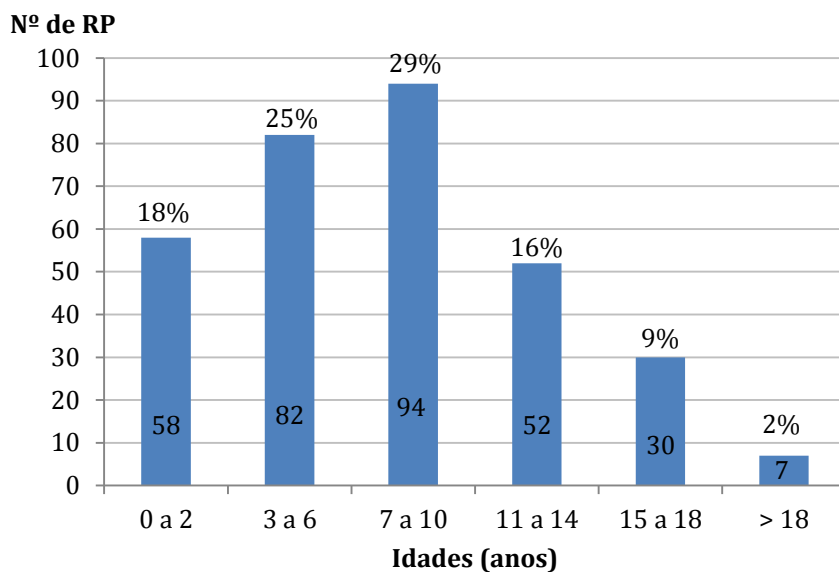


Figura 3.31 - Distribuição da amostra total em função da idade

3.5.2. Localização

Proximidade do mar

Dos edifícios inspecionados no trabalho de campo, a maioria localiza-se a mais de 5 km do mar (43%) tal como se pode observar na Figura 3.33. A Figura 3.34 apresenta a distribuição da amostra total em função da proximidade do mar com uma predominância de edifícios a mais de 5 km do mar (46%).

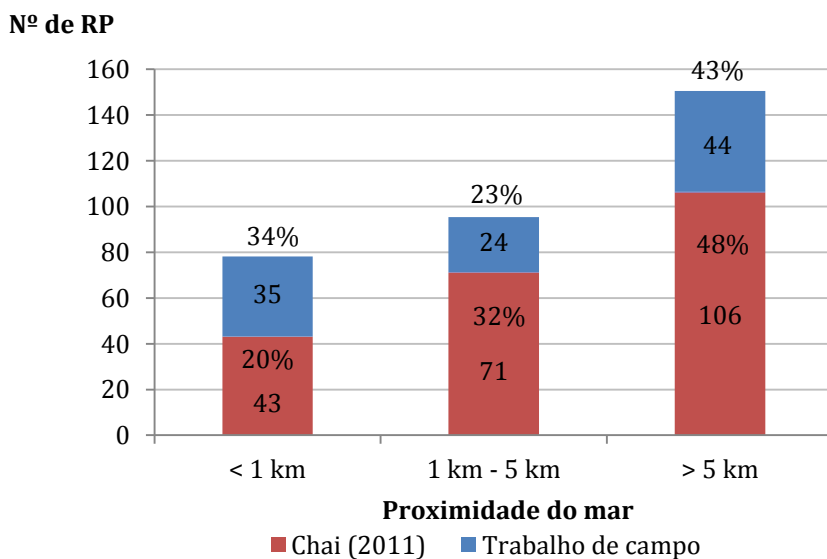


Figura 3.32 - Comparação dos revestimentos inspecionados no trabalho de campo e e por Chai (2011) em função da proximidade do mar

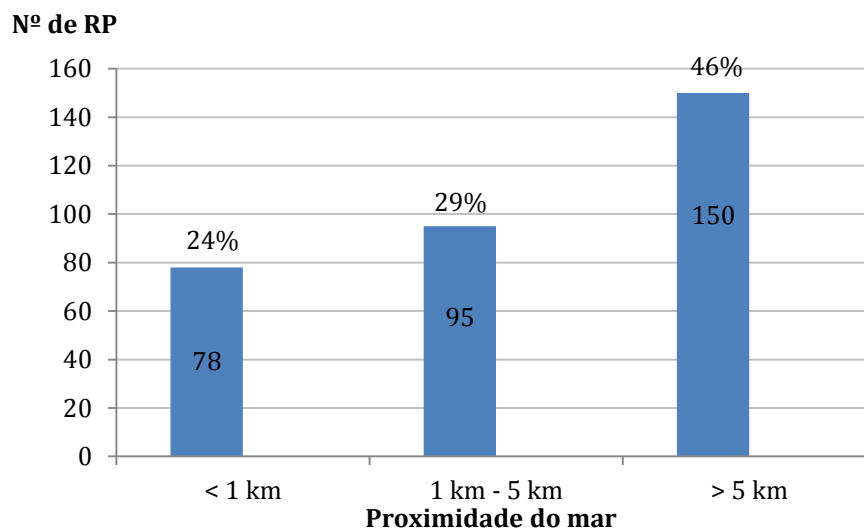


Figura 3.33 - Distribuição da amostra total em função da proximidade do mar

Proximidade do rio

Foi ainda registada a proximidade dos edifícios inspeccionados relativamente ao rio com o objectivo de definir se cada revestimento estaria sujeito a uma humidade relativa do ar corrente ou desfavorável mesmo que se situasse a mais de 5 km do mar. A Figura 3.35 demonstra que 35% dos casos se situam a menos de 1 km do rio.

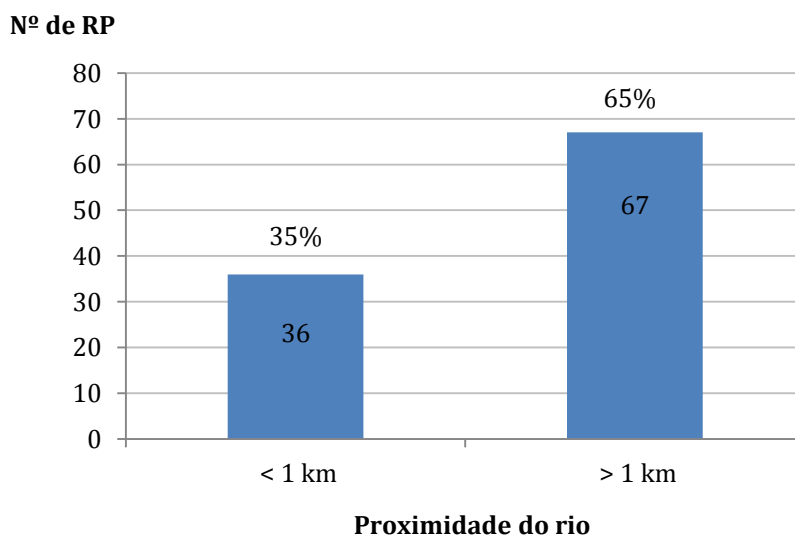


Figura 3.34 - Distribuição dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo em função da proximidade do rio

Exposição à humidade

A Figura 3.36 demonstra que, dos edifícios inspeccionados no trabalho de campo actual, a maioria está exposta a condições de humidade corrente (59%). Foi definido que os revestimentos de edifícios localizados a menos de 5 km do mar e a menos de 1 km do rio estariam na presença de uma humidade desfavorável. A Figura 3.39 apresenta todos os casos de estudo em função da exposição à humidade, sendo que a maior parte dos revestimentos se encontra exposto a condições correntes (51%).

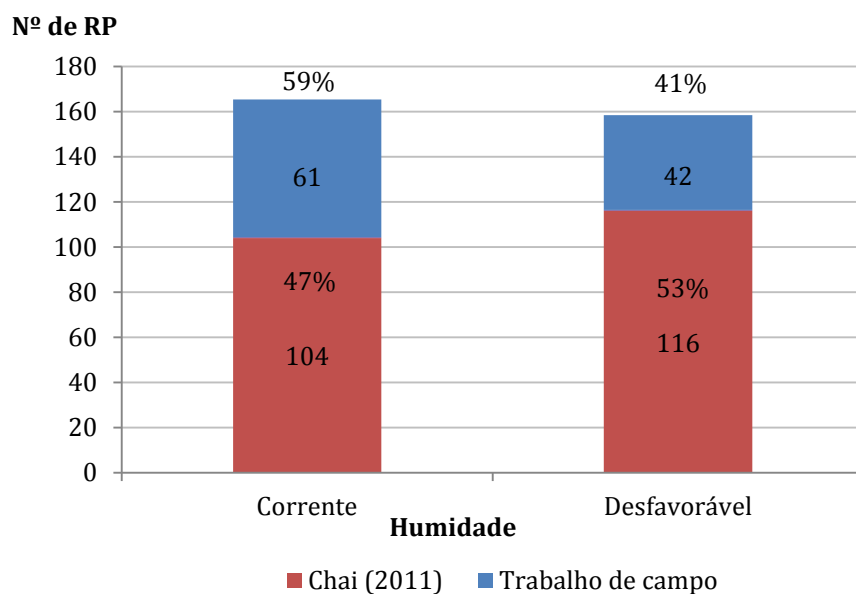


Figura 3.35 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da humidade

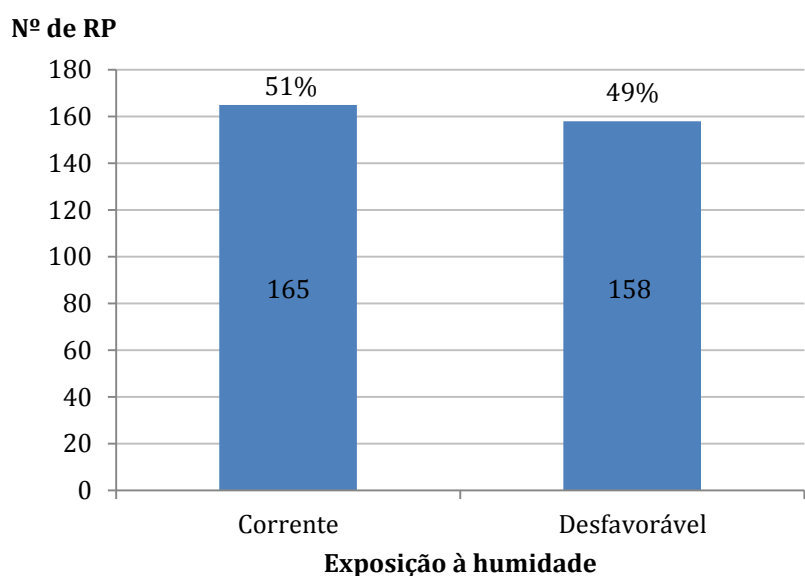


Figura 3.36 - Distribuição da amostra total em função da exposição à humidade

Acção vento / chuva

Relativamente à acção vento / chuva (Figura 3.38), a maioria dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo actual está exposta a uma acção suave (43%). A Figura 3.39 demonstra que se conseguiu equilibrar a amostra relativamente aos casos expostos às acções suave e severa, sendo que os revestimentos expostos a condições moderadas ainda correspondem a uma percentagem superior (42%) aos restantes.

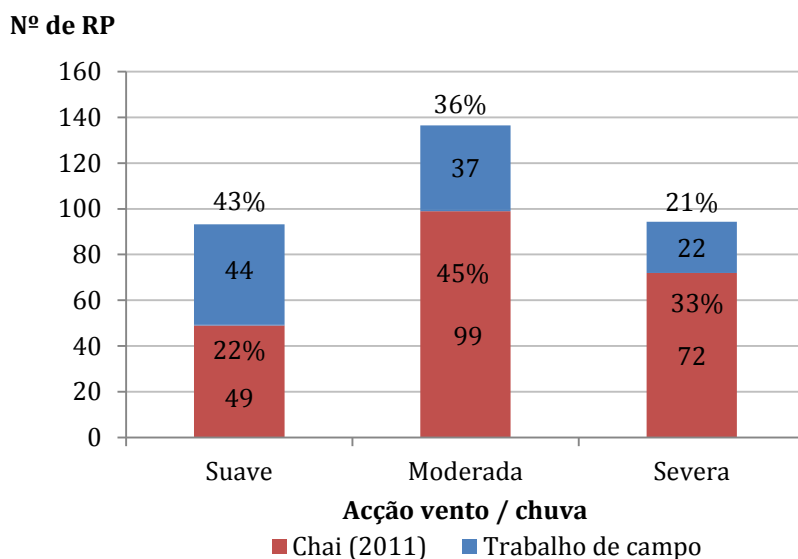


Figura 3.37 - Comparação dos revestimentos inspecionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da acção vento / chuva

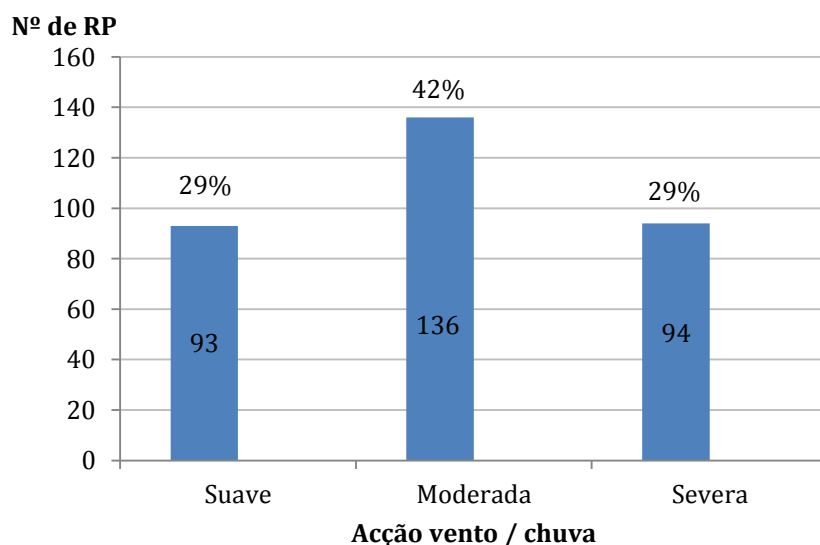


Figura 3.38 - Distribuição da amostra total em função da acção vento / chuva

Orientação solar

A Figura 3.40 demonstra que foram cumpridos o número mínimo de casos definidos na Tabela 3.3 (25 revestimentos expostos a Norte, 15 revestimentos expostos a Sul e 10 revestimentos expostos a Oeste). A Figura 3.41 apresenta a distribuição da amostra total em função da exposição solar, sendo que a maior parte dos revestimentos se encontra exposta a Este (29%) e Oeste (28%).

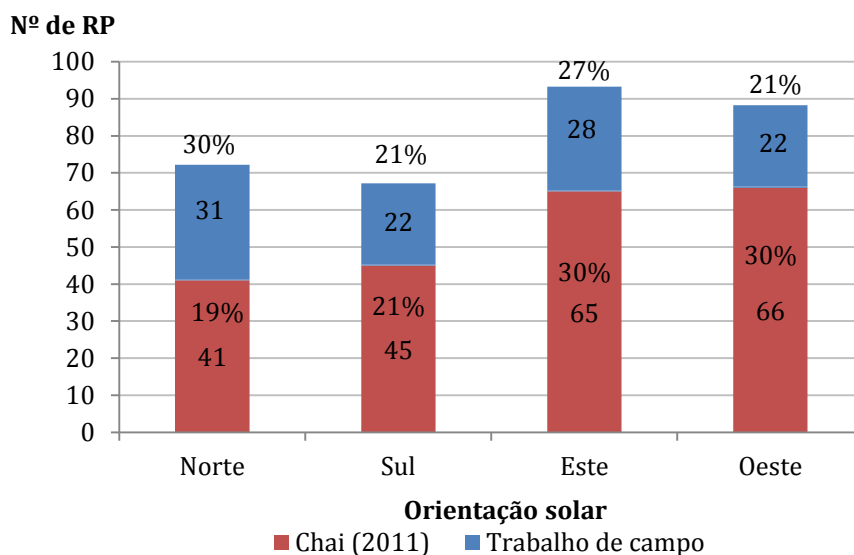


Figura 3.39 - Comparação dos revestimentos inspecionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da orientação solar

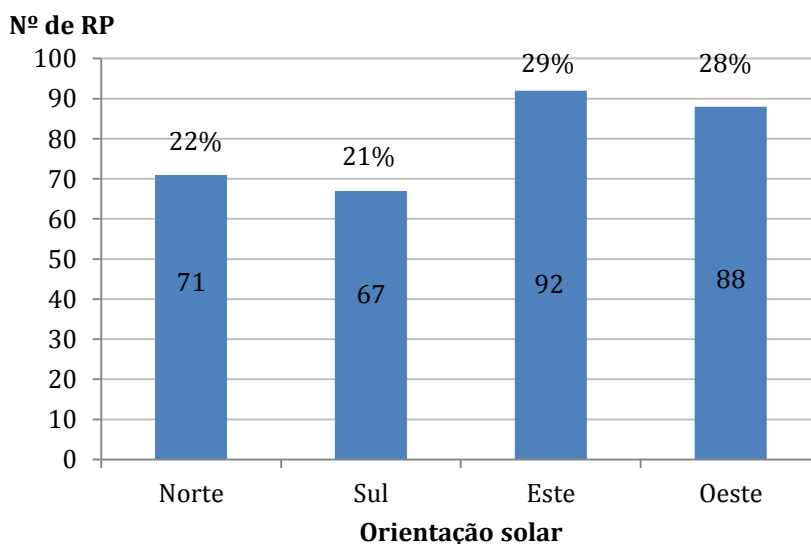


Figura 3.40 - Distribuição da amostra total em função da orientação solar

Proximidade das fontes poluentes

Segundo a Figura 3.42, a maior parte dos revestimentos inspecionados no trabalho de campo actual estão numa situação corrente (52%) relativamente às fontes poluentes.

É de mencionar que, geralmente, os revestimentos dos edifícios junto a fontes de poluição (48%) apresentavam sujidade superficial em grande parte da área total.

A Figura 3.43 apresenta a distribuição da amostra total em função da proximidade de fontes poluentes, sendo claro o desequilíbrio entre as duas variáveis.

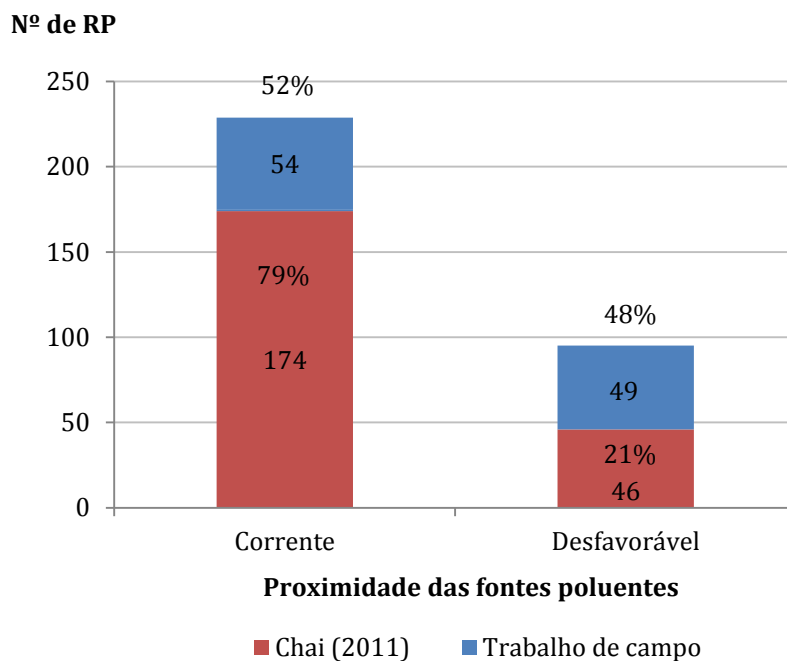


Figura 3.41 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da proximidade de fontes poluentes

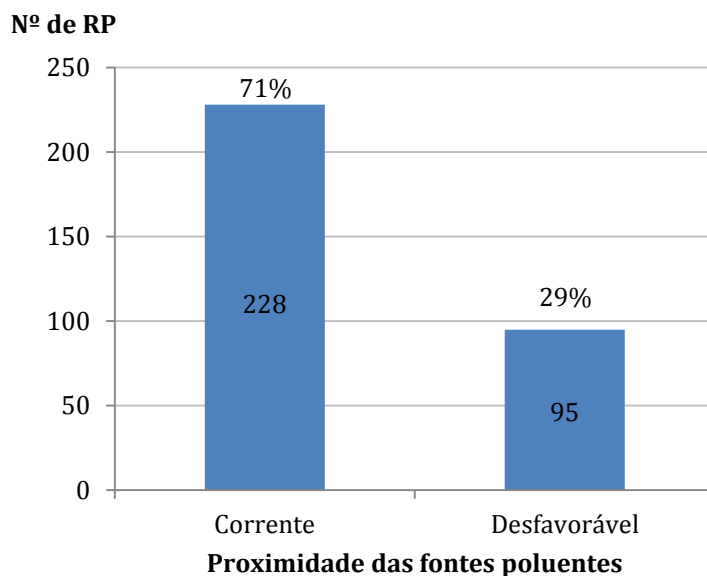


Figura 3.42 - Distribuição da amostra total em função da proximidade de fontes poluentes

3.5.3. Produto de pintura

Tipo de produto

A Figura 3.44 demonstra que foi cumprido o número mínimo de casos definidos na Tabela 3.4 (15 revestimentos correspondentes a tintas texturadas). A Figura 3.45 apresenta a distribuição da amostra total em função do produto de pintura, sendo que a maior parte dos revestimentos são membranas elásticas (39%).

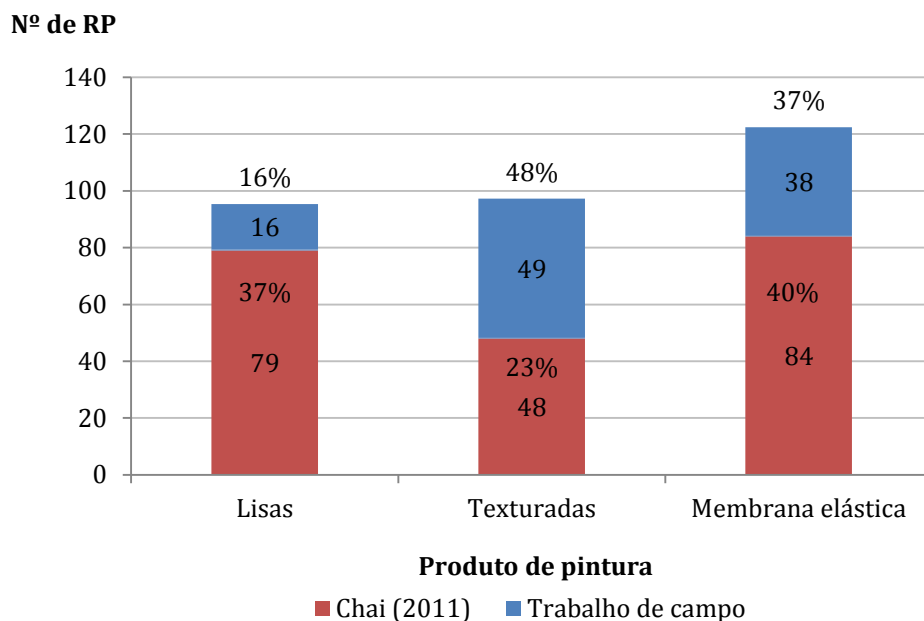


Figura 3.43 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função do produto de pintura

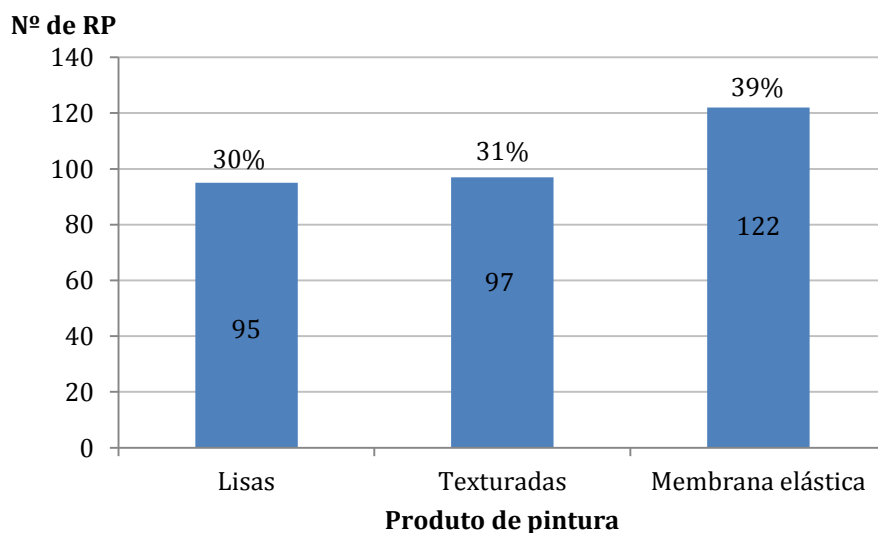


Figura 3.44 - Distribuição da amostra total em função do produto de pintura

Cor do revestimento

Portugal é dos países da Europa com mais tempo de exposição solar, e, desta forma, tendencialmente sempre foram utilizadas cores mais claras nas paredes exteriores por terem um coeficiente de absorção menor e permitirem que as casas não aquecessem tanto; esta questão vem justificar a dificuldade de obter informação relativamente a revestimentos de cor escura, sendo que, apenas foi possível reunir 16 casos de revestimentos com tonalidade mais escura.

A Figura 3.47 apresenta a distribuição da amostra total em função da cor da pintura, sendo que a maior parte dos revestimentos tem cor amarela, cor-de-laranja ou cor-de-rosa claro (52%).

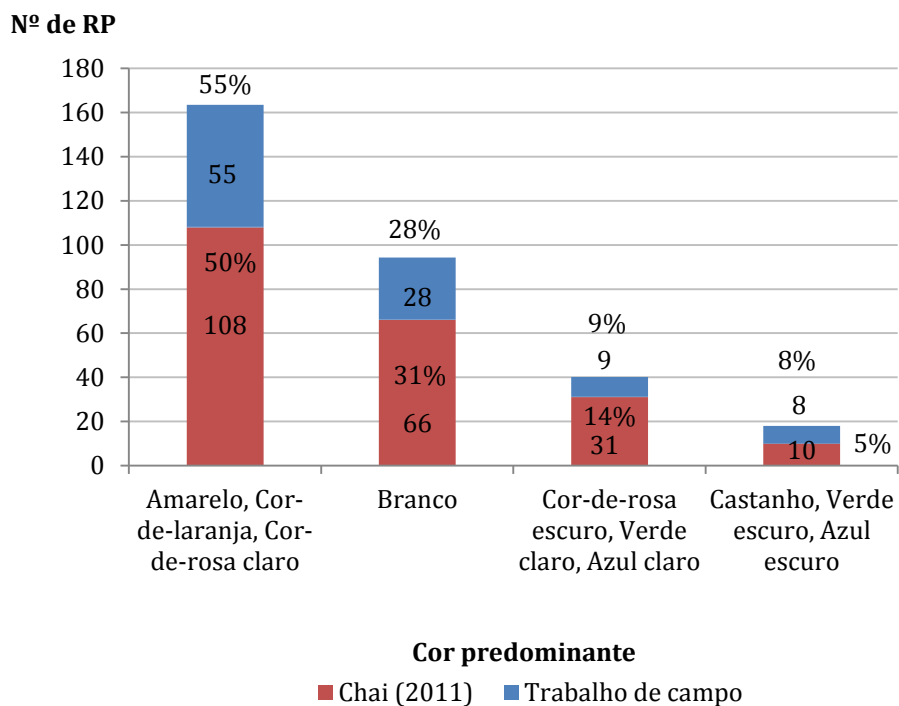


Figura 3.45 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da cor

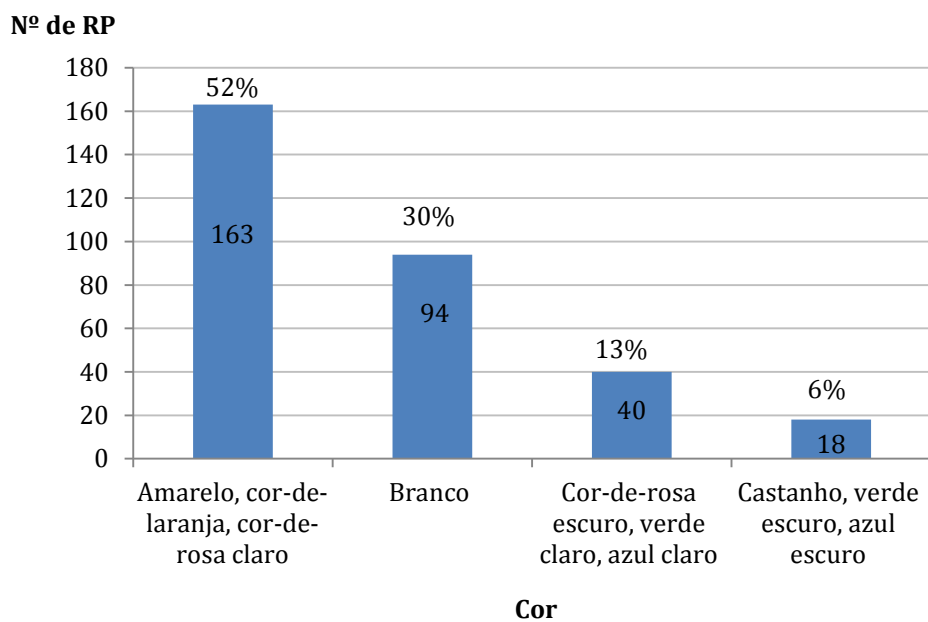


Figura 3.46 - Distribuição da amostra total em função da cor

Textura

A Figura 3.48 demonstra que foram cumpridos o número mínimo de casos definidos na Tabela 3.7 (20 revestimentos com textura rugosa). A Figura 3.49 apresenta a distribuição da amostra total em função da textura, sendo que a maior parte dos casos correspondem a revestimentos rugosos (57%).

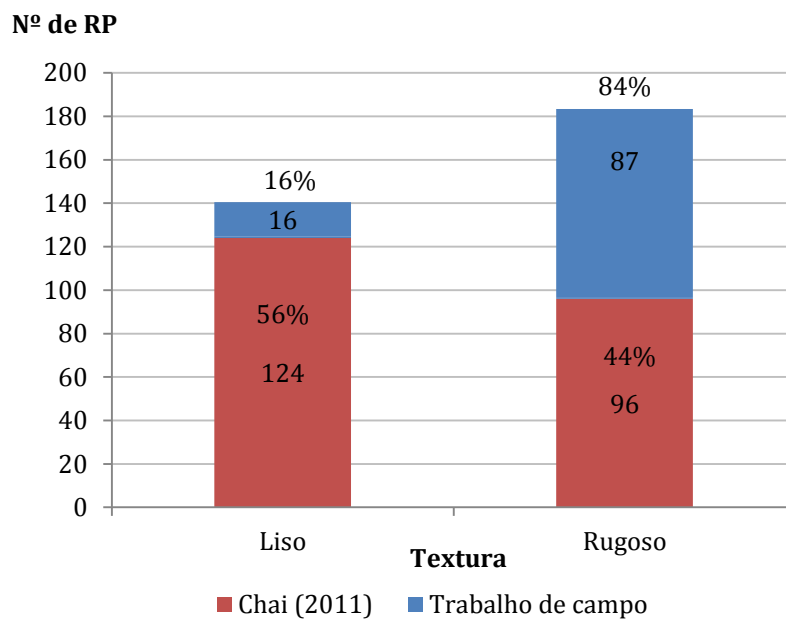


Figura 3.47 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função da textura

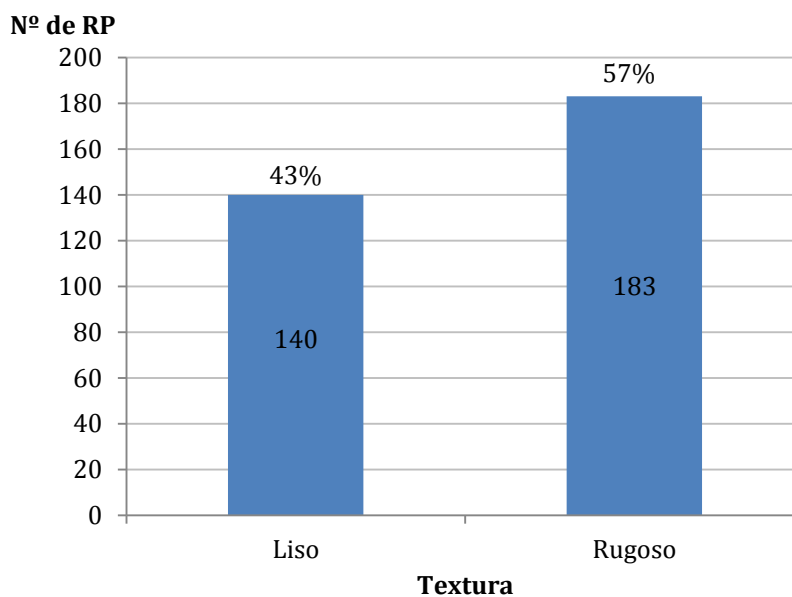


Figura 3.48 - Distribuição da amostra total em função da textura

Suporte

A Figura 3.50 demonstra que foram cumpridos o número mínimo de casos definidos na Tabela 3.8 (5 revestimentos aplicados sobre reboco e 35 revestimentos aplicados sobre pintura antiga).

A Figura 3.51 apresenta a distribuição da amostra total em função do substrato, sendo que 46% dos casos correspondem a revestimentos aplicados sobre pintura antiga e 54% a revestimentos aplicados sobre reboco.

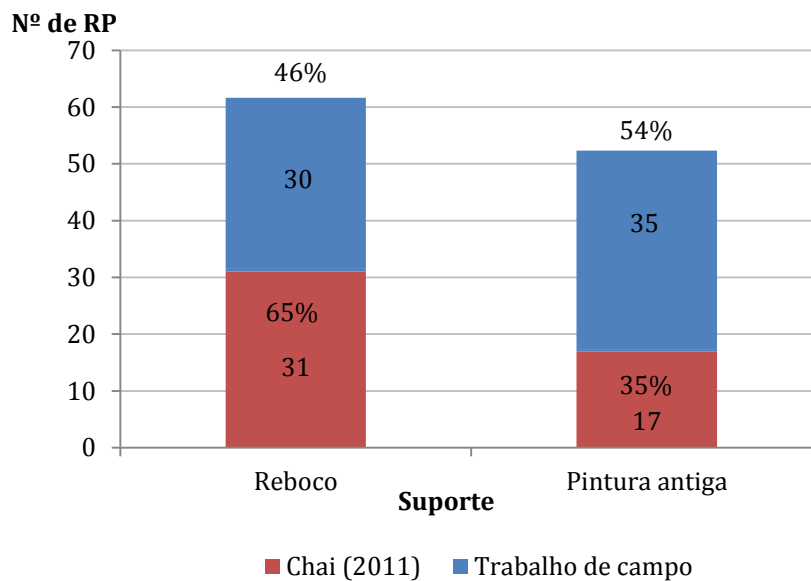


Figura 3.49 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função do substrato

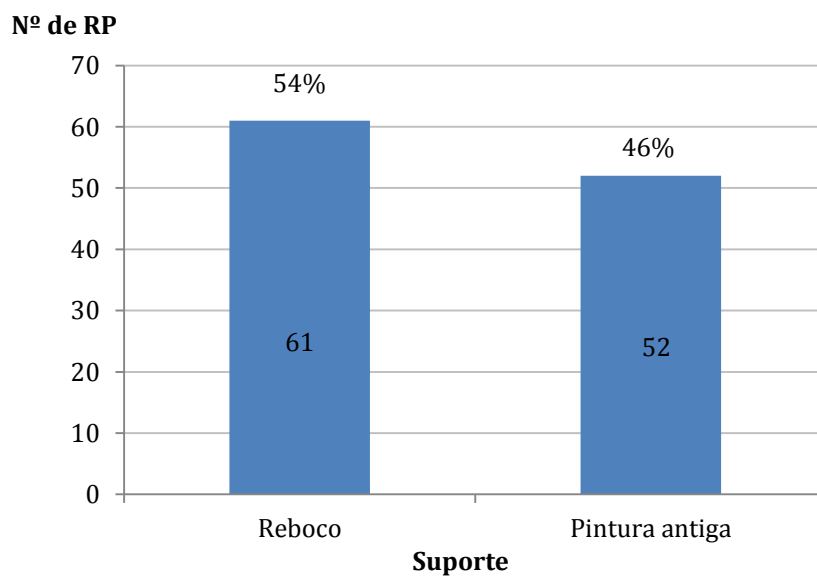


Figura 3.50 - Distribuição da amostra total em função do substrato

3.5.4. Anomalias

Através da Figura 3.52, constata-se que o grupo de anomalias no qual se verificou maior número de anomalias no trabalho de campo actual é o do tipo manchas com 92 anomalias (61%). O grupo de anomalias no qual se verificou menor número de anomalias no trabalho de campo actual é o do tipo fissuração com 5 anomalias (3%). A maior parte das anomalias registadas por Chai (2011) também se insere no grupo do tipo manchas com 193 casos (56%) e o menor número de anomalias registadas no grupo do tipo perda de coesão com apenas 9 casos (3%).

Na Figura 3.53, constata-se que o grupo do tipo manchas é o que reúne o maior número de anomalias (58%) e o grupo do tipo perda de coesão é o que reúne o menor número de anomalias (6%).

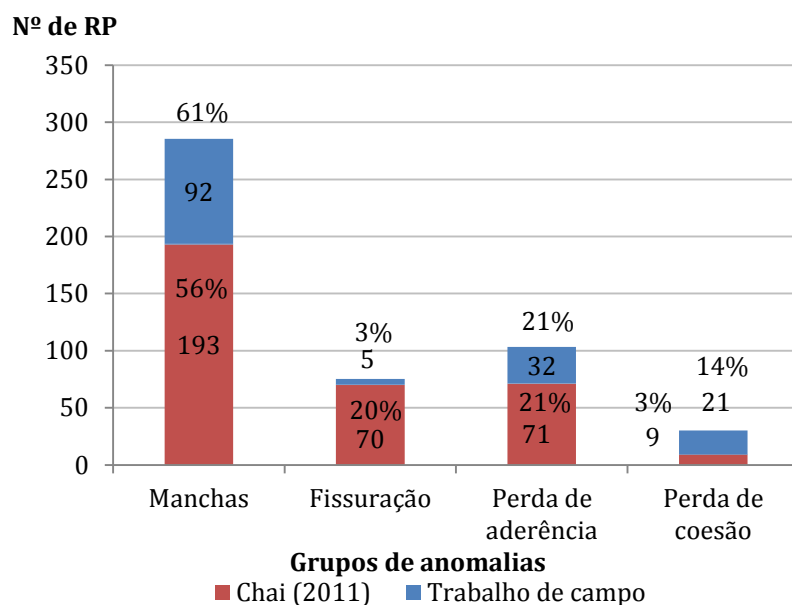


Figura 3.51 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função do grupo de anomalias

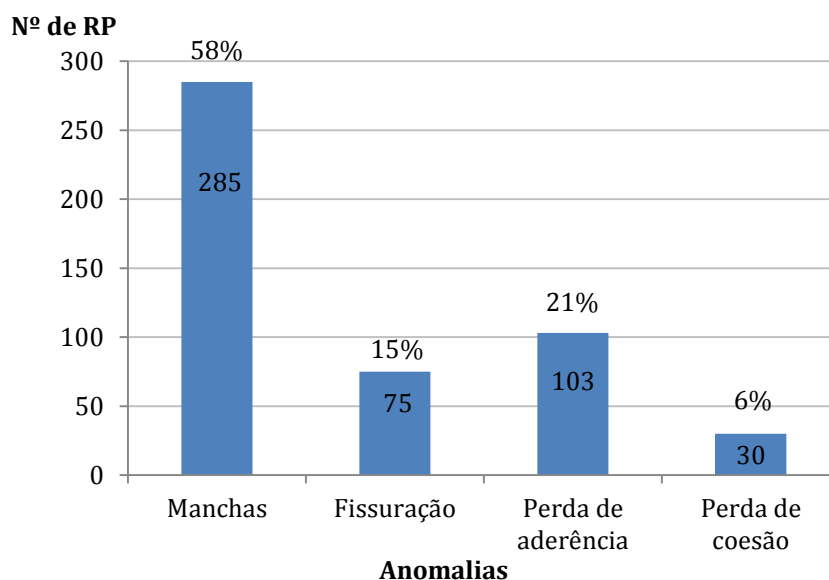


Figura 3.52 - Distribuição da amostra total em função do grupo de anomalias

Através da Figura 3.54, constata-se que a anomalia mais frequente no grupo do tipo manchas no trabalho de campo actual é a sujidade (29%) e a anomalia menos frequente é a presença de eflorescências (1%). A anomalia mais frequente no grupo do tipo perda de aderência no trabalho de campo actual é o destacamento (8%). Refira-se ainda que foram registados 5 casos (2%) de fissuração mapeada e 21 casos de pulverulência (7%) no trabalho de campo actual.

Relativamente à amostra total, observando a Figura 3.55, é possível afirmar que a anomalia mais recorrente é a sujidade com 262 casos (45%) e a anomalia menos frequente é a presença de eflorescências com 17 casos (3%).

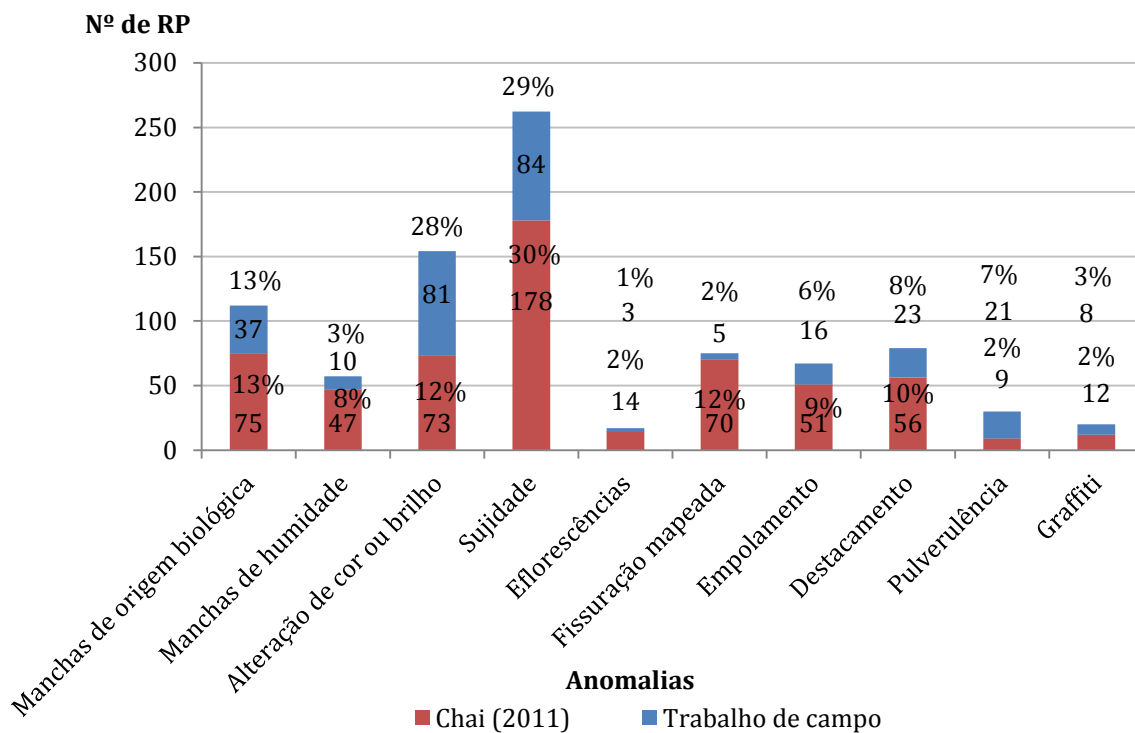


Figura 3.53 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo e por Chai (2011) em função das anomalias

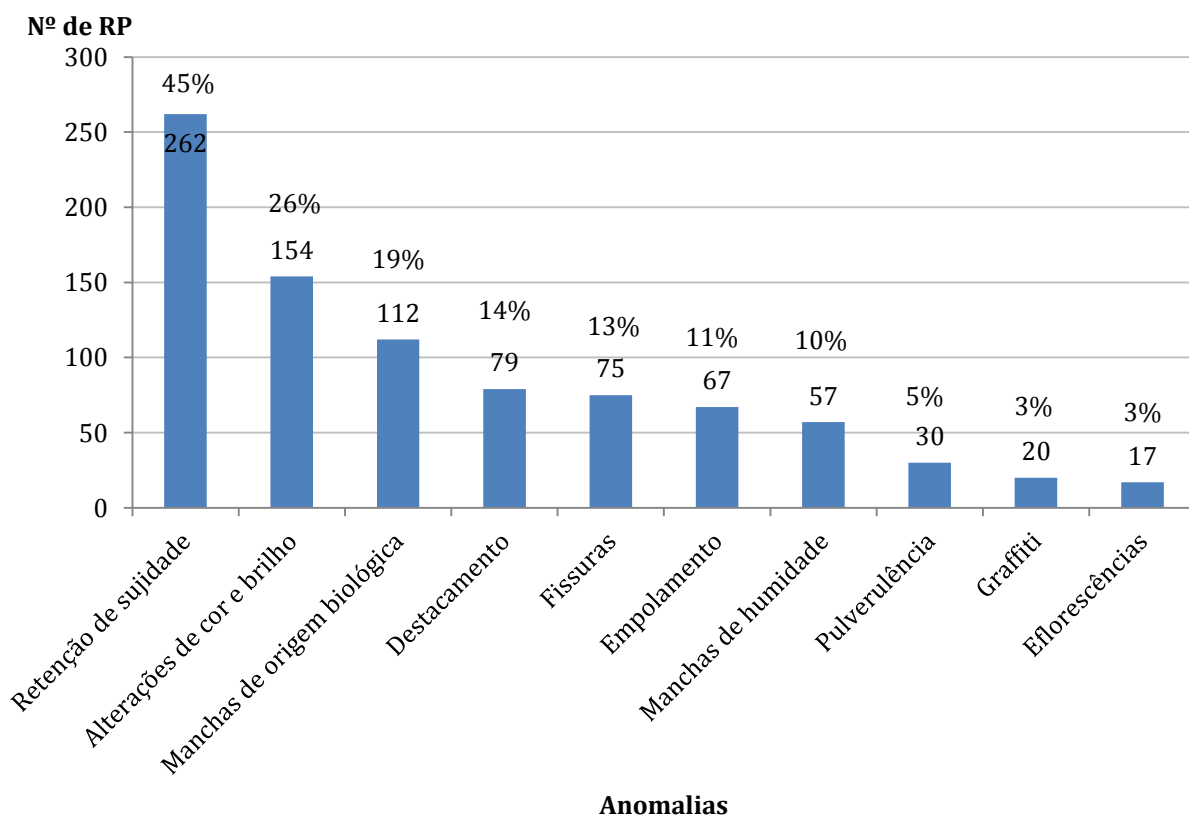


Figura 3.54 - Distribuição da amostra total em função das anomalias

Através da Figura 3.56, constata-se que o nível de degradação mais recorrente no trabalho de campo actual é o nível 1 com 138 casos (49%) e o nível de degradação menos recorrente é o 3 com 27 casos (10%). O nível de degradação mais recorrente na amostra de Chai (2011) é o 2 com 188 casos (33%) e o nível de degradação menos recorrente é o 1 com 100 casos (17%). A partir da Figura 3.57, constata-se que o nível de degradação mais frequente é o 1 (28%), seguido do 2 (26%). Os níveis de degradação menos frequentes são o 3 e o 4 (22%).

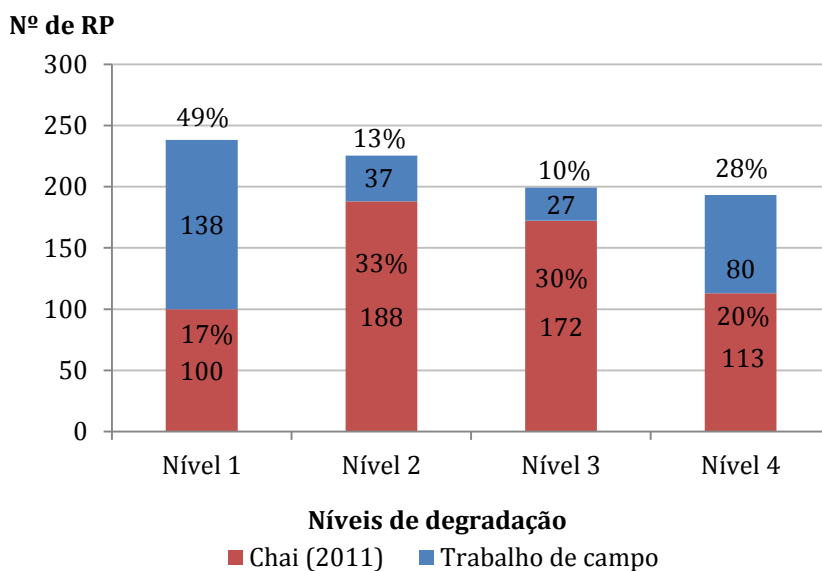


Figura 3.55 - Comparação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo em função dos níveis de degradação

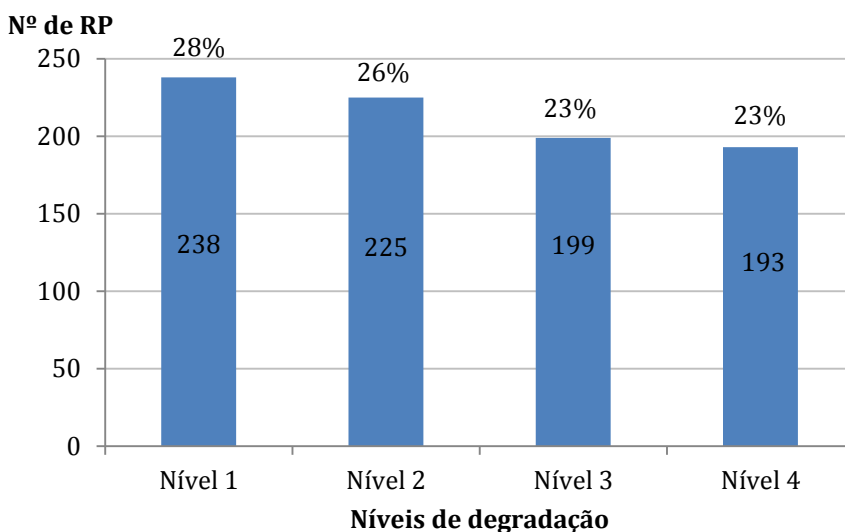


Figura 3.56 - Distribuição da amostra total em função dos níveis de degradação

Tendo em conta a amostra total, a partir da Figura 3.58, é possível constatar que o nível de degradação mais recorrente das anomalias do grupo do tipo manchas é o 1 (35%) e do grupo fissuração é o 2 (32%). Para os grupos de anomalias do tipo perda de aderência e perda de coesão, o nível de degradação mais frequente é o 4 (65% e 47% respectivamente), o que seria de esperar uma vez que as anomalias como o destacamento ou a pulverulência são consideradas ocorrências graves que contribuem de forma significativa para a perda de desempenho do revestimento.

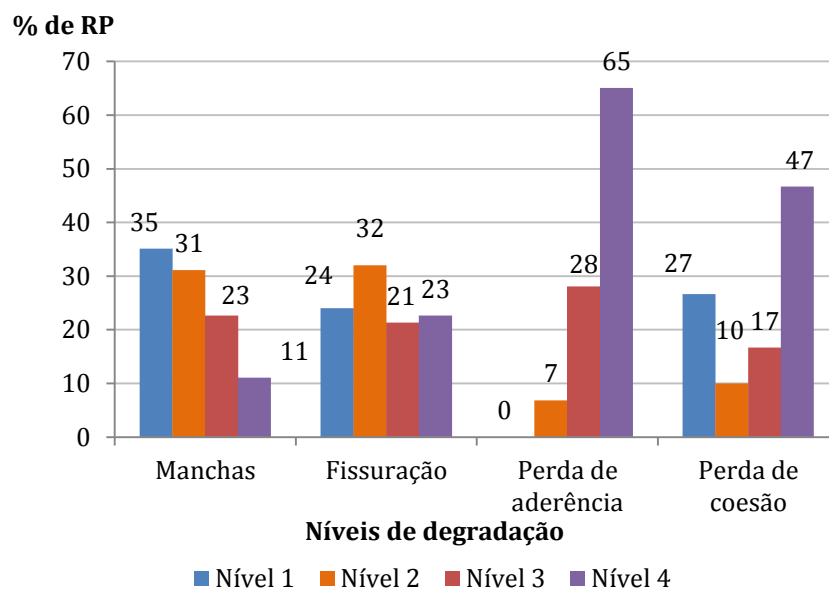


Figura 3.57 - Distribuição da amostra total em função dos níveis de degradação

3.6. Conclusão

Neste capítulo, procurou-se caracterizar a amostra de Chai (2011), identificar o número de novos casos para completar a amostra anterior, descrever a metodologia a adoptar para a recolha da informação necessária, executar o trabalho de campo e, por fim, analisar os resultados finais.

Foi necessário uma fase preparação prévia das inspecções visuais *in-situ* que consistiu em reunir o material necessário para o trabalho de campo e na realização de uma ficha de inspecção e diagnóstico onde serão registados os dados aferidos durante o mesmo. O trabalho de campo conduziu a uma nova amostra que consiste em 323 revestimentos de pintura que foram caracterizados tendo em conta a idade, a localização, o produto de pintura e a presença de anomalias.

No capítulo seguinte, a partir do tratamento dos dados reunidos em campos, foram calculados determinados indicadores de degradação e construídos gráficos que permitem observar a evolução da degradação dos elementos em estudo ao longo do tempo.

4. Modelos de degradação

4.1. Introdução

O objectivo deste capítulo é analisar a evolução da degradação dos revestimentos por pintura ao longo do tempo. Seguindo a metodologia de Gaspar (2009), são construídos modelos de degradação e calculados valores de vida útil prevista. Os resultados são obtidos a partir dos dados recolhidos em campo apresentados no capítulo 3.

4.2. Definição do fim da vida útil

Tal como abordado no capítulo 1, o fim da vida útil de um elemento ocorre quando este já não cumpre determinados requisitos de desempenho a nível de funcionalidade, segurança e estética (definidos na referência 2.4.2.).

Algo que é importante referir é a presença da subjectividade relativamente à definição dos níveis mínimos de desempenho que irão influenciar a tomada de decisão de intervir no elemento. Os requisitos que, se não forem cumpridos, determinam a intervenção, são definidos por uma entidade decisora (individual ou colectiva) influenciada não só pelas suas características internas mas também por externas, próprias do contexto ou época em que se insere (por exemplo, normas estipuladas sobre a qualidade dos produtos da construção, questões ambientais, económicas, financeiras, de sustentabilidade, entre outras).

No sub-capítulo 2.7, foram definidos cinco níveis de degradação para cada anomalia de acordo com as características das mesmas, sendo que o nível 0 corresponde à ausência de degradação visível e o nível 4 à presença de degradação generalizada (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Definição dos níveis de degradação

Níveis de degradação	Estado de conservação
Nível 0	Sem degradação ou não detectável
Nível 1	Bom estado
Nível 2	Degradação ligeira
Nível 3	Degradação moderada
Nível 4	Degradação generalizada

O nível mínimo de desempenho considerado é o nível de degradação 3. A partir deste limite o revestimento de pintura atingiu o fim da vida útil. Considerou-se este nível de degradação como forma de dar continuidade às investigações realizadas anteriormente por diversos autores como Gaspar (2002), Bordalo (2008), Sousa (2008), Gaspar (2009), Silva (2009), Garrido (2010), Chai (2011), Ximenes (2012), Galbusera (2012) e Emídio (2012). Quando é atingido o fim da vida útil do revestimento de pintura, está-se perante a tomada de decisão relativamente a se proceder ou não a uma intervenção de repintura.

4.3. Método para o cálculo da degradação

O método adoptado para caracterizar a degradação dos revestimentos de pintura ao longo do tempo foi baseado nos modelos desenvolvidos por Gaspar (2002; 2009). O método que será adoptado na presente dissertação é um modelo matemático que permite definir a evolução da degradação através do cálculo de indicadores matemáticos e da informação referente à idade dos revestimentos.

Em 2002, Gaspar desenvolveu um modelo que conta apenas com o nível de degradação de cada anomalia e o número das anomalias registadas. Em 2009, Gaspar procurou colmatar algumas das limitações do modelo de 2002 através da inserção de novas variáveis e do cálculo de indicadores de degradação, de acordo com a equação 3.1.

Refira-se ainda que é importante aprofundar a questão dos coeficientes de ponderação das anomalias. Estes coeficientes introduzem a hipótese de que as anomalias não contribuem todas de igual forma para a degradação e permitem a obtenção de resultados mais realistas e fiáveis.

Gaspar (2009) testou diferentes pesos relativos entre os grupos de anomalias e analisou os resultados obtidos no que se refere à sua capacidade para traduzir a realidade física registada. Na presente dissertação, considera-se os cenários que apresentaram melhores resultados na investigação de Gaspar (2009) e adoptar-se-ão os coeficientes de ponderação definidos por Chai (2011). O cenário C1 assume que todas as anomalias contribuem com o mesmo grau de importância para a degradação e o cenário C2 assume que as anomalias do tipo perda de aderência apresentam maior gravidade do que as anomalias do tipo fissuração e pulverulência que, por sua vez, apresentam maior importância do que as anomalias do tipo manchas. São de seguida apresentados os dois cenários considerados com os respectivos coeficientes na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Coeficientes de ponderação dos grupos de anomalias (Chai, 2011)

Grupos de anomalias	Manchas		Fissuração		Perda de aderência		Pulverulência	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
Cenário de estudo								
Ponderação relativa ($k_{a,n}$)	1,00	0,25	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00

Chai (2011) constatou que os valores de severidade calculados a partir de coeficientes com ponderação diferenciada, ao contrário dos valores de severidade obtidos a partir de valores de ponderação iguais a 1, estão compreendidos entre 0 e 100%. Desta forma, a severidade que se obtém considerando uma diferenciação da forma como cada grupo de anomalias afecta a durabilidade, é um indicador de mais fácil interpretação do que a severidade em que essa diferenciação não é tida em conta, interpretando a realidade de forma mais coerente, pelo que os modelos de degradação apresentados neste capítulo serão construídos a partir de valores de severidade calculados tendo em conta o cenário C2.

Foi caracterizado o modelo matemático adoptado na presente investigação através da identificação de todas as variáveis que permitem calcular a severidade da degradação dos revestimentos de pintura.

4.3.1. Abordagem qualitativa vs quantitativa

A questão que se coloca está relacionada com a forma como são utilizados os níveis de degradação no cálculo da severidade (caracterizados qualitativamente no sub-capítulo 2.7).

Num revestimento com determinada área total, pode existir determinada anomalia com diferentes níveis de degradação. Para facilitar a explicação, considere-se, a título de exemplo, a hipótese de existir um revestimento que apresenta numa zona sujidade de nível 1 e noutra zona sujidade de nível 3. Chai (2011) mediu a área total do revestimento que apresentava sujidade e atribuiu-lhe um nível médio de degradação consoante a sua percepção, ou seja, se a área com sujidade de nível 1 for próxima da área com sujidade de nível 3, considerou o nível 2 de degradação, e, se a área com sujidade de nível 1 for consideravelmente superior ou inferior à área com sujidade de nível 3, considerou o nível 1 ou o nível 3, respectivamente.

Nesta investigação, para cada anomalia foram medidas as áreas para cada nível de degradação com que esta se apresentava no paramento, ou seja, recorrendo ao exemplo anterior, mediu-se a área do paramento com sujidade de nível 1 e a área com sujidade de nível 3. No fundo, ambos os métodos levam à consideração de uma média de degradação, embora um dos mesmos adopte a consideração qualitativa de um nível de degradação médio para cada anomalia. O método de Chai (2011) é fortemente empírico: menos rigoroso e mais subjectivo; contudo, permite analisar de forma mais rápida a degradação de um determinado revestimento e, com isso, analisar um maior número de casos, o que é muito importante para ter uma amostra grande e com isso um grau de fiabilidade aceitável.

O outro método é mais quantitativo e mais rigoroso, mas tem a desvantagem de ser mais moroso, contudo apenas não foi utilizado por uma questão de coerência ao se adicionar os resultados de Chai (2011) aos resultados obtidos.

Um dos objectivos da presente dissertação foi desde o início juntar os casos estudados no trabalho de campo actual com os casos estudados por Chai (2011) de forma a se analisar a degradação de uma amostra maior e mais completa e calcular valores de degradação mais fiáveis.

Devido às considerações descritas acima, levantou-se a questão de juntar os valores de degradação calculados por um método mais qualitativo e outros por um método mais quantitativo. No seguimento desta questão, resolveu-se aplicar o método de Chai (2011) relativamente à atribuição de um nível de degradação médio para cada anomalia aos casos de estudo do trabalho de campo actual e calcular novos valores de degradação com o objectivo de comparar os mesmos valores com os valores primeiramente calculados a partir do método mais quantitativo.

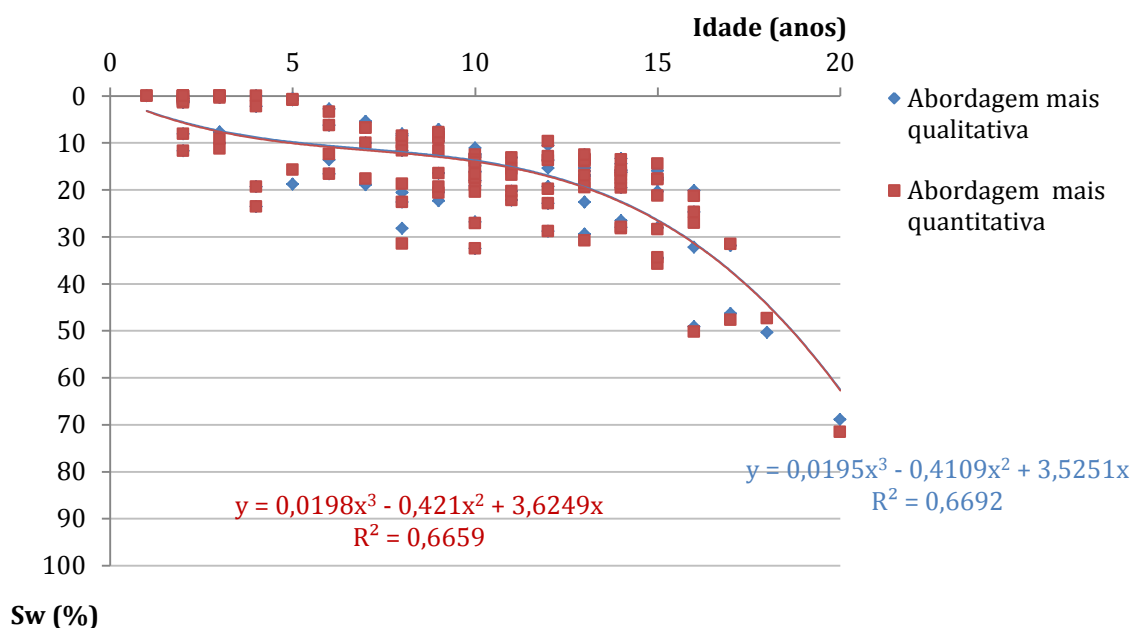


Figura 4.1 - Curvas de degradação dos casos de estudo recolhidos no trabalho de campo actual: comparação entre a abordagem de Chai (2011) e a do trabalho actual

A Figura 4.1 apresenta a comparação entre os resultados dos dois métodos e o que se conclui é que mesmo utilizando uma abordagem mais qualitativa, os valores obtidos são muito semelhantes aos da abordagem mais quantitativa.

Calculou-se a idade que corresponde a 20% de severidade para cada curva de degradação e obteve-se os valores de 13.3 anos e 13,2 anos para as abordagens qualitativa e quantitativa, respectivamente. A partir destes valores, conclui-se que a percepção do observador não está longe da realidade mas que, ainda assim, existe uma ligeira tendência para subavaliar a degradação tendo em conta que, em 44 casos, a severidade pelo método mais qualitativo foi menor relativamente ao menos qualitativo e apenas em 23 casos foi maior.

O valor máximo de degradação que se sobreavaliou foi 5.17% e o máximo que se subavaliou foi 4.29% pelo método mais qualitativo. Para estes 103 casos, a vida útil de referência através da abordagem qualitativa seria maior em aproximadamente 31 dias do que a vida útil através da abordagem quantitativa, o que é uma diferença desprezável. Contudo, seria necessário um maior número de casos para confirmar estas conclusões.

De forma a manter a coerência na actual investigação, foi tomada a decisão de juntar os casos inspeccionados no trabalho actual aos de Chai (2011) utilizando a abordagem desta autora para calcular a severidade de degradação.

4.4. Relação entre a severidade e a condição do revestimento

No presente sub-capítulo, define-se a relação entre a severidade de degradação e a condição do revestimento, ou seja, realiza-se a ponte entre uma variável linear contínua (S_w) e uma variável discreta (nível de degradação).

No sub-capítulo 2.7, foram definidos cinco níveis de degradação (0 a 4) que caracterizam qualitativamente a condição dos revestimentos de pintura tendo em conta as anomalias que este apresenta e, no sub-capítulo 4.2, foi definido que o nível 3 determina o fim da vida útil do revestimento.

A presente investigação mantém a correspondência entre severidade e condição definida por Chai (2011), que se apresenta na Tabela 4.3.





Tabela 4.3 - Correspondência entre a severidade e os níveis de degradação (Chai, 2011)

Severidade	Níveis de degradação
$S_{w,p} \leq 1\%$	0
$1\% < S_{w,p} \leq 10\%$	1
$10\% < S_{w,p} \leq 20\%$	2
$20\% < S_{w,p} \leq 40\%$	3
$S_{w,p} \geq 40\%$	4

São apresentadas, na Tabela 4.4, exemplos analisados no trabalho de campo com os respectivos valores de severidade e nível de degradação.

O revestimento ID 67 não apresentava degradação visível; o revestimento ID 81 apresentava perda de cor e sujidade superficial; o revestimento ID 55 apresentava manchas de origem biológica, perda de cor e sujidade e o revestimento ID 62 apresentava manchas de origem biológica, perda de cor, sujidade, empolamento e destacamento.

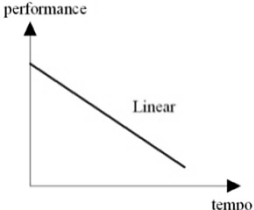
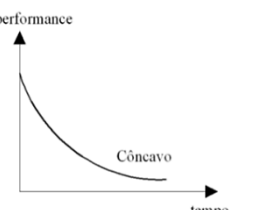
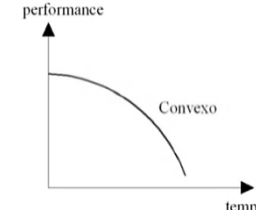
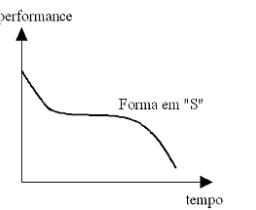
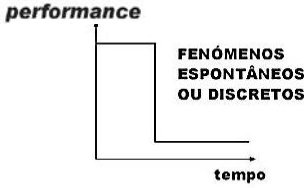
Tabela 4.4 - Exemplos de casos de estudo associados aos respectivos indicadores de degradação

			
ID 67 - Rua Pedro Queiroz Pereira 3	ID 81 - Praceta Júlio Dantas 7	ID 55 - Rua da Madalena 49	ID 62 - Rua de Campolide 160
$S_w = 1.38\%$	$S_w = 11.11\%$	$S_w = 22.32\%$	$S_w = 50.38\%$
Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4

4.5. Evolução da degradação

Como referido, é possível traduzir a degradação de elementos a partir de uma função que representa graficamente a perda de desempenho ao longo do tempo e a qual se designa por curva de degradação. Shohet *et al.* (1999) definiram quatro padrões de degradação distintos apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Padrões de degradação (Shohet *et al.*, 1999 e Gaspar, 2002)

 <p>performance</p> <p>Linear</p> <p>tempo</p>	 <p>performance</p> <p>Côncavo</p> <p>tempo</p>	 <p>performance</p> <p>Convexo</p> <p>tempo</p>	 <p>performance</p> <p>Forma "S"</p> <p>tempo</p>
<p>Evolução linear: acção permanente de agentes de deterioração (ex. raios UV e acção do vento).</p>	<p>Curva côncava: fenómenos que se desenvolvem rapidamente no início e cujo potencial de degradação diminui com o tempo (ex. microorganismos e eflorescências).</p>	<p>Curva convexa: fenómenos que se desenvolvem lentamente no início e cujo potencial de degradação aumenta com o tempo (ex. retracção do betão).</p>	<p>Curva em 'S': fenómenos que se desenvolvem rapidamente no início e cujo potencial de degradação aparentemente estabiliza mas depois volta a aumentar com o tempo.</p>
 <p>performance</p> <p>FENÓMENOS ESPONTÂNEOS OU DISCRETOS</p> <p>tempo</p>			
<p>Discreta: fenómenos que podem ocorrer em qualquer momento de forma aleatória (ex. acidentes e vandalismo).</p>			

A Figura 4.2 representa o método de previsão da vida útil desenvolvido por Shohet e Paciuk (2004) em que é definido um nível mínimo de desempenho e limites inferiores e superiores de degradação. A vida útil é calculada a partir da intersecção do padrão de degradação com o nível mínimo de desempenho.

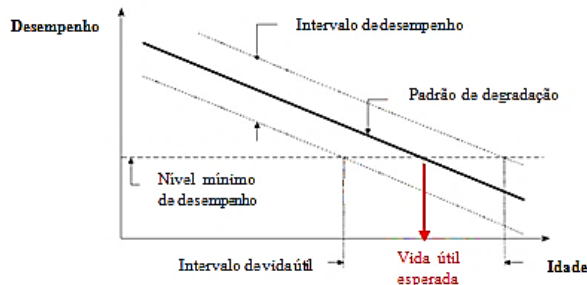


Figura 4.2 - Determinação da vida útil através de um padrão de degradação e de um nível mínimo de aceitação (adaptado de Shohet *et al.*, 2003)

4.5.1. Previsão da vida útil da amostra recolhida

Após o cálculo da severidade de degradação dos revestimentos inspeccionados no trabalho de campo actual, foi possível adicionar os casos inspeccionados por Chai (2011), tal como se pode ver na Figura 66. Como se pode observar, a linha de tendência polinomial de grau 3 adapta-se melhor aos pontos do gráfico do que a linha de tendência linear, o que é evidenciado pelos valores de R^2 obtidos (0,65 para a linha de tendência linear e 0,74 para a linha de tendência polinomial).

Desta forma, a análise de resultados será realizada tendo em conta curvas de degradação polinomiais de grau 3. Os pontos vermelhos da Figura 4.3 correspondem aos 8 casos inspeccionados na presente investigação que foram excluídos por se considerar que são revestimentos executados de forma grosseiramente inadequada ou deficiente.

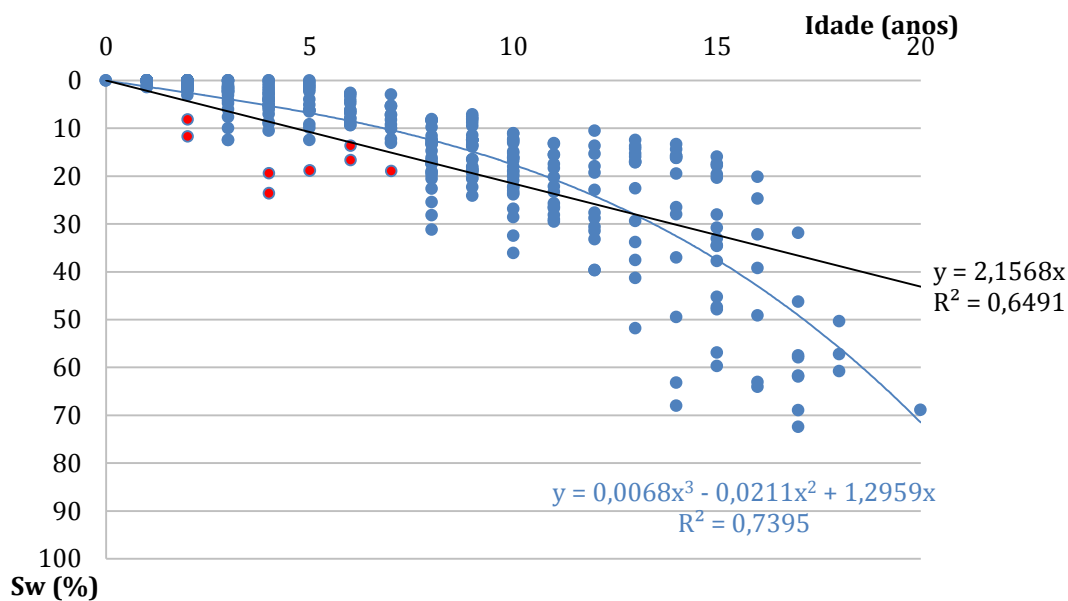


Figura 4.3 - Curvas de degradação linear e polinomial de grau 3 obtidas a partir da amostra total

Apresenta-se em seguida a Tabela 4.6 que reúne os casos excluídos da presente investigação. Os erros de execução mais prováveis para os casos ID28, ID11 e ID65 são a má preparação do suporte para receber o revestimento (presença de sujidade ou humidade) ou tempo de secagem insuficiente.

Os erros de execução mais prováveis para os casos ID93 e ID11 são a má preparação do suporte para receber o revestimento (presença de sujidade ou humidade), incompatibilidade química do revestimento com a base, secagem demasiado rápida, espessura do revestimento inadequada, baixa permeabilidade ao vapor de água ou elevada impermeabilidade à água.









A intensa perda de cor e brilho para o caso ID22 está muito provavelmente relacionada com a presença de ácidos e álcalis (alcalinidade do suporte) ou formulação inadequada (utilização de pigmentos ou secantes inadequados). A retenção de sujidade nos casos ID23 e ID75 está muito provavelmente relacionada com a execução de um revestimento com grau de pegajosidade alto (má formulação).

Na Figura 4.4 estão definidos os limites de degradação, referenciados na Tabela 29, a partir de linhas vermelhas horizontais, excluídos os casos com execução inadequada. A exclusão dos casos definidos na Tabela 4.6 fez com que a curva de degradação se adaptasse melhor aos pontos do gráfico, pois o valor de R^2 passou de 0,74 para 0,75.

A amostra final é constituída por 315 revestimentos. Como referido, o nível 3 (correspondente a uma severidade de degradação igual a 20%) determina o fim da vida útil do revestimento, sendo que, por determinação gráfica, a vida útil é aproximadamente igual a 10,8 anos.

É ainda importante referir que a vida útil obtida para os revestimentos excluídos devido a execução deficiente é de 6.0 anos, sendo possível afirmar que os erros grosseiros de projecto ou de aplicação podem reduzir a vida útil de um revestimento para quase metade do valor, contudo, seria necessário um maior número de casos para validar esta afirmação.

Tabela 4.6 - Casos excluídos

Casos excluídos			
			
ID28 - Calçada Engenheiro Miguel Pais 27	ID93 - Rua das Mercês 59	ID94 - Avenida 24 de Julho 76	ID11 - Biblioteca Municipal de Cascais
Idade: 2 anos. Severidade: 11,7%. Anomalias: 35% de alteração de cor ou brilho e 8% de destacamento	Idade: 2 anos. Severidade: 8,1%. Anomalias: 3% de humidade, 32% de alteração de cor ou brilho, 18% de sujidade e 4% de empolamento	Idade: 4 anos. Severidade: 23,6%. Anomalias: 3,5% de sujidade, 1,9% de empolamento e 21,2% de pulverulência	Idade: 4 anos. Severidade: 19,4%. Anomalias: 0,3% de eflorescências, 8,0% de empolamento e 4,9% de destacamento
			
ID22 - Rua Mestre Roque Gameiro 1	ID23 - Rua Miradouro 18	ID75 - Igreja de Benfica	ID65 - Avenida Maria Helena Vieira da Silva (PSP)
Idade: 5 anos. Severidade: 18,8%. Anomalias: 6,9% de manchas de origem biológica, 100% de alteração de cor ou brilho e 80,2% de sujidade	Idade: 6 anos. Severidade: 16,7%. Anomalias: 4,3% de manchas de origem biológica, 61,7% de alteração de cor ou brilho, 43,8% de sujidade e 8,3% de pulverulência	Idade: 6 anos. Severidade: 13,6%. Anomalias: 5,8% de humidade, 50% de alteração de cor ou brilho e 72,5% de sujidade	Idade: 7 anos. Severidade: 18,9%. Anomalias: 2,8% de manchas de origem biológica, 50% de alteração de cor ou brilho, 52,4% de sujidade e 5,7% de destacamento

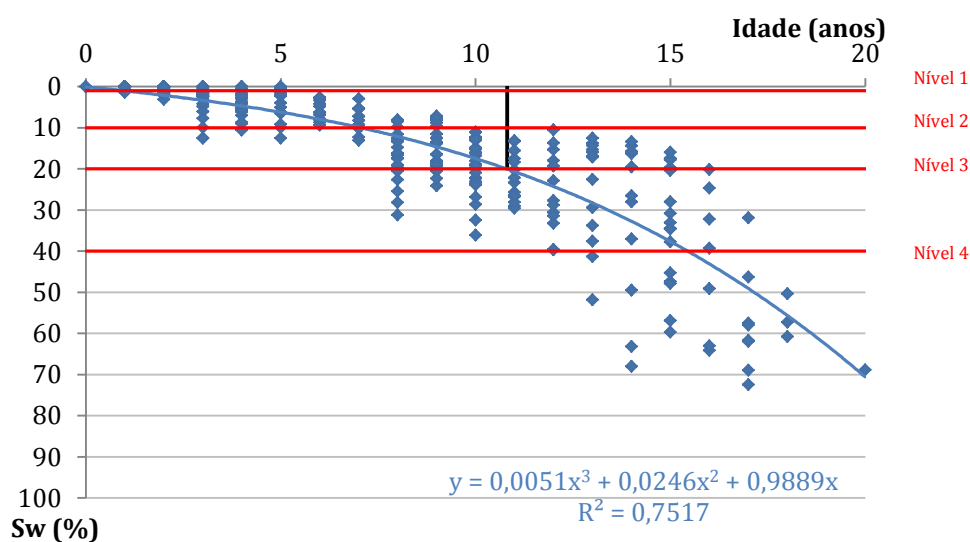


Figura 4.4 - Representação dos níveis de degradação sobre a amostra total e determinação da vida útil

Nas secções seguintes, a evolução da degradação dos revestimentos é analisada tendo em conta a localização dos edifícios, as características dos produtos de pintura e o nível de manutenção.

4.5.2. Localização

Neste sub-capítulo analisaram-se as curvas de degradação dos sub-factores considerados relativos ao factor E (condições ambientais exteriores) do método factorial.

Proximidade do mar

A Figura 4.5 demonstra que os resultados correspondem às expectativas relativamente aos revestimentos a menos de 1 km e a mais de 5 km do mar; apesar de ser uma diferença marginal, a partir dos 9 anos de idade os revestimentos a menos de 1 km do mar apresentam pior desempenho que os revestimentos a mais de 5 km.

Relativamente aos revestimentos entre 1 e 5 km do mar, estes apresentam um desempenho superior aos restantes a partir dos 10 anos de idade aproximadamente; tal facto é devido a existirem muito mais revestimentos a mais de 5 km do mar com idades mais avançadas e com valores de severidade muito elevados (até mais de 70%).

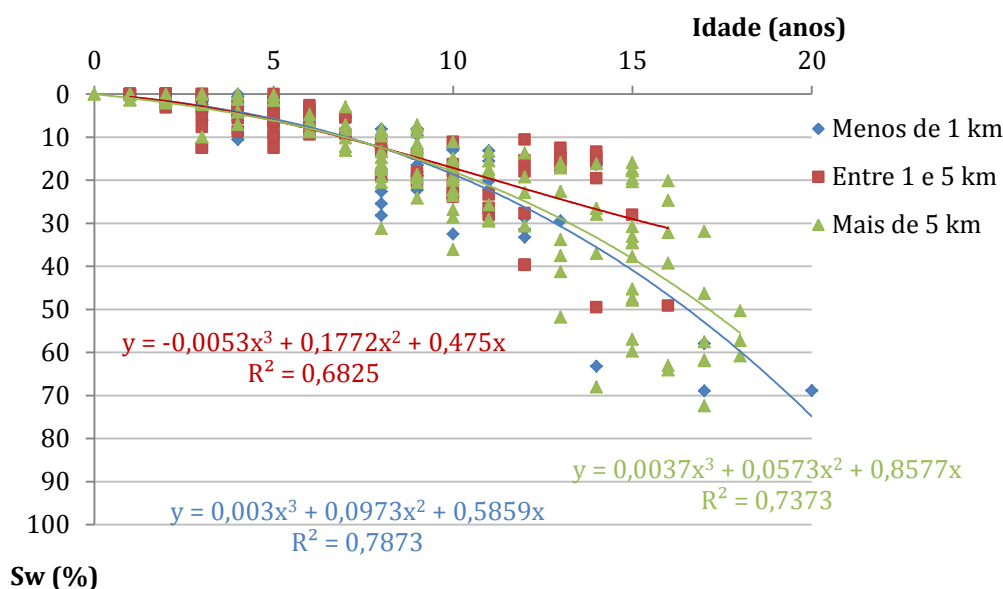


Figura 4.5 - Curvas de degradação da amostra final em função da distância à faixa costeira

Exposição à humidade

Relativamente às curvas de degradação em função das distintas classes de exposição à humidade (Figura 4.6), é possível observar, ainda que seja uma diferença marginal, que os revestimentos expostos a situações correntes apresentam um desempenho melhor que os expostos a condições desfavoráveis entre os 6 e os 15 anos de idade.

A partir dos 16 anos, a situação inverte-se e os revestimentos em condições desfavoráveis passam a ter um melhor desempenho; tal facto pode ser devido a existirem muito poucos revestimentos antigos (a partir dos 16 anos) expostos a condições desfavoráveis.

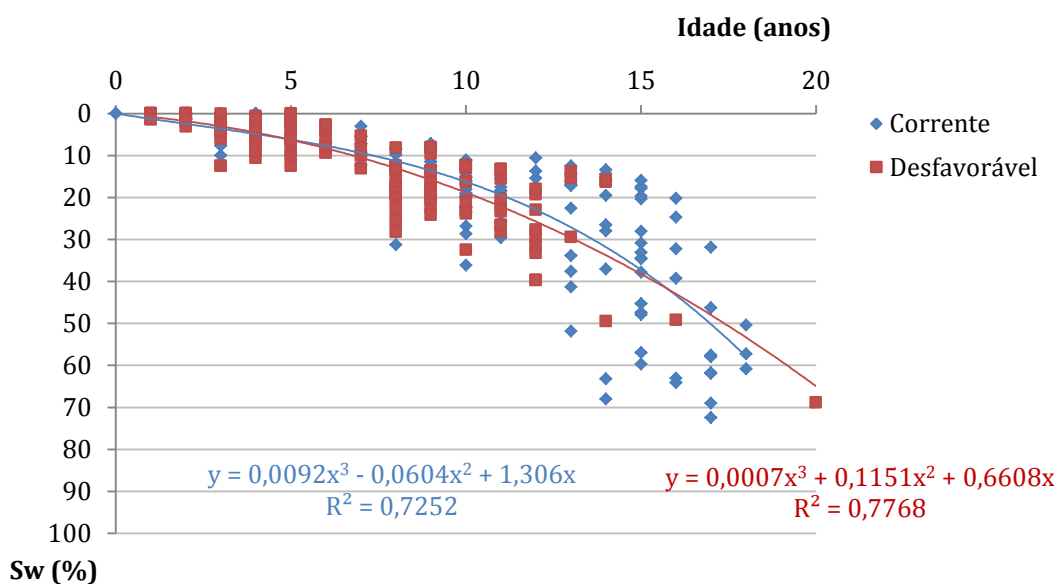


Figura 4.6 - Curvas de degradação da amostra final em função da exposição à humidade

Acção vento / chuva

Com base na Figura 4.7, apesar de as variáveis apresentarem coeficientes de correlação aceitáveis, os resultados não são satisfatórios, uma vez que os revestimentos expostos a uma condição de acção vento / chuva moderada apresentam um desempenho superior aos expostos a uma condição suave; esta questão pode ser devido ao facto de os revestimentos mais antigos e com níveis maiores de degradação corresponderem a um contexto suave de exposição.

Refira-se que geralmente os edifícios com revestimentos mais antigos e com maior degradação se localizam em zonas de urbanização densa, como por exemplo em Campolide, Benfica ou na zona do Rato, e, desta forma, estes edifícios encontram-se resguardados da acção do vento ou da chuva por outras edificações, arborizações ou outros elementos, tendo por isso sido considerados como revestimentos expostos a condições suaves, o que explica os resultados obtidos.

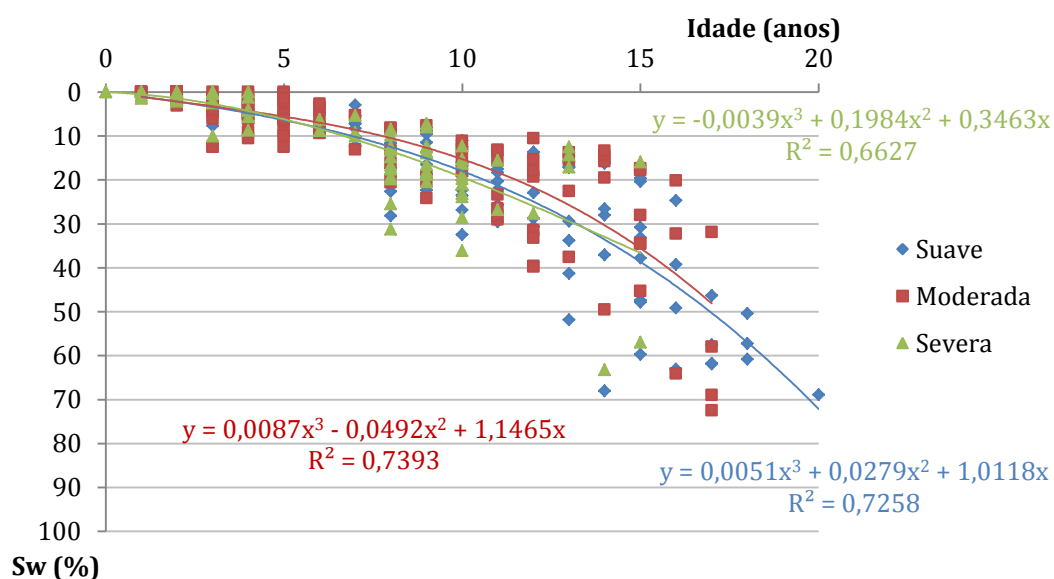


Figura 4.7 - Curvas de degradação da amostra final em função da acção vento / chuva

Orientação solar

Relativamente à orientação da fachada (Figura 4.8), os revestimentos orientados a Sul apresentam um pior desempenho que os restantes até aos 8 anos de idade e depois a partir dos 15 anos de idade e os revestimentos orientados a Oeste são os que apresentam um pior desempenho entre os 8 e os 15 anos de idade. Os revestimentos orientados a Este apresentam um desempenho intermédio por comparação com os restantes e os revestimentos orientados a Norte são os que apresentam melhor desempenho segundo as curvas de degradação.

Os revestimentos orientados a Norte que apresentam manchas de origem biológica são em maior número do que os revestimentos orientados a Sul com esta anomalia, mas são mais os revestimentos orientados a Sul que apresentam empoamentos ou destacamentos, e, tendo em conta que as anomalias de perda de aderência têm um valor de ponderação maior do que as anomalias de manchas, isto explica o facto de os revestimentos orientados a Sul apresentarem uma degradação mais rápida do que os revestimentos orientados a Norte segundo as curvas polinomiais.

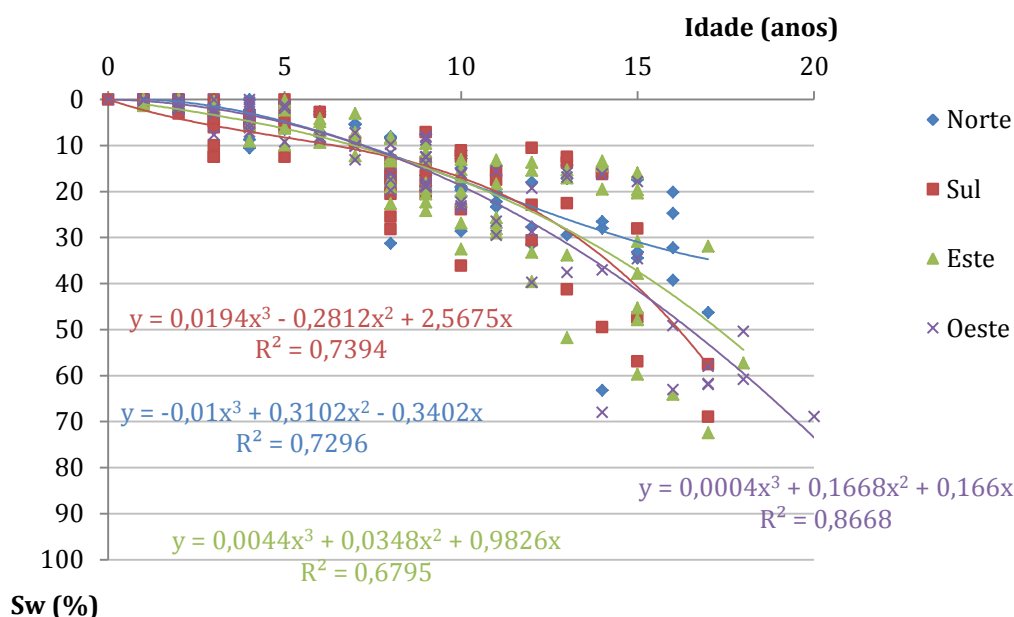


Figura 4.8 - Curvas de degradação da amostra final em função da orientação solar

Proximidade de fontes poluentes

Relativamente à proximidade de fontes de poluição (Figura 4.9), os revestimentos em condições desfavoráveis degradam-se mais rapidamente do que os revestimentos em condições correntes a partir dos 12 anos de idade aproximadamente, o que sugere uma acção lenta por parte deste tipo de agente de degradação (depósito de partículas no revestimento ao longo do tempo). Antes dos 12 anos, as curvas de degradação são praticamente coincidentes.

Apesar de os coeficientes de correlação serem satisfatórios, os casos expostos a condições de poluição corrente são mais do dobro dos casos expostos a condições desfavoráveis, pelo que os resultados obtidos podem ser enviesados.

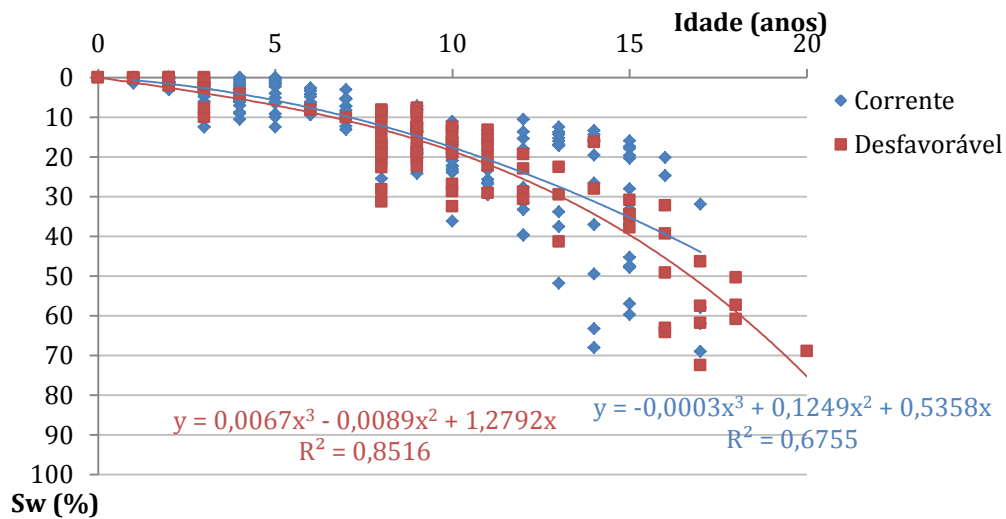


Figura 4.9 - Curvas de degradação da amostra final em função da proximidade de fontes poluentes

4.5.3. Produto de pintura

Neste sub-capítulo analisaram-se as curvas de degradação dos sub-factores considerados relativos ao factor A (características dos materiais) do método factorial.

Tipo de pintura

Segundo a Figura 4.10, que apresenta as curvas de degradação associadas ao produto de pintura utilizado, os revestimentos que apresentam menor durabilidade são as tintas lisas, seguidas das tintas de membrana elástica; as tintas texturadas são as que apresentam maior durabilidade. A Figura 3.45 confirma que a amostra se encontra bem distribuída em função do tipo de produto, e, sendo os coeficientes de correlação razoáveis, é possível afirmar que os resultados são fiáveis.

Tal como foi referido no capítulo 3, as tintas texturadas e as membranas elásticas permitem aplicar espessuras superior às tintas lisas tradicionais, o que resulta numa maior protecção do substrato que se traduz em vantagens como por exemplo, uma maior poder de impermeabilização, o que, desta forma, poderá explicar os resultados obtidos.

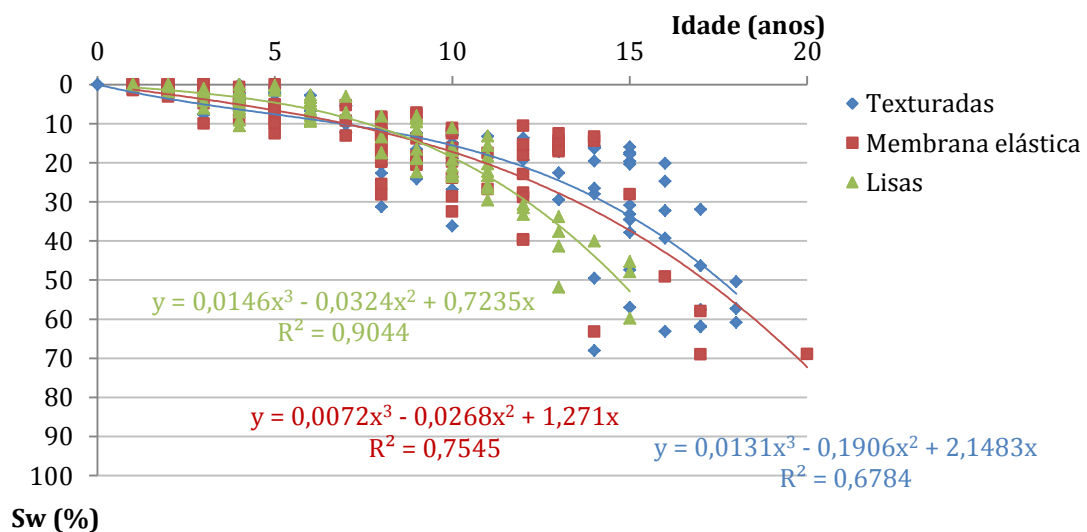


Figura 4.10 - Curvas de degradação da amostra final em função do produto de pintura

Cor do revestimento

Para traçar as curvas de degradação relativamente à cor do revestimento, optou-se por separar as cores em cores claras, cores escuras e branco.

A partir da Figura 4.11, observa-se que os revestimentos mais duráveis até aos 8 anos de idade são os de cor escura, seguidos dos de cor clara e, por último, dos brancos; a partir da mesma idade, a situação inverte-se e passam a ser os revestimentos brancos os mais duráveis.

Refira-se que existem muito mais revestimentos inspeccionados de cor clara do que de cor escura, pois, como referido, a utilização de cores como o castanho, vermelho, verde escuro ou azul escuro para paredes exteriores não é muito comum em Portugal. Desta forma, a amostra recolhida em campo não é equilibrada relativamente à cor.

As cores escuras deveriam ter um melhor desempenho que as restantes ao longo do tempo uma vez que os estes revestimentos absorvem mais radiação solar, são menos susceptíveis ao desenvolvimento de anomalias relacionadas com a humidade do que os revestimentos de cor clara ou brancos. Contudo, tal como afirmado por Chai (2011), os revestimentos mais escuros podem atingir temperaturas elevadas, o que pode causar a migração de alguns constituintes que tem como consequências fissuração, pegajosidade superficial e, conseqüentemente, retenção de sujidade. Desta forma, não é necessariamente verdade que os revestimentos escuros sejam melhores em termos de desempenho.

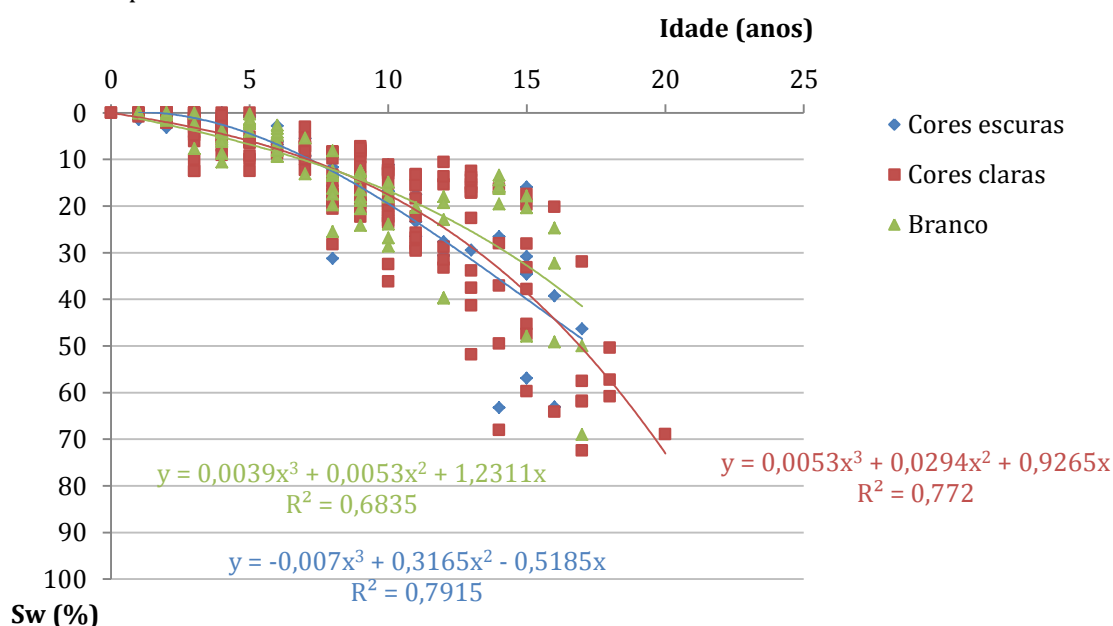


Figura 4.11 - Curvas de degradação da amostra final em função da cor

Textura

A partir da Figura 4.12, que apresenta as curvas de degradação em função da textura da pintura, observa-se que os revestimentos rugosos são os que apresentam maior durabilidade e os revestimentos lisos são menos resistentes, como seria expectável.

Como já foi referido no capítulo 3, as tintas texturadas têm geralmente maior resistência que as restantes devido à sua formulação com areias de elevada resistência e à sua espessura considerável do filme quando aplicadas.

A amostra é completa e os coeficientes de correlação são elevados, pelo que os resultados obtidos são fiáveis.

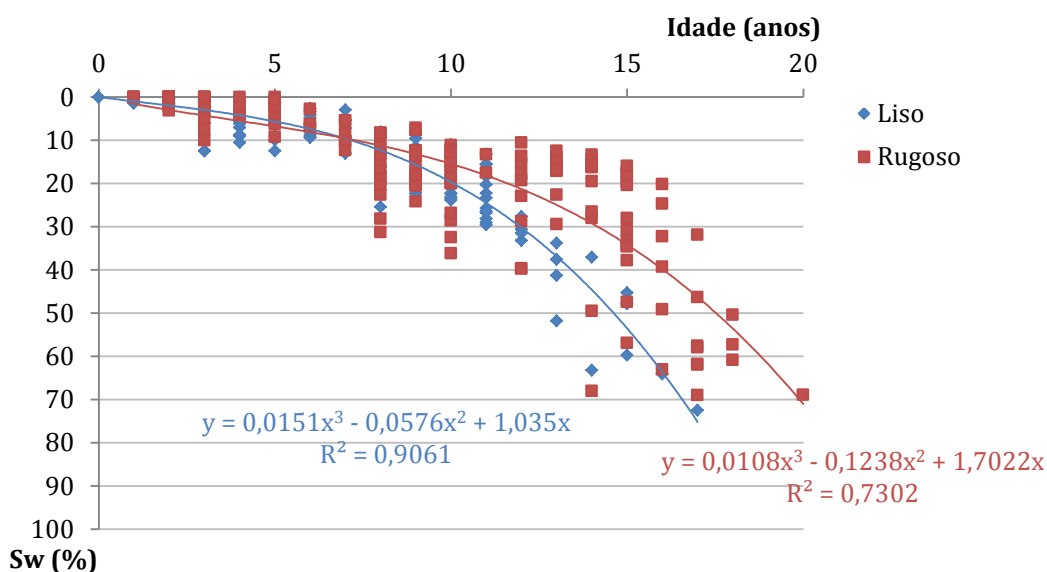


Figura 4.12 - Curvas de degradação da amostra final em função da textura do revestimento

Substrato

A Figura 4.13 que apresenta as curvas de degradação em função do tipo de substrato para a pintura, revela que os revestimentos aplicados sobre reboco degradam-se muito mais rapidamente do que os revestimentos aplicados sobre pintura antiga a partir dos 9 anos de idade. Tal facto pode ser devido à questão das repinturas poderem ser muito bem executadas, com a vantagem de que, se os rebocos presentes forem estáveis se tem uma boa base para a nova pintura, por oposição a rebocos novos com comportamento tendencialmente mau a partir de certa idade.

Refira-se ainda que a falta de casos de revestimentos aplicados sobre pintura antiga entre 0 e 7 anos de idade e a partir de 15 anos de idade também poderá explicar os resultados obtidos.

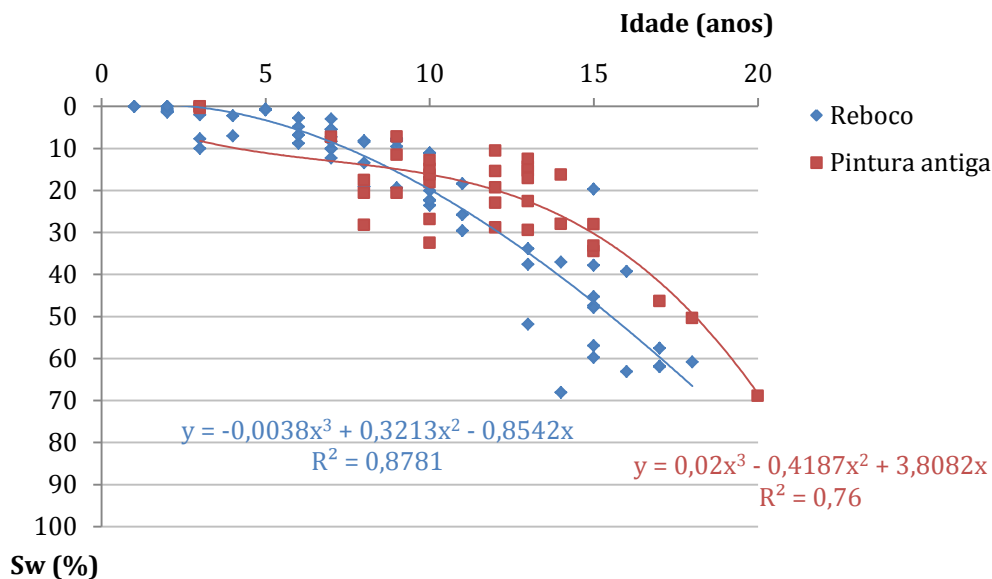


Figura 4.13 - Curvas de degradação da amostra final em função do substrato

4.5.4. Manutenção

Neste sub-capítulo analisaram-se as curvas de degradação dos sub-factores considerados relativos ao factor G (condições de manutenção) do método factorial.

Existência de manutenção

Relativamente à existência de manutenção, os resultados da Figura 4.14 indicam que os revestimentos dos edifícios sem manutenção apresentam menor durabilidade do que os dos edifícios com manutenção. Contudo, o grau de fiabilidade destes resultados é baixo uma vez que os dados relativamente à manutenção dos edifícios nem sempre são fáceis de obter, e, muitas vezes, existem informações contraditórias ou erróneas.

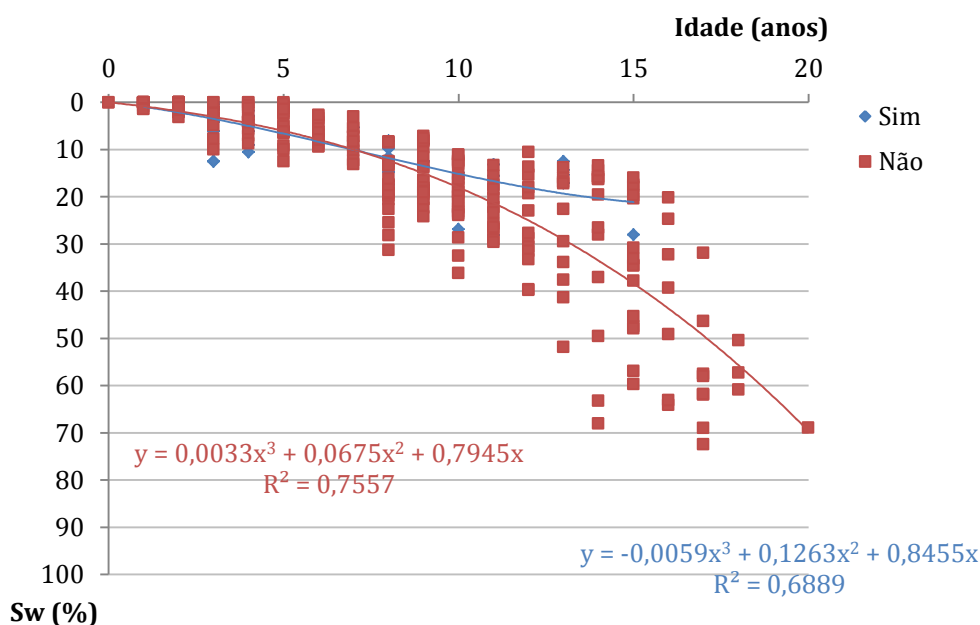


Figura 4.14 - Curvas de degradação da amostra final em função da existência da manutenção

Facilidade de inspeção

Os resultados da Figura 4.15, que ilustra as curvas de degradação obtidas em função da facilidade de inspeção dos edifícios estudados, indicam que os revestimentos de edifícios fáceis de inspeccionar apresentam revestimentos por pintura tendencialmente mais duráveis do que os de edifícios cuja inspeção é difícil.

Considerou-se edifícios difíceis de inspeccionar edifícios com mais de 4 pisos ou com uma configuração ou implantação que dificulte uma fácil inspeção visual.

Os edifícios difíceis de inspeccionar são 169 e os edifícios fáceis de inspeccionar são 146, ou seja, a amostra encontra-se bem distribuída em termos de facilidade de inspeção. Os coeficientes de correlação apresentam valores satisfatórios, pelo que os resultados obtidos são viáveis.

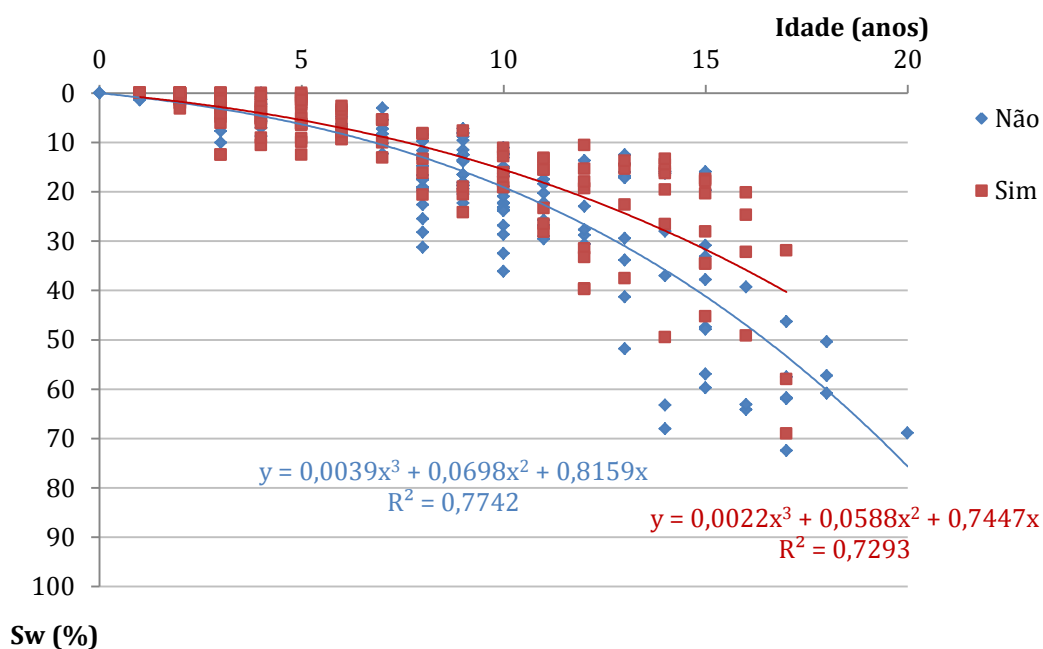


Figura 4.15 - Curvas de degradação da amostra final em função da facilidade de inspeção

4.5.5. Resultados

Como referido, a vida útil prevista (VUP) obtida a partir da curva média de degradação dos revestimentos de pintura obtida é aproximadamente igual a 10,8 anos. Chai (2011) obteve uma vida útil prevista de 9,6 anos, ou seja, a diferença entre o valor obtido na investigação actual e o valor obtido por Chai (2011) é de 1,2 anos, o que corresponde a uma variação de cerca de 10% entre o resultado obtido por Chai (2011) e o resultado na presente investigação. Esta variação significa que a ampliação do número de casos confirmou genericamente os resultados obtidos por Chai (2011) e poderá ser devida ao maior rigor no registo das áreas no trabalho de campo actual.

A Tabela 4.7 apresenta os valores de vida útil prevista obtidos a partir dos modelos de degradação construídos em função dos diferentes factores de degradação. O valor mínimo de VUP foi 9,8 anos e o valor máximo foi 13,6 anos. A diferença entre estes valores e a vida útil prevista média é apenas de 1 e 2,8 anos, respectivamente, o que são valores aceitáveis por constituírem variações pequenas.

É importante referir que, comparativamente a outros materiais como revestimentos pétreos ou cerâmicos, os revestimentos de pintura têm uma durabilidade bastante reduzida (Chai, 2011), pelo que as diferenças de vida útil prevista encontradas têm ordens de grandeza de 1 a 2 anos no máximo. Far-se-á em seguida uma análise parcial de resultados.

Tal como foi referido anteriormente, a VUP para os revestimentos executados inadequadamente é quase metade da VUP para os que foram bem executados, concluindo-se a importância do sub-factor 'nível de execução' na durabilidade destes elementos.

Os revestimentos a menos de 1 km do mar têm uma vida útil 7% menor que os revestimentos entre 1 e 5 km da faixa costeira, o que se traduz por uma vida útil 9 meses mais curta. Os revestimentos a mais de 5 km do mar apresentaram uma vida útil menor que os entre 1 e 5 km talvez devido a existir um grande número de revestimentos a mais de 5 km da faixa costeira com idades mais avançadas e com valores de severidade elevados.

Sobre a exposição à humidade, os revestimentos expostos a condições de humidade corrente duram aproximadamente 10 meses a mais do que os expostos a condições desfavoráveis.

Ao nível da acção vento / chuva, os revestimentos em condições moderadas duram aproximadamente 11 meses a mais que os expostos a condições severas. Tal como foi referido, os revestimentos expostos a condições suaves apresentam uma VUP inferior aos restantes, o que não é coerente; contudo, é facilmente explicável o porquê deste resultado, uma vez que os revestimentos mais antigos e com níveis maiores de degradação correspondem a um contexto suave de exposição, ou seja, estes revestimentos encontram-se em pior estado de conservação provavelmente devido a outro factor de degradação juntamente com a questão do envelhecimento natural, visto terem idades mais avançadas.

Relativamente à orientação solar, é importante referir que a partir das expressões das curvas de degradação, os revestimentos orientados a Sul têm uma VUP superior aos revestimentos orientados a Norte, o que pode ser explicado pelo facto de os revestimentos a Sul receberem maior quantidade de radiação solar em Lisboa, e, desta forma, os revestimentos são menos susceptíveis ao desenvolvimento de anomalias relacionadas com a presença de água como os revestimentos a Norte que são mais frios. Contudo, os revestimentos a Sul têm a desvantagem de, por vezes, devido a uma radiação solar intensa, se degradarem a nível químico ou a película tornar-se quebradiça, levando a perdas de cor, brilho, coesão ou fissuração. Desta forma, é discutível qual das orientações constitui uma condição favorável em termos de durabilidade, o que se vê pela diferença pouco significativa entre a vida útil dos revestimentos a Sul e a Norte, que é menor que 2%.

Sobre a proximidade às fontes poluentes, os revestimentos em condições desfavoráveis têm uma vida útil 3% menor face aos restantes, o que se traduz por uma vida útil apenas 4 meses mais curta, o que, mais uma vez, sugere uma acção lenta por parte deste tipo de agente de degradação, pouco significativa num revestimento com uma vida útil reduzida quando comparada com revestimentos cerâmicos ou em pedra natural.

Reflectindo agora sobre os sub-factores relacionados com as características dos materiais, as tintas texturadas apresentam um valor de vida útil superior às tintas lisas em 1 ano e 5 meses, tendo uma vida útil 12% maior que as últimas. As membranas elásticas demonstram apresentar um desempenho intermédio por comparação com as restantes.

Relativamente à cor, os revestimentos de cor escura apresentam durar aproximadamente menos 1 ano que os revestimentos brancos. É considerado que os revestimentos escuros são vantajosos uma vez que absorvem mais calor proveniente da radiação incidente e por isso existe menor probabilidade de se desenvolverem anomalias relacionadas com a presença de água; contudo, tal como referido por Chai (2011), estes revestimentos podem atingir temperaturas mais elevadas, o que pode causar a migração de alguns constituintes que tem como consequências fissuração e pegajosidade superficial. Se não existirem outros critérios de decisão, é discutível qual a tonalidade que é mais vantajosa em termos de durabilidade e neste caso, os revestimentos brancos apresentam melhor desempenho. Contudo, é necessário referir que a amostra não é equilibrada relativamente a este sub-factor, o que poderá explicar os resultados obtidos.

Os revestimentos rugosos apresentam uma vida útil superior aos revestimentos lisos em 1 ano e 7 meses, o que corresponde a uma vida útil 13% superior, o que vem confirmar a análise realizada sobre as curvas de degradação relativamente a estas variáveis.

Sobre o tipo de substrato, os revestimentos executados sobre reboco têm uma vida útil 16% menor que os revestimentos executados sobre pintura antiga, o que se traduz numa diferença de vida útil de 2 anos. Como já foi referido, muitas vezes os rebocos podem estar em condições piores que uma pintura antiga e não serem estáveis, o que explica o resultado obtido. Contudo, é de mencionar que a amostra não é completa relativamente a este sub-factor por ser uma informação que não é fácil de obter, o que poderá explicar também os resultados obtidos.

Relativamente ao factor manutenção (G), os resultados foram positivos uma vez que os edifícios com presença de manutenção demonstraram apresentar revestimentos que têm uma vida útil 22% maior (diferença de vida útil de 3 anos) que os edifícios sem manutenção. Já os edifícios com facilidade de inspecção apresentam uma vida útil superior em 11% (diferença de vida útil de 1 ano e 4 meses) por comparação com os edifícios sem facilidade de inspecção.

Tabela 4.7 - Valores de vida útil prevista (curvas de degradação)

	Factores	VUP (anos)
Nível de execução	Adequado	10,8
	Inadequado	6,0
Distância à faixa costeira	< 1 km	10,4
	Entre 1 e 5 km	11,2
	> 5 km	10,6
Exposição à humidade	Corrente	11,2
	Desfavorável	10,4
Acção vento / chuva	Severa	10,6
	Moderada	11,5
	Suave	10,2
Orientação solar	N	10,8
	S	11,0
	E	10,7
	O	10,3
Proximidade de fontes poluentes	Corrente	10,8
	Desfavorável	10,4
Produto de pintura	Texturadas	11,7
	Membrana elástica	10,9
	Lisas	10,3
Cor	Branco	11,2
	Cores claras	10,8
	Cores escuras	10,1
Textura	Liso	10,1
	Rugoso	11,6
Substrato	Reboco	11,4
	Pintura antiga	12,8
Manutenção	Sim	13,6
	Não	10,6
Facilidade de inspecção	Sim	11,6
	Não	10,3

4.6. Conclusão

No presente capítulo, foi definido o fim da vida útil, estabeleceu-se a relação entre a severidade da degradação e a condição dos revestimentos de pintura, estudou-se diferentes modelos de degradação e foram construídos modelos de degradação que melhor representam o comportamento dos revestimentos de pintura ao longo do tempo.

A partir da curva média de degradação foi possível obter um valor de vida útil prevista de 10.8 anos. Foram ainda traçadas as curvas de degradação e obtidos valores de vida útil prevista em função de diferentes factores de degradação. Refira-se que os modelos e valores obtidos resultaram de dados obtidos a partir de inspecções visuais, pelo que existe um grau de subjectividade nestes resultados que não deve ser ignorado. Os valores obtidos são utilizados no método factorial que se aplica no próximo capítulo.

5. Aplicação do Método Factorial

5.1. Introdução

Este capítulo constitui a última etapa para estimar a vida útil dos revestimentos de pintura de paredes exteriores que consiste no principal objectivo da presente dissertação. Os trabalhos desenvolvidos por Gaspar (2009), Emídio (2012) e Galbusera (2012) foram tidos em conta e serão explicados todos os conceitos e procedimentos que envolvem o método factorial aplicado nesta secção.

5.2. Extrapolação da curva de degradação a cada ponto

Gaspar (2002) desenvolveu diferentes metodologias para determinar a vida útil de cada ponto da amostra, fazendo passar por cada um destes uma curva de degradação da família da curva média de degradação. Gaspar (2002), Emídio (2012) e Galbusera (2012) avaliaram o método do factor de conversão ao valor das ordenadas e o método do factor de conversão ao valor das abcissas e chegaram à conclusão que o método que leva aos resultados mais satisfatórios é o da conversão ao valor das ordenadas, pelo que será este o método adoptado no presente trabalho.

No método do factor de conversão ao valor das ordenadas, é determinado um factor k que é a razão entre as ordenadas de dois pontos: A ($x_A; y_A$) e B ($x_B; y_B$). As abcissas são iguais ($x_A=x_B$) e correspondem à idade do revestimento. A ordenada y_A é a severidade de degradação calculada pelo método apresentado no sub-capítulo 4.3. e a ordenada y_B é a severidade de degradação calculada a partir da expressão da curva média de degradação (polinomial de grau 3). Depois de obtidos os valores de k , calcula-se a função f' (expressão 6.1.) que consiste na multiplicação da função f por k . A função f é a expressão da curva média de degradação dos revestimentos. A Figura 5.1 ilustra o método descrito acima.

$$f' = k \cdot f = k \cdot a \cdot x^3 + k \cdot b \cdot x^2 + k \cdot c \cdot x \quad \text{Equação 5.1}$$

Sendo que:

f - função da curva média de degradação do material;

f' - função da curva de degradação para cada ponto;

k - factor de relação;

a, b e c - constantes da curva polinomial de grau 3 que define a função f .

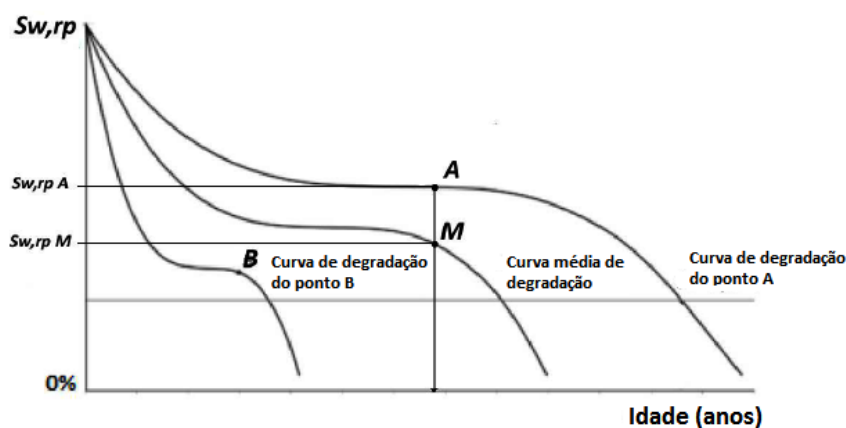


Figura 5.1 - Método do factor de conversão das ordenadas (Gaspar, 2002)

A Tabela 5.1 apresenta o método do factor de conversão das ordenadas aplicado aos primeiros 10 pontos da amostra de Chai (2011). Refira-se que a maior parte destes 10 revestimentos chegou ao fim da vida útil que corresponde a uma severidade de 20%, pelo que o valor da VUP é inferior à idade dos mesmos.

Tabela 5.1 - Valores de vida útil prevista para os primeiros 10 casos da amostra

ID	A		B		k	f	VUP (anos)
	x	y	x	y'			
L001	9	18,68	9	14,61	1,28	20,00010	9
L002	13	41,31	13	28,22	1,46	20,00005	9
L003	11	29,06	11	20,64	1,41	20,00007	9
L004	17	72,45	17	48,98	1,48	19,99997	9
L005	16	64,11	16	43,01	1,49	19,99979	9
L006	12	30,63	12	24,22	1,26	19,99997	9
L007	11	17,50	11	20,64	0,85	20,00005	12
L008	18	57,27	18	55,51	1,03	20,00001	11
L009	15	37,79	15	37,58	1,01	19,99999	11
L010	18	60,84	18	55,51	1,10	19,99999	10

Este método permitiu obter resultados satisfatórios para revestimentos de pintura em estado de degradação avançado, obtendo-se um valor mínimo de VUP de 4 anos aproximadamente. No entanto para três casos em 315 revestimentos, foram obtidos valores de VUP que não são fisicamente credíveis. Estes três casos são revestimentos em bom estado de degradação em que foram obtidos valores de VUP de 37, 41 e 64 anos. Emídio (2012) e Galbusera (2012) colocaram as mesmas questões para os revestimentos de pedra natural e cerâmicos, respectivamente, e, optaram por excluir os casos que não consideraram representativos com o objectivo de obter limites inferiores e superiores mais credíveis. Desta forma, foram excluídos esses três casos e os limites de VUP passam para aproximadamente 28 ou 29 anos. A Figura 5.2 apresenta o traçado das funções que representam os limites superiores e inferiores da dispersão da amostra.

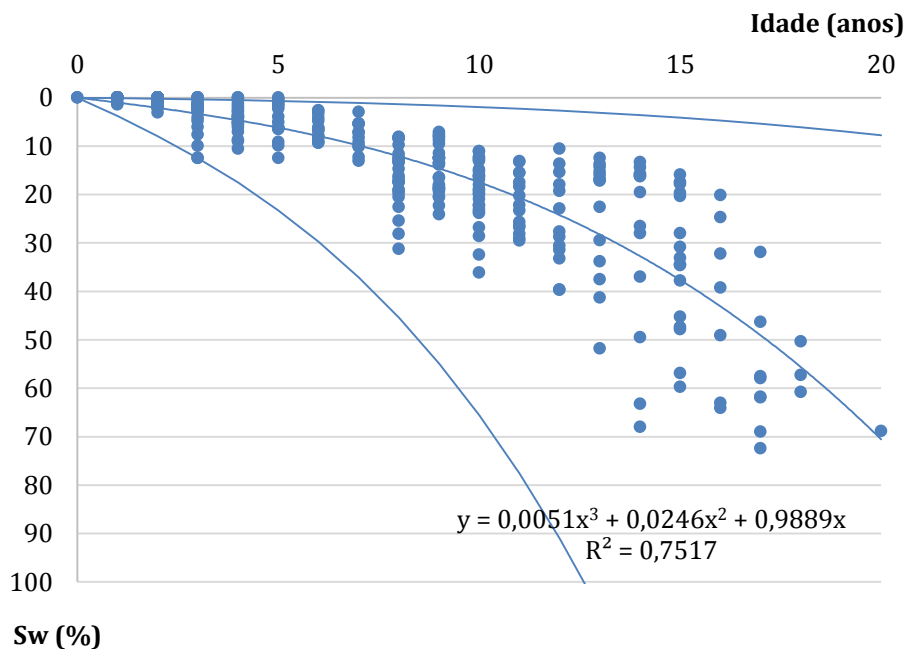


Figura 5.2 - Limites superior e inferior através da extrapolação da curva média aplicando o método do factor de conversão em ordem às ordenadas

5.3. Análise da distribuição da vida útil

Neste sub-capítulo, são apresentados modelos gráficos da distribuição da vida útil dos revestimentos de pintura (RP) com base nos resultados obtidos no sub-capítulo 5.2.

A Figura 5.3 representa a distribuição da vida útil dos revestimentos ao longo do tempo, em que o eixo das ordenadas é a vida útil prevista (VUP) de cada revestimento de pintura. A vida útil prevista média obtida a partir do método do factor de conversão em ordem às ordenadas é 11,97 anos.

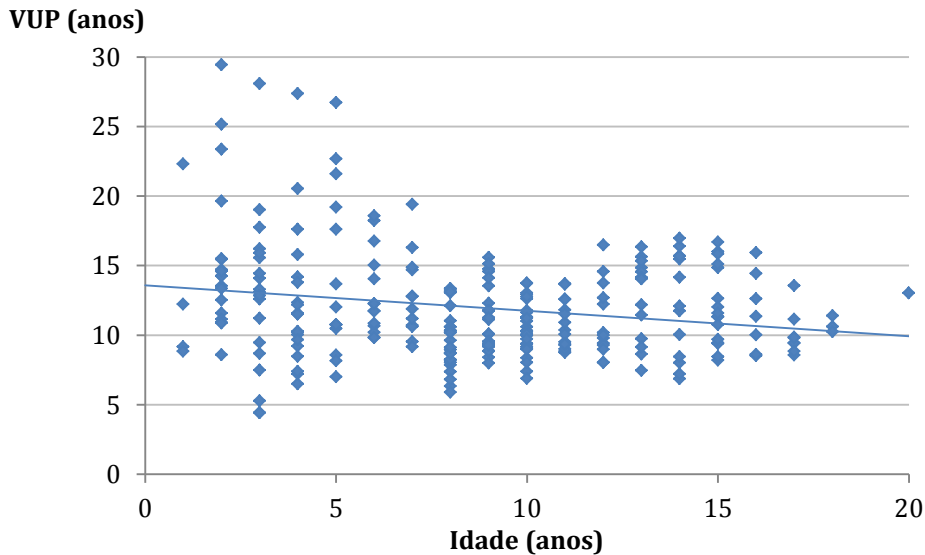


Figura 5.3 - Distribuição da vida útil dos RP ao longo do tempo

Refira-se que existem alguns pontos dispersos (*outliers*) no gráfico da Figura 5.3 com valores de VUP bastante elevados. No presente trabalho, optou-se por aplicar dois critérios definidos por Emídio (2012) para limitar os valores de VUP obtidos: excluir os casos com vida útil prevista menor do que 25% da vida útil de referência e excluir os casos com vida útil prevista maior do que o dobro da vida útil de referência; desta forma, sendo a vida útil de referência obtida no capítulo 5 igual a 10,8 anos, foram excluídos todos os revestimentos com VUP superior a 21 anos, o que corresponde a nove revestimentos de pintura (2,9% da amostra total).

A Figura 5.4 representa a distribuição da vida útil dos revestimentos ao longo do tempo após a remoção dos casos mencionados. Os pontos a vermelho são os casos excluídos no capítulo 4 devido a execução grosseiramente inadequada. A linha de regressão linear da Figura 5.4 é mais horizontal do que a da Figura 5.3, o que indica que, após a remoção dos *outliers*, o comportamento da amostra varia menos em função da idade.

A vida útil prevista média final obtida a partir do método do factor de conversão em ordem às ordenadas é 11,5 anos, o que é um valor mais próximo do valor da VUR obtido pela curva média de degradação no capítulo anterior. É ainda importante referir que a vida útil média obtida para os revestimentos excluídos devido a execução grosseiramente deficiente é 5,3 anos, que é menos de metade do valor da vida útil dos revestimentos com execução adequada, o que vem confirmar os resultados do capítulo 4 a partir das curvas de degradação. A maior dispersão de resultados da VUP corresponde aos 3 ou 4 anos de idade, com variações até 15 anos. Até aos 7 anos verifica-se igualmente a obtenção de valores de VUP elevados – superiores a 15 anos - o que pode ser devido à dificuldade de modelação da degradação quando ainda não existem sinais legíveis de deterioração. Se se considerar uma linha diagonal com declive 1, verifica-se que até cerca dos 9 anos de idade a maior parte dos casos apresenta uma VUP superior à idade das pinturas; os 8 a 10 anos representam o período de inflexão dessa tendência e, a partir dos 11 anos de idade, a maior parte das pinturas tem uma VUP inferior à idade que apresentam – ou seja, para efeitos práticos de manutenção, são pinturas que atingiram o respectivo limite de durabilidade e deveriam ser substituídas.

Nas secções seguintes, são apresentados os modelos gráficos que expressam a vida útil prevista para cada revestimento em função da localização dos edifícios, das características do produto de pintura e do nível de manutenção.

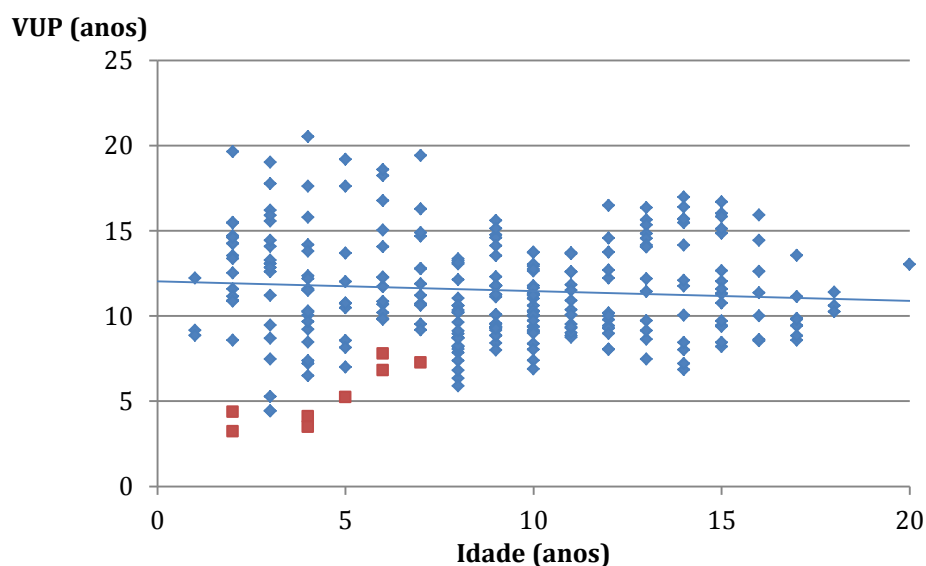


Figura 5.4 - Distribuição da vida útil dos RP ao longo do tempo sem *outliers*

5.3.1. Localização

Proximidade do mar

A Figura 5.5 representa a distribuição da vida útil dos revestimentos de pintura em função da distância à faixa costeira. As linhas de regressão linear relativamente aos revestimentos localizados a menos de 1 km e a mais de 5 km do mar não se afastam muito da horizontalidade, ou seja, o comportamento que a amostra para estas variáveis segue varia pouco em função da idade.

Até aos 5 anos de idade, os revestimentos localizados a menos de 1 km do mar apresentam valores de VUP superiores aos restantes; a partir dos 6 anos de idade começam a apresentar menor durabilidade que os revestimentos entre 1 e 5 km de idade.

A diferença de desempenho entre os revestimentos localizados a menos de 1 km e a mais de 5 km do mar é marginal, o que pode ser devido, como já foi referido, a existirem bastantes casos a mais de 5 km do mar do que a menos de 5 km com idades mais avançadas e com valores de severidade muito elevados (até mais de 70%). A partir dos 6 anos, os revestimentos entre 1 e 5 km ganham destaque pelo seu bom desempenho comparativamente aos restantes, o que se traduz em valores de VUP mais elevados.

Refira-se por fim que mais uma vez se verifica uma tendência para previsões optimistas no caso de pinturas recentes, na linha do padrão identificado na Figura 5.4.

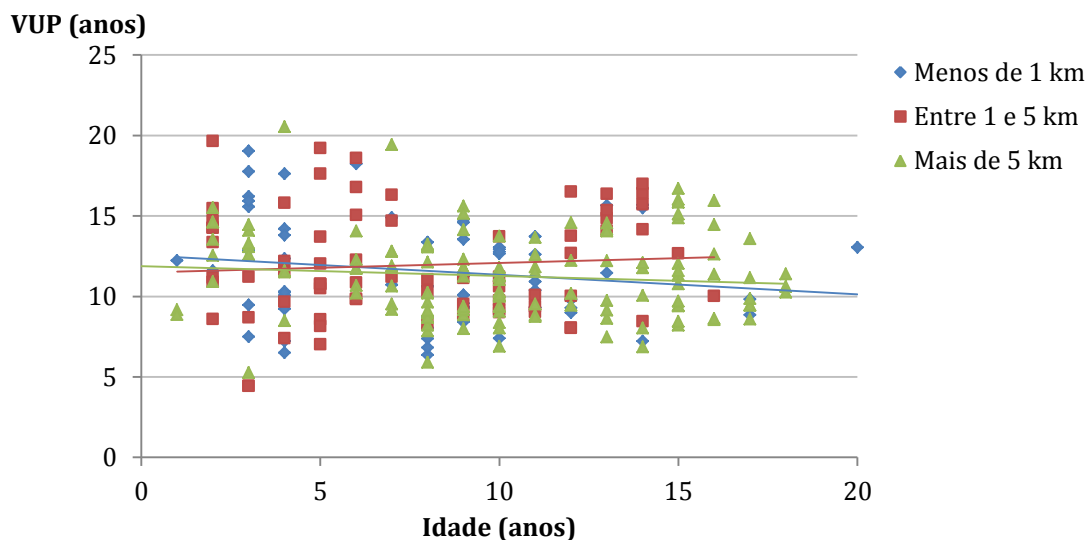


Figura 5.5 - Distribuição da vida útil dos RP em função da distância à faixa costeira

Exposição à humidade

Os resultados da Figura 5.6, que representa a distribuição da vida útil estimada em função da exposição à humidade, são coerentes com o esperado, tendo em conta que os revestimentos expostos a condições desfavoráveis de humidade têm valores de VUP inferiores aos expostos a condições correntes. Ainda que não muito grande, existe uma distinção entre as duas linhas de regressão linear relativas à exposição à humidade, sendo praticamente paralelas.

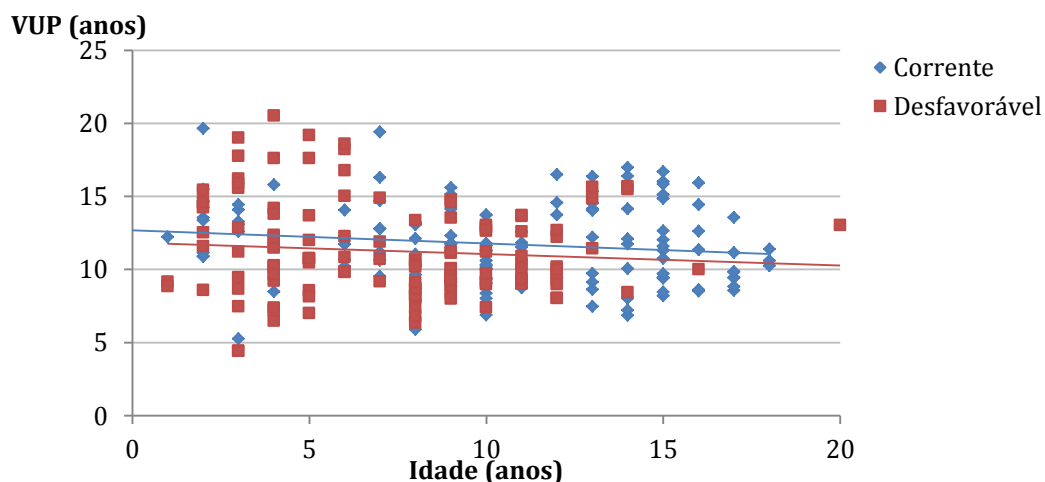


Figura 5.6 - Distribuição da vida útil dos RP em função da exposição à humidade

Acção vento / chuva

Relativamente à acção vento / chuva, a partir da Figura 5.7, observa-se que os revestimentos sujeitos a condições severas apresentam globalmente um pior desempenho do que os sujeitos a condições moderadas ou suaves, tal como previsto. Refira-se que a linha de regressão linear correspondente aos revestimentos em condições severas é praticamente horizontal, o que demonstra que o comportamento da amostra varia pouco ao longo do tempo relativamente a estes casos.

Até aos 5 anos de idade, os revestimentos expostos a condições suaves apresentam valores de VUP superiores aos restantes como seria expectável; contudo, a partir dos 7 anos de idade, os revestimentos expostos a condições moderadas apresentam valores de VUP superiores aos restantes. A dispersão de resultados relativamente aos revestimentos expostos a condições suaves é elevada, o que pode explicar os resultados obtidos.

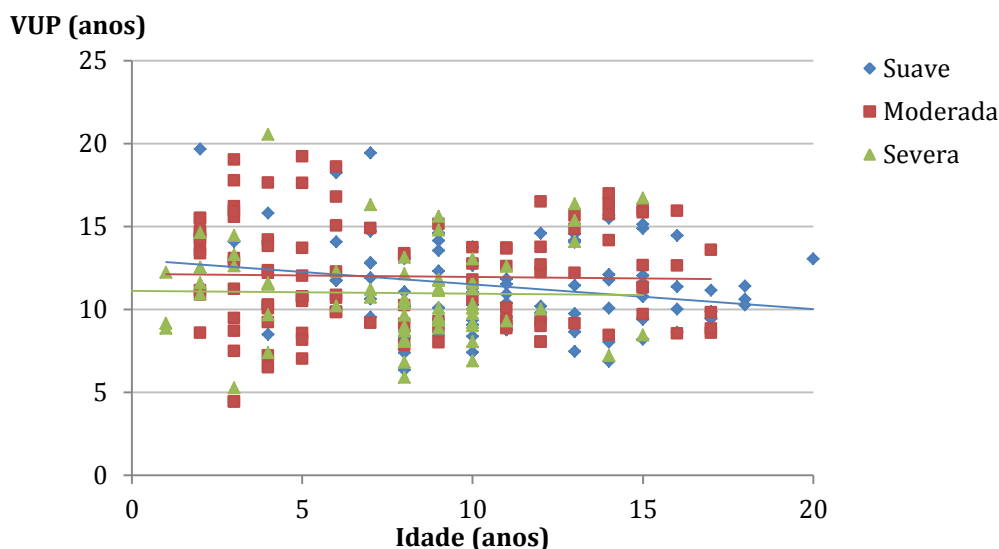


Figura 5.7 - Distribuição da vida útil dos RP em função da acção vento / chuva

Orientação solar

Os resultados da distribuição da vida útil estimada em função da orientação solar não são satisfatórios uma vez que não existe uma distinção clara entre as linhas de regressão linear, como se ilustra na Figura 5.8.

Os valores médios de VUP obtidos contrariam os valores calculados a partir das curvas de degradação, tendo em conta que os revestimentos orientados a Sul apresentam valores de VUP inferiores aos das restantes orientações solares e os revestimentos orientados a Norte são os que apresentam, em média, valores superiores de VUP. Existem no entanto explicações possíveis para estes resultados.

Os casos expostos a Sul degradam-se mais rapidamente que os restantes, o que se traduz por valores de VUP baixos para pinturas recentes; esta ilação pode dever-se à natureza dos mecanismos de degradação experimentados pelos revestimentos orientados nesta direcção devido a factores como radiações UV intensas, maiores variações de temperatura, condições de secagem da tinta mais agressivas, entre outras.

A orientação Oeste é a que apresenta um comportamento menos constante, sendo por isso a variável com a linha de regressão menos horizontal. Estes casos apresentam valores de VUP superiores aos restantes até aos 8 anos de idade, começando posteriormente a apresentar valores de VUP cada vez menores que traduzem uma perda de desempenho rápida ao longo do tempo.

Os revestimentos orientados a Norte e a Este são os que correspondem a linhas de regressão linear com maior horizontalidade, o que significa um comportamento mais constante ao longo do tempo relativamente a estes casos. O facto de os valores de VUP dos revestimentos a Norte serem muito próximos dos orientados a Este, indica uma certa distinção entre orientações mais frias e as restantes.

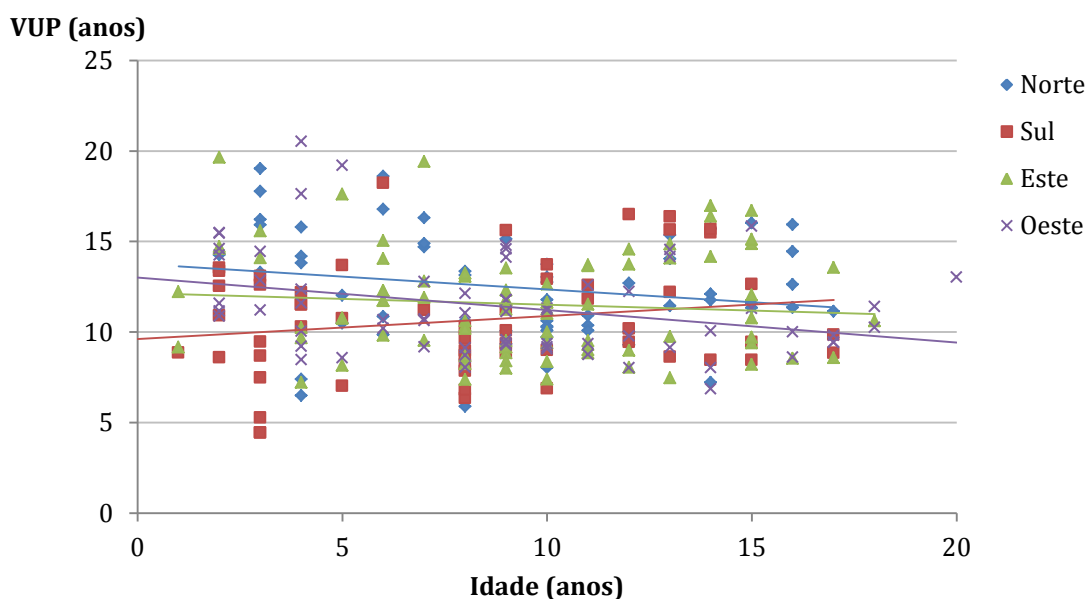


Figura 5.8 - Distribuição da vida útil dos RP em função da orientação solar

Proximidade de fontes poluentes

Analisando a Figura 5.9, que representa a distribuição da vida útil estimada em função das fontes poluentes, existe uma distinção clara entre as linhas de regressão linear das categorias estudadas. Os revestimentos em condições desfavoráveis relativamente à proximidade de fontes poluentes têm valores de VUP inferiores aos dos revestimentos em condições correntes, como seria esperado. A perda de desempenho por se estar perto de fontes de poluição traduz-se numa vida útil média menor 1 ano e 2 meses, o que significa que têm menos 11% de durabilidade que os revestimentos longe deste agente de degradação.

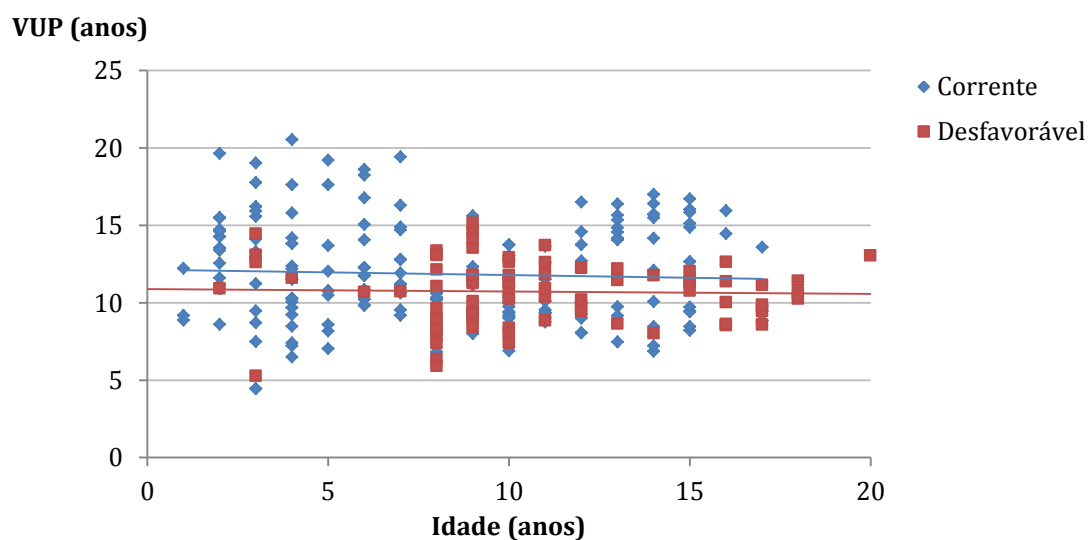


Figura 5.9 - Distribuição da vida útil dos RP em função da proximidade de fontes poluentes

5.3.2. Produto de pintura

Tipo de pintura

A Figura 5.10 representa a distribuição da vida útil dos revestimentos de pintura em função do produto de pintura. As tintas texturadas apresentam sempre valores de VUP superiores às membranas elásticas e a partir dos 6 anos apresentam valores de VUP superiores às tintas lisas.

A falta de horizontalidade da linha de regressão linear relativamente às tintas lisas pode ser um indicador de que existem mecanismos de degradação com comportamento variável ao longo do tempo, ou seja, que não afectam os revestimentos sempre da mesma forma ao longo do tempo.

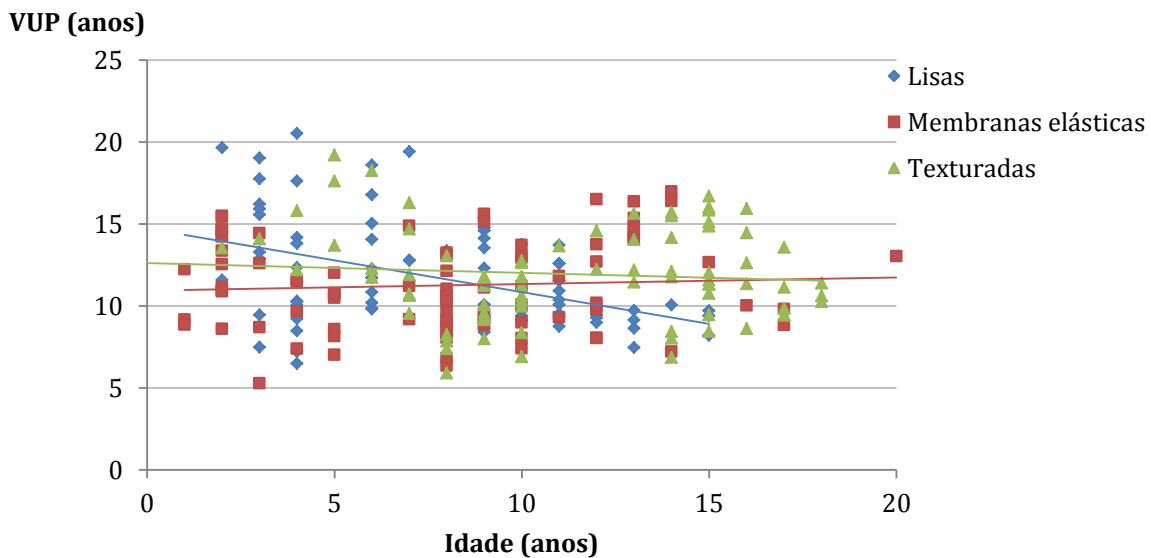


Figura 5.10 - Distribuição da vida útil dos RP em função do produto de pintura

Cor do revestimento

Observando a Figura 5.11, é possível observar que as cores claras apresentam valores de VUP ligeiramente superiores aos das cores escuras, o que vai contra o que seria esperado, uma vez que as são menos susceptíveis ao desenvolvimento de anomalias relacionadas com a humidade por reterem mais o calor.

A partir dos 6 anos os revestimentos brancos apresentam valores de VUP superiores aos revestimentos de cor escura e a partir dos 9 anos apresentam valores de VUP superiores aos revestimentos de cor branca; a linha de regressão linear relativa à cor branca não é horizontal e intersecta as linhas das outras variáveis, o que não permite tirar conclusões concretas. Neste caso pode-se concluir que, na amostra recolhida, o sub-factor 'cor' não é condicionante para distinções consideráveis em termos de valores de vida útil.

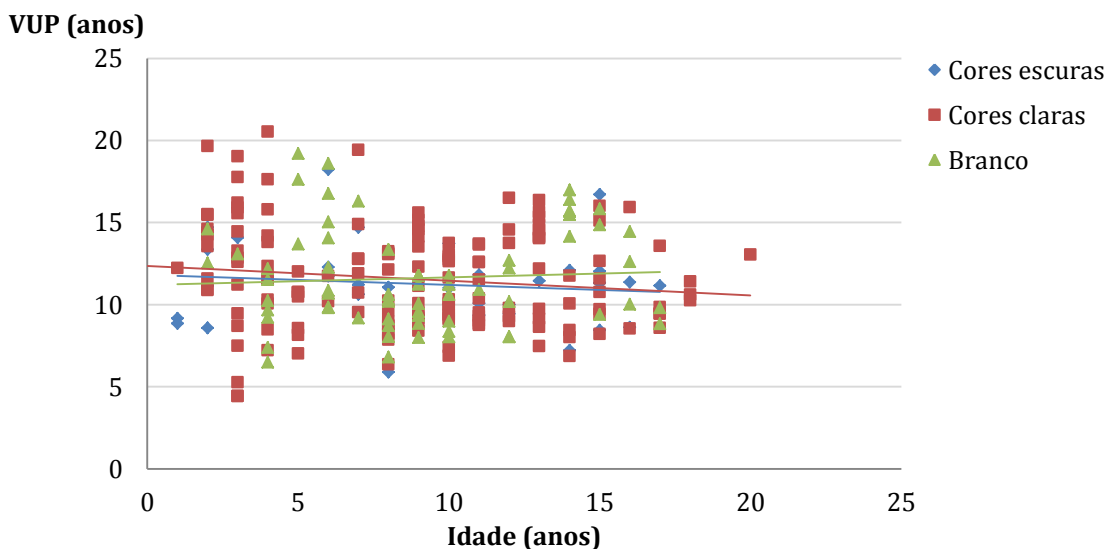


Figura 5.11 - Distribuição da vida útil dos RP em função da cor

Textura

Segundo a Figura 5.12, que apresenta as vidas úteis estimadas em função do tipo de textura para os casos estudados, a partir de 4 anos de idade, os revestimentos rugosos apresentam valores de VUP superiores aos revestimentos lisos. Devido à falta de horizontalidade da linha de regressão linear relativamente aos revestimentos lisos, a Figura 4.12 apresentou melhores resultados. A amostra relativa aos revestimentos rugosos apresenta uma linha de regressão linear praticamente horizontal, ou seja, o comportamento da amostra para essa variável não muda em função da idade.

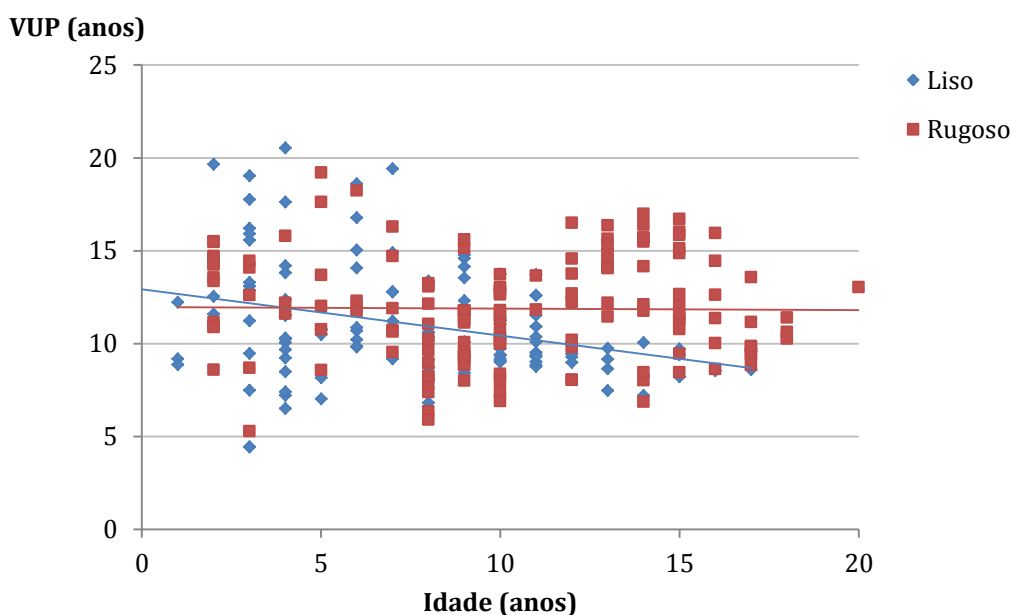


Figura 5.12 - Distribuição da vida útil dos RP em função da textura

Substrato

O modelo gráfico apresentado na Figura 5.13, que representa as vidas úteis estimadas em função das características do substrato, apresenta resultados inconclusivos uma vez que as linhas de regressão linear se intersectam e têm falta de horizontalidade, o que sugere um comportamento dinâmico ao longo do tempo.

Até aos 11 anos de idade os revestimentos executados sobre reboco apresentam valores de VUP superiores e, depois desta idade, são os revestimentos que têm como substrato pintura antiga que apresentam valores de VUP superiores.

Como referido na secção 4.5.3., as lacunas relativas aos revestimentos aplicados sobre pintura antiga poderão explicar os resultados obtidos.

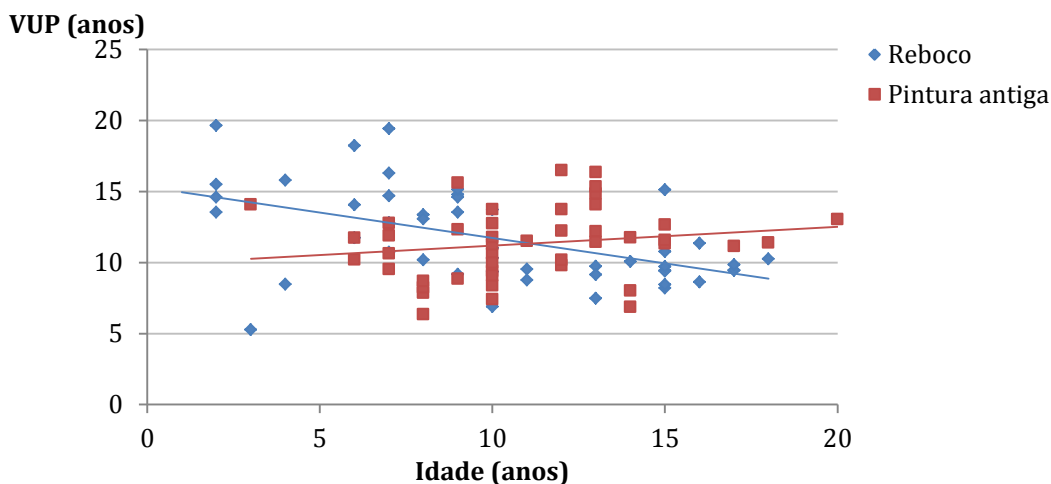


Figura 5.13 - Distribuição da vida útil dos RP em função do substrato

5.3.3. Manutenção

Presença de manutenção

Apesar de as linhas de regressão linear associadas ao tipo de manutenção se intersectarem, como se pode observar na Figura 5.14, a partir de 5 anos (aproximadamente) é claro que os revestimentos com manutenção apresentam valores de VUP superiores. Contudo, tal como é perceptível no modelo gráfico, o grau de representatividade dos revestimentos em edifícios com presença de manutenção é baixo o que coloca em causa os resultados obtidos, apesar de serem positivos.

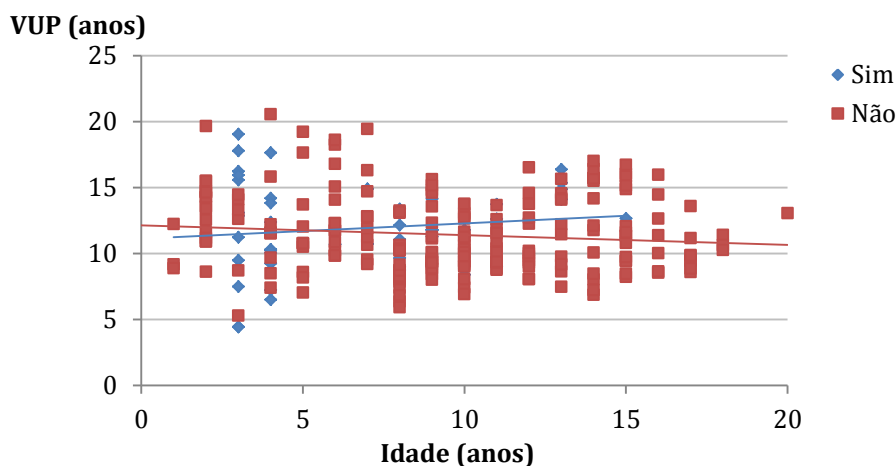


Figura 5.14 - Distribuição da vida útil dos RP em função da existência da manutenção

Facilidade de inspeção

Apesar de a linha de regressão linear relativa à ausência de facilidade de inspeção (Figura 5.15) fugir ligeiramente à horizontalidade, a distinção entre as linhas relativas às duas variáveis é clara. Os revestimentos fáceis de inspeccionar apresentam valores de VUP superiores aos revestimentos difíceis de inspeccionar, como seria esperado. Como referido, a amostra encontra-se bem distribuída em termos de facilidade de inspeção pelo que os resultados obtidos são considerados representativos.

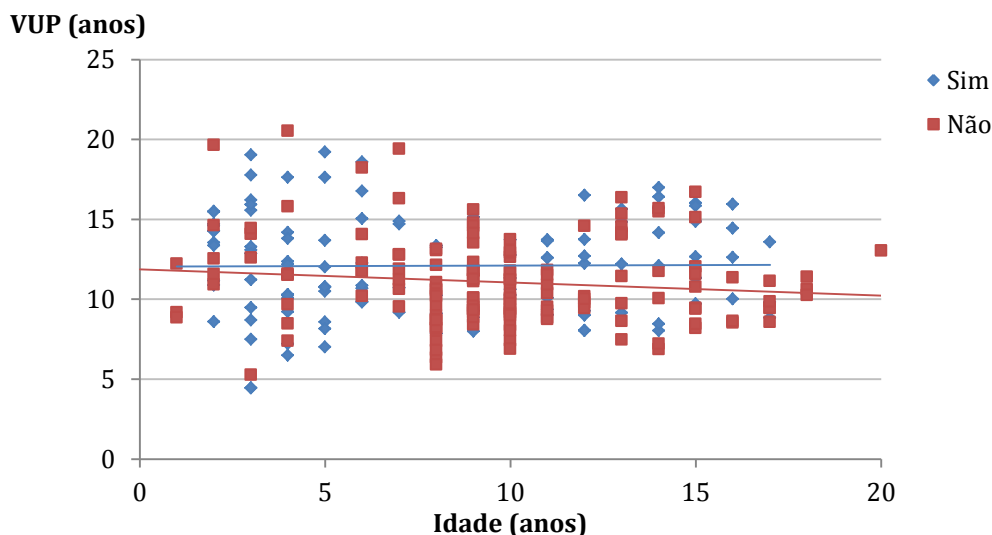


Figura 5.15 - Distribuição da vida útil dos RP em função da facilidade de inspeção

5.3.4. Resultados

A vida útil média prevista obtida a partir do método do factor de conversão em ordem às ordenadas é 11,5 anos. Para os revestimentos excluídos por execução inadequada obteve-se uma vida útil prevista de 5,3 anos, ou seja têm uma vida útil 54% menor que os revestimentos executados adequadamente, o que se traduz por uma vida útil menor em aproximadamente 6 anos. Fazendo o paralelismo com outros trabalhos, refira-se que Galbusera (2012) obteve uma vida útil igual a 24 anos para revestimentos cerâmicos mal executados e uma vida útil de 50 anos para estes elementos executados adequadamente; já Emídio (2012) obteve uma vida útil igual a 21 anos para revestimentos péticos mal executados e uma vida útil de 71 anos para estes elementos executados adequadamente. Estes valores demonstram a importância da qualidade da fase de execução em termos de durabilidade dos elementos em estudo e como uma má execução pode reduzir em mais de metade a vida útil dos mesmos.

A Tabela 5.2 apresenta os valores de vida útil prevista obtidos a partir dos modelos gráficos construídos em função dos diferentes factores de degradação. Excluindo os revestimentos com execução inadequada, o valor mínimo de VUP foi 10,7 anos e o valor máximo foi 12,5 anos. A diferença entre estes valores e a vida útil média prevista é apenas de 10 meses e 1 ano, respectivamente, o que são valores aceitáveis por constituírem variações pequenas.

Ao nível da proximidade do mar, as diferenças de desempenho não são significativas uma vez que os revestimentos localizados entre 1 e 5 km da faixa costeira duram aproximadamente apenas 4 meses mais do que os localizados a menos de 1 km do mar. A diferença entre as vidas úteis foi mais significativa a partir das curvas de degradação traçadas no capítulo 4. Os revestimentos localizados a mais de 5 km do mar apresentaram o menor valor de vida útil por comparação com as restantes variáveis relativamente a este sub-factor, o que vai contra o que seria expectável; tal facto pode ser devido ao reduzido número de revestimentos com idades mais avançadas localizados a menos de 5 km do mar.

Relativamente à exposição à humidade, as diferenças são também pouco significativas, pois os revestimentos expostos a condições de humidade corrente têm uma vida útil 1% maior que os expostos a condições desfavoráveis. A partir das curvas de degradação a diferença de valores de vida útil entre estas duas variáveis foi mais significativa, chegando a uma diferença de quase 1 ano, o que demonstra uma melhor adequabilidade das curvas de degradação para representar diferenças mais significativas de desempenho em relação a este sub-factor.

Sobre a acção vento / chuva, os revestimentos em condições severas apresentam uma vida útil 8% menor que os revestimentos sujeitos a condições moderadas, o que se traduz por uma vida útil 1 ano mais curta. No entanto, tal como nos valores obtidos a partir das curvas de degradação, a vida útil referente aos revestimentos em condições suaves é inferior aos expostos em condições moderadas o que contraria as expectativas; isto pode ser devido à elevada dispersão de resultados relativamente aos revestimentos expostos a condições suaves.

Ao contrário dos resultados obtidos a partir das curvas de degradação, os revestimentos orientados a Sul apresentam um valor de VUP inferior aos revestimentos orientados a Norte em 1 ano e 7 meses, o que corresponde a uma vida útil 13% menor. Como já foi referido, os revestimentos expostos a uma radiação solar mais intensa se poderem degradar a nível químico e físico, levando a anomalias mais graves como perda de coesão ou fissuração. Através da análise do modelo gráfico da Figura 5.8, é perceptível a falta de horizontalidade da linha de regressão linear, o que significa uma grande dispersão de resultados relativamente aos revestimentos orientados a Sul e que poderá explicar os resultados obtidos.

Relativamente à proximidade às fontes poluentes, os revestimentos em condições favoráveis têm uma vida útil 10% maior face aos restantes, o que se traduz por uma vida útil de cerca de aproximadamente 1 ano mais longa. O modelo gráfico da Figura 5.9 permitiu obter diferenças mais significativas entre estas duas variáveis que as curvas de degradação da Figura 4.9.

Sobre os sub-factores referentes ao sub-factor A do método factorial (características dos materiais), os resultados relativamente ao tipo de pintura no presente capítulo vêm confirmar que as tintas texturadas são as que apresentam maior durabilidade relativamente às restantes. Desta vez, as tintas lisas apresentaram uma durabilidade superior às membranas elásticas; contudo, como se pode observar pela Figura 5.10, a linha de regressão linear relativamente às tintas lisas é muito pouco horizontal, o que demonstra um comportamento mais variável em função da idade da pintura.

Os resultados referentes à cor dos revestimentos a partir dos modelos gráficos no presente capítulo vêm confirmar os resultados obtidos a partir das curvas de degradação no capítulo 4, tendo em conta que os revestimentos mais duráveis são os brancos, seguidos dos com cores claras e por último dos de cor escura. Nos resultados da Tabela 5.2, os revestimentos brancos apresentam uma vida útil 3% superior aos revestimentos de cor escura, o que se traduz numa vida útil superior de apenas 4 meses; desta forma, existe uma maior distinção de valores de vida útil a partir das curvas de degradação relativamente a este sub-factor. É discutível se os revestimentos mais escuros deveriam apresentar um melhor desempenho que os restantes, uma vez que, tal como já referido, apesar de terem menos propensão para anomalias relacionadas com a presença de água, a absorção de uma grande quantidade de calor pode causar a alteração de certos constituintes da pintura.

Relativamente à textura, os resultados no presente capítulo confirmam os resultados obtidos a partir das curvas de degradação do capítulo anterior, tendo em conta que os revestimentos rugosos apresentam uma vida útil superior aos revestimentos lisos em 10 meses, o que corresponde a uma vida útil superior em 7%.

Sobre o tipo de substrato, contrariamente aos resultados obtidos no capítulo 4, os revestimentos executados sobre reboco apresentam uma vida útil superior em 3% aos executados sobre pintura antiga, o que corresponde a uma vida útil superior em apenas 5 meses, o que não é uma diferença significativa. Relativamente ao factor manutenção (G), os resultados confirmam a tendência verificada através das curvas de degradação, uma vez que os edifícios com presença de manutenção demonstraram apresentar revestimentos que têm uma vida útil 6% maior (diferença de vida útil de 6 meses) que os edifícios sem manutenção. Já os edifícios com facilidade de inspecção apresentam uma vida útil superior em 8% (diferença de vida útil de 1 ano) por comparação com os edifícios sem facilidade de inspecção.

Tabela 5.2 - Valores de vida útil prevista (modelos gráficos)

	Factores	VUP (anos)
Nível de execução	Adequado	11,5
	Inadequado	5,3
Distância à faixa costeira	< 1 km	11,6
	Entre 1 e 5 km	11,9
	> 5 km	11,3
Exposição à humidade	Corrente	12,0
	Desfavorável	11,9
Acção vento / chuva	Severa	11,0
	Moderada	12,0
	Suave	11,3
Orientação solar	N	12,5
	S	10,8
	E	11,9
	O	12,5
Proximidade de fontes poluentes	Corrente	11,9
	Desfavorável	10,7
Produto de pintura	Texturadas	11,9
	Membrana elástica	11,2
	Lisas	11,7
Cor	Branco	11,6
	Amarelo. Cor-de-laranja e Cor-de-rosa claro	11,6
	Cor-de-rosa escuro. Verde claro e Azul claro	11,2
	Castanho. Verde escuro e Azul escuro	11,2
	Branco	11,6
	Cores claras	11,6
	Cores escuras	11,2
Textura	Liso	11,1
	Rugoso	11,9
Substrato	Reboco	11,7
	Pintura antiga	11,3
Manutenção	Sim	11,9
	Não	11,4
Facilidade de inspecção	Sim	12,1
	Não	11,1

É de referir que, em geral, os resultados obtidos a partir dos modelos gráficos construídos no presente capítulo confirmaram os resultados obtidos a partir das curvas de degradação do capítulo anterior; contudo, é importante mencionar que, para cada sub-factor, as diferenças entre os valores de vida útil das variáveis obtidos a partir das expressões polinomiais de grau 3 das curvas de degradação são maiores. Isto significa que o método adoptado no presente capítulo não permite distinções mais significativas de desempenho entre diferentes variáveis.

Refira-se ainda que no método de conversão das ordenadas fazem-se suposições com base em cálculos e conversões anteriores, ou seja, podem-se estar a introduzir erros acumulados que façam enviesar os resultados, enquanto as curvas do método gráfico têm a vantagem de remeterem directamente para a informação recolhida em campo.

5.4. Ponderação inicial dos factores de degradação

No sub-capítulo 1.4, foi feita uma introdução sobre o método factorial. Com este método, estima-se a vida útil dos revestimentos de pintura a partir de uma vida útil de referência multiplicada por factores que afectam o desempenho dos mesmos. No presente trabalho, consideraram-se como entidades que afectam a durabilidade dos elementos em estudo as variáveis referidas na análise realizada no sub-capítulo 5.3. A norma ISO 15686-1 (2000) apresenta a expressão que permite estimar a vida útil:

$$VUE = VUR \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G \quad \text{Expressão 5.2}$$

Sendo que:

VUE - Vida útil estimada;

VUR - Vida útil de referência;

A - Factor relacionado com a qualidade dos materiais;

B - Factor relacionado com a concepção;

C - Factor relacionado com a execução;

D - Factor relacionado com as condições ambientais interiores;

E - Factor relacionado com as condições ambientais exteriores;

F - Factor relacionado com as condições de utilização;

G - Factor relacionado com a manutenção.

Os factores presentes na Expressão 5.1, são caracterizados em seguida e definir-se-á de que forma estes influenciam a durabilidade dos revestimentos a partir de valores multiplicativos. A norma ISO 15686-1 (2000) considera três níveis relativamente às condições de exposição a que um elemento está sujeito. No presente trabalho consideraram-se os valores de ponderação presentes na Tabela 5.3, correspondentes a cada nível.

Tabela 5.3 - Quantificação dos sub-factores que afectam o desempenho

Nível	Coefficiente de ponderação
Favorável	1,2
Corrente	1
Desfavorável	0,8

Apresenta-se a Tabela 5.4 que define a ponderação que se irá atribuir a cada variável numa fase inicial. Em seguida, realizar-se-á uma análise justificativa das ponderações atribuídas.

Características do material (A) - Este factor diz respeito às características dos revestimentos de pintura. No sub-capítulo 2.3, foram caracterizados os principais tipos de tinta e os seus constituintes, bem como os principais parâmetros a ter em conta relativamente às propriedades físicas pretendidas. Os sub-factores considerados neste factor foram o tipo de produto e a cor. Relativamente à cor, não se considerou que este sub-factor tivesse uma influência significativa na durabilidade dos revestimentos tendo em conta os resultados pouco claros, obtidos a partir das curvas de degradação (Figura 4.11) e do modelo gráfico (Figura 5.11); desta forma, associaram-se às variáveis deste sub-factor uma ponderação neutra (1).

Sobre o tipo de produto, atribuiu-se uma ponderação favorável (1,2) às tintas texturadas tendo em conta que foi o tipo de produto cujas vidas úteis previstas (a partir das curvas de degradação da Figura 4.10 e do modelo gráfico correspondente à Figura 5.10) superaram as vidas úteis médias da amostra a partir da curva média de degradação (10,8 anos) e do modelo gráfico (11,5 anos).

Tabela 5.4 – Quantificação inicial dos sub-factores que afectam o desempenho

A - Características do material		
A1 - Produto de pintura	k1 - Texturadas	1,2
	k2 - Membrana elástica	1
	k3 - Lisas	1
A2 - Cor	k1 - Branco	1
	k2 - Cores claras	1
	k3 - Cores escuras	1
B - Características do projecto		
B1 - Textura	k1 - Rugoso	1
	k2 - Liso	1
C - Características de execução		
C1 - Nível de execução	k1 - Adequado	1,2
	k2 - Inadequado	0,8
C2 - Substrato	k1 - Reboco	1
	k2 - Pintura antiga	1
E - Características do ambiente exterior		
E1 - Distância à faixa costeira	k1 - < 1 km	0,8
	k2 - Entre 1 e 5 km	1
	k3 - > 5 km	1,2
E2 - Exposição à humidade	k1 - Corrente	1
	k2 - Desfavorável	0,8
E3 - Acção vento / chuva	k1 - Severa	0,8
	k2 - Moderada	1
	k3 - Suave	1,2
E4 - Orientação solar	k1 - N	1,2
	k2 - S	0,8
	k3 - E	1
	k4 - O	1
E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1 - Corrente	1
	k2 - Desfavorável	0,8
G - Nível de manutenção		
G1 - Manutenção	k1 - Sim	1,2
	k2 - Não	0,8
G2 - Facilidade de inspeção	k1 - Sim	1,2
	k2 - Não	0,8

Características do projecto (B) - O sub-factor considerado neste factor foi a textura do revestimento. Pelos valores de vida útil prevista, os revestimentos rugosos apresentaram um melhor desempenho que os revestimentos lisos; contudo, resolveu-se atribuir uma ponderação neutra a estas variáveis por se considerar que já foram contabilizadas no tipo de produto, tendo em conta que as tintas texturadas têm um acabamento rugoso.

Características de execução (C) - Os sub-factores considerados neste factor foram o nível de execução e o substrato. Relativamente ao nível de execução, atribuiu-se uma ponderação favorável aos revestimentos executados adequadamente e uma ponderação desfavorável aos revestimentos mal executados, tendo em conta que a vida útil prevista obtida para os revestimentos mal executados corresponde a quase metade da vida útil média da amostra. Sobre o tipo de substrato, chegou-se à conclusão que a partir das curvas de degradação (Figura 4.13) os revestimentos aplicados sobre pintura antiga apresentaram uma vida útil superior aos aplicados sobre reboco e a partir do modelo gráfico (Figura 5.13) ocorreu o contrário. Como foi referido, muitas vezes uma pintura antiga pode constituir um substrato com melhor qualidade que um reboco antigo, pelo que não é necessariamente verdade que se o substrato for reboco que a pintura durará por mais tempo; desta forma, resolveu-se não favorecer nem desfavorecer nenhuma destas variáveis.

Características do ambiente interior (D) - Este factor não foi tido em conta na presente investigação, uma vez que as condições internas não interferem com os revestimentos exteriores.

Características do ambiente exterior (E) - Os sub-factores considerados neste factor foram a distância à faixa costeira, a exposição à humidade, a acção vento / chuva, a orientação solar e a proximidade de fontes poluentes.

Relativamente à proximidade do mar, os resultados foram satisfatórios no caso dos revestimentos localizados a menos de 5 km do mar, tendo em conta que os revestimentos a menos de 1 km demonstraram apresentar vidas úteis inferiores aos revestimentos localizados entre 1 e 5 km do mar; contudo, os revestimentos a mais de 5 km do mar apresentaram vidas úteis inferiores aos revestimentos localizados entre 1 e 5 km do mar, o que não corresponde ao que seria esperado. O mesmo acontece no caso do sub-factor 'acção vento / chuva', tendo em conta que apesar dos revestimentos expostos a condições moderadas apresentarem uma vida útil superior aos expostos a condições severas, os revestimentos expostos a condições suaves apresentam vidas úteis inferiores aos primeiros. Esta questão traduz um problema desta metodologia, na medida que se caracteriza por uma abordagem holística em que não é verdadeiramente possível analisar isoladamente uma variável, ou seja, existe influência e interacção de outras variáveis que afectam o comportamento global dos elementos em estudo. De qualquer forma, considerou-se que nesta fase inicial se devia atribuir uma ponderação que fosse de encontro ao que seria esperado na realidade, ou seja, atribuiu-se uma ponderação desfavorável (0.8) aos revestimentos expostos a condições severas e a menos de 1 km do mar, atribuiu-se uma ponderação neutra (1) aos revestimentos expostos a condições moderadas e entre 1 e 5 km do mar e atribuiu-se uma ponderação favorável (1,2) aos revestimentos expostos a condições suaves e a mais de 5 km do mar.

Sobre a exposição à humidade, os revestimentos expostos a condições desfavoráveis apresentaram valores de vida útil inferiores aos expostos a condições correntes, pelo que se resolveu atribuir um valor de ponderação desfavorável aos primeiros. O mesmo acontece com os revestimentos com uma proximidade desfavorável relativamente a fontes poluentes, que apresentam vidas úteis inferiores aos revestimentos em condições correntes.

A orientação solar foi o sub-factor que gerou os resultados menos claros, tendo em conta que a partir das curvas de degradação (Figura 4.8) os revestimentos que apresentaram maior durabilidade não foram os mesmos que os que apresentaram maior durabilidade a partir do modelo gráfico (Figura 5.8).

De forma a encontrar uma solução para discernir quais os revestimentos com maior e menor durabilidade, desenvolveu-se uma metodologia que consistiu em aferir nos edifícios em que se analisou mais que um paramento, com diferentes orientações solares, qual a orientação que apresentou maior ou menor valor de severidade.

Foram analisados 39 edifícios constituídos por duas ou três orientações diferentes e registou-se as orientações que apresentavam menor severidade comparativamente com as restantes, criando-se um sistema de ganhar/perder. Obtiveram-se os resultados presentes nas Tabelas 5.5, Tabelas 5.6 e Tabelas 5.7. Seguidamente far-se-á uma explicação das tabelas e uma análise de resultados.

A primeira análise que se realizou foi uma análise mais qualitativa, em que se registou o número de vezes que certo revestimento com determinada orientação apresentava um valor de severidade inferior (vencedor) ao revestimento do mesmo edifício mas com outra orientação (perdedor). Constatou-se que os revestimentos orientados a Norte têm melhor desempenho mais vezes em relação a todas as restantes orientações.

Relativamente ao número de vezes ganhas, o Norte apresenta um desempenho bastante melhor em relação ao Oeste (10 contra 4), tem um desempenho um pouco melhor que Este (7 contra 5) e Sul (4 contra 2). Os revestimentos orientados a Este apresentam um desempenho marginalmente melhor que Oeste (6 contra 5) e muito melhor que Sul (10 contra 4). Os revestimentos orientados a Oeste apresentaram melhor desempenho que Sul (11 contra 4).

Apesar de esta análise ser importante, estas diferenças apenas traduzem o número de vezes em que o comportamento de determinada orientação solar é melhor relativamente às restantes, ou seja, a Tabela 5.5 não mede quanto melhor é esse comportamento em termos de severidade. Desta forma, construiu-se a Tabela 5.6 e a Tabela 5.7.

Tabela 5.5 – N.º de vezes que cada orientação solar apresenta menor severidade do que as restantes

		Vencedores - n.º de vezes ganhas			
Perdedores		Norte	Este	Sul	Oeste
Norte		-	5	2	4
Este		7	-	4	5
Sul		4	10	-	11
Oeste		10	6	4	-
Soma		21	21	10	20

A Tabela 5.6 apresenta as diferenças de severidade de degradação entre diferentes orientações num mesmo edifício. A título de exemplo, em um dos edifícios inspeccionados, o revestimento orientado a Norte apresentou um valor de severidade menor em 1,31% (destaque a negrito) que o revestimento orientado a Este. Nesta tabela também se apresentam as médias das diferenças de severidade, ou seja, a título de exemplo, em média, os revestimentos orientados a Oeste apresentaram um valor de severidade menor em 4,44% (destaque a negrito) que os revestimentos orientados a Sul.

A Tabela 5.7 apresenta os valores das diferenças entre as médias das severidades, ou seja, apresenta a diferença da média das vezes que uma orientação ganha (apresenta menor severidade) a outra com a média das vezes que a orientação perde (apresenta maior severidade) em relação a outra; desta forma, se o valor for positivo o comportamento da orientação é melhor que a outra orientação.

A título de exemplo, em média, os revestimentos orientados a Norte apresentam um valor de severidade menor em 8,96% (Tabela 5.6) que os revestimentos orientados a Oeste, e, os revestimentos orientados a Oeste apresentam um valor de severidade menor em 5% (Tabela 5.6) que os revestimentos orientados a Norte; desta forma, a diferença entre estes dois valores traduz que os revestimentos orientados a Norte, em média, têm um melhor desempenho em 3,96% (destaque a negrito na Tabela 5.7).

Tabela 5.6 – Diferença entre as severidades (S_w) das orientações solares

Norte ganhou			Este ganhou			Oeste ganhou			Sul ganhou		
Este	Sul	Oeste	Norte	Sul	Oeste	Norte	Este	Sul	Norte	Este	Oeste
ΔS_w (%)			ΔS_w (%)			ΔS_w (%)			ΔS_w (%)		
1,31	4,86	23,81	1,51	2,36	1,00	6,85	4,35	6,87	1,82	2,83	5,76
11,95	3,13	0,18	3,05	5,04	0,09	3,10	7,28	6,62	4,56	4,58	4,22
0,27	12,96	3,20	2,96	2,27	4,47	8,79	0,41	7,57		1,51	0,21
1,75	5,97	2,19	0,28	6,31	7,28	1,25	0,95	2,04		3,68	0,58
2,2		2,09	6,25	4,45	2,94		1,35	11,01			
0,4		1,51		0,25	0,01					3,13	
1,14		7,28		12,96						5,67	
		4,08		0,42						2,92	
		3,15		0,08						1,37	
		42,11		1,21						1,43	
										0,16	
Média			Média			Média			Média		
2,72	6,73	8,96	2,81	3,53	2,63	5,00	2,87	4,44	3,19	3,15	2,69

Observando a Tabela 5.7, os revestimentos orientados a Norte apresentam um desempenho praticamente igual a Este (0,09 de diferença), e um desempenho melhor do que Sul (3,54 de diferença) e melhor que Oeste (3,96 de diferença). Os revestimentos orientados a Sul têm sempre um pior desempenho que os restantes.

Tabela 5.7 – Diferença entre as médias das severidades das orientações solares

Δ Médias	Norte	Este	Sul	Oeste
Norte e restantes	-	-0,09	3,54	3,96
Este e restantes	0,09	-	0,39	-0,24
Sul e restantes	-3,54	-0,39	-	-1,74
Oeste e restantes	-3,96	0,24	1,74	-

Tendo em conta os resultados da Tabela 5.7, atribuiu-se uma ponderação favorável à orientação Norte, uma ponderação neutra à orientação Este e Oeste e uma ponderação desfavorável à orientação Sul.

Condições de uso (F) - Este factor é difícil de estimar pois está relacionado com a forma como os utentes do edifício influenciam a degradação dos seus componentes. Como referido, ocorrências como acidentes ou actos de vandalismo (*grafitti*) não são passíveis de ser modeladas em termos de evolução ao longo do tempo, pelo que este factor não será tido em conta na presente investigação.

Nível de manutenção (G) - Os sub-factores considerados neste factor foram a manutenção e a facilidade de inspecção. Os resultados foram satisfatórios na medida em que os revestimentos em edifícios com presença de manutenção e facilidade de inspecção apresentaram valores de vida útil superiores aos revestimentos em edifícios sem presença de manutenção e sem facilidade de inspecção, respectivamente. Desta forma, atribuiu-se uma ponderação favorável (1,2) aos dois primeiros e uma ponderação desfavorável (0,8) aos dois últimos.

5.5. Cálculo da vida útil de referência

A definição da vida útil de referência é uma das maiores dificuldades de aplicação do método, uma vez que a norma ISO 15686 (2000) recomenda a aplicação de valores fornecidos pelos fabricantes. Na ausência dessa informação, não existem actualmente indicações concretas sobre como determinar este valor (Hovde, 2004 e Gaspar, 2009). Por outro lado, dada a natureza multiplicativa da expressão de cálculo do método factorial, verifica-se uma relação biunívoca entre a vida útil de referência e a quantificação dos factores, dado que se afectam mutuamente. É importante pois listar algumas entidades ou referências relativamente a valores de vida útil:

- o Regulamento Japonês recomenda vidas úteis iguais ou superiores a 10 anos para revestimentos de fachadas;
- Hovde (2005) estima assim uma vida útil de 15 anos para rebocos (tendo em conta que têm algumas semelhanças com as pinturas ao nível de comportamento em serviço);
- o Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) estipula que as edificações deverão ser reparadas e beneficiadas de oito em oito anos;
- as empresas de produção e comercialização de tintas consideram que a duração dos esquemas de pintura exteriores deve ser de 8 a 12 anos;
- Chai (2011) obteve um valor de vida útil de referência para revestimentos de pintura igual a 9,8 anos a partir de um modelo de regressão simples não-linear e outro igual a 8,5 anos a partir de um modelo de regressão múltipla não-linear.

A partir da curva de degradação média da amostra (Figura 4.4), obteve-se um valor de vida útil médio igual a 10,8 anos e a partir do modelo gráfico da Figura 5.4 obteve-se um valor de vida útil médio igual a 11,5 anos. Não se conseguiu obter valores de referência tabelados junto de empresas de tintas, pelo que se procurou encontrar outros valores de vida útil para comparar com os acima enunciados.

Para ultrapassar estas limitações, foi seguida a metodologia desenvolvida por Gaspar (2002 e 2009), através da identificação dos casos de estudo com valores mais próximos das condições médias. Para tal, isolaram-se os casos com um valor de severidade dentro de uma banda de variação menor ou igual a 5% em relação à curva média de degradação; por outras palavras, identificaram-se os cuja diferença em módulo entre a respectiva severidade e a severidade média fosse menor ou igual a 5%. Assim, reuniram-se 19 casos nestas condições (Figura 5.16).

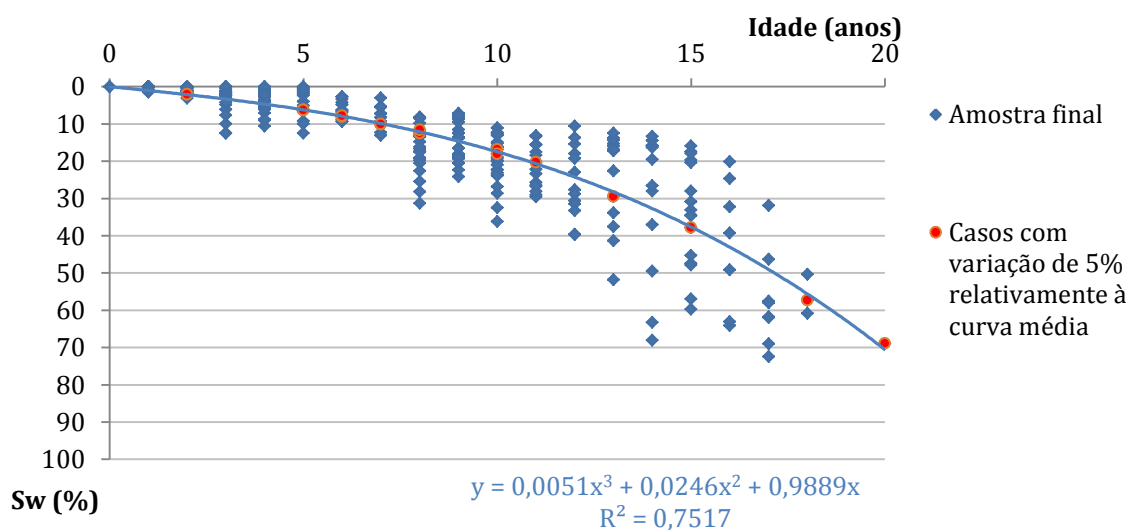


Figura 5.16 – Casos com uma variação de severidade de 5% relativamente à curva média de degradação

Posteriormente, partindo da fórmula de cálculo proposta para estimar a vida útil dos revestimentos de pintura (Expressão 5.3), aplicou-se o método factorial em ordem inversa, através da resolução da Equação 5.4., e calculou-se a VUR para cada um dos 19 revestimentos da amostra seleccionados a partir dos valores de ponderação definidos na Tabela 5.4.

$$VUE = VUR \cdot A1 \cdot A2 \cdot B1 \cdot C1 \cdot C2 \cdot E1 \cdot E2 \cdot E3 \cdot E4 \cdot E5 \cdot G1 \cdot G2 \quad \text{Expressão 5.3}$$

Sendo que:

VUE - vida útil estimada;
 VUR - vida útil de referência;
 A1 - produto de pintura;
 A2 - cor;
 B1 - textura;
 C1 - nível de execução;
 C2 - substrato;
 E1 - distância à faixa costeira;
 E2 - exposição à humidade;
 E3 - acção vento / chuva;
 E4 - orientação solar;
 E5 - proximidade de fontes poluentes;
 G1 - manutenção;
 G2 - facilidade de inspecção.

$$VUR = \frac{VUE}{0,8^x \cdot 1,2^y} \quad \text{Equação 5.4}$$

Sendo que:

VUE - Vida útil estimada;
 VUR - Vida útil de referência;
 x - Número de ocorrências de 0,8;
 y - Número de ocorrências de 1,2.

A Tabela 5.8 apresenta os valores de VUR para os dezanove elementos da amostra seleccionados.

Através da média dos valores obtidos, determinou-se uma vida útil de referência igual a 11,6 anos. É de mencionar que se realizou também a experiência de isolar os casos com uma variação em termos de severidade menor ou igual a 10% comparativamente com a curva média de degradação e reuniram-se 41 casos. Para estes casos, aplicou-se o mesmo método dos 19 casos e obteve-se uma vida útil igual a 11,9 anos, ou seja, obtêm-se valores muito próximos mesmo alargando o número de casos para mais do dobro, o que é expectável tendo em conta que a vida útil para os revestimentos de pintura tem um valor consideravelmente baixo por comparação com outros revestimentos, logo não se podem esperar grandes variações de resultados.

Os valores obtidos para a definição da vida útil de referência obtidos através de diferentes metodologias encontram-se apresentados na Tabela 5.9, verificando-se que os diferentes métodos produzem resultados bastante próximos entre si – com uma variação máxima de cerca de 1 ano. Os valores encontrados são ainda considerados aceitáveis tendo em conta os valores acima apontados por diferentes entidades ou investigadores.

Tabela 5.8 - Vida útil de referência para os 19 casos seleccionados

ID	Idade	N.º de ocorrências 0.8	N.º de ocorrências 1.2	VUR (anos)
L008	18	3	4	10,0
L009	15	3	4	10,1
L013.2	6	1	3	7,7
L026	7	2	4	8,0
L028	10	2	3	10,0
L065	2	5	2	23,1
L101	6	1	3	7,9
L121.2	2	1	2	9,4
L132.1	8	4	2	18,0
L132.3	8	4	2	18,0
L138.1	5	1	3	7,8
L139.3	5	1	3	7,8
L140	5	1	3	7,8
ID 8	7	2	5	6,7
ID 14	10	3	4	10,0
ID 29	8	3	2	15,0
ID 30	20	3	2	17,7
ID 45	13	3	5	9,0
ID 56	11	4	3	15,4

Tabela 5.9 - Valores para definir a VUR

Método	VUR (anos)
Curva de degradação (Figura 4.4)	10,8
Modelo gráfico (Figura 5.4)	11,5
Média dos valores de VUR para os 19 casos	11,6

Desta forma, optou-se por escolher o valor de 11 anos para a vida útil de referência, que corresponde ao valor inteiro aproximado da média dos três valores obtidos.

5.6. Quantificação dos factores

Como referido, os coeficientes de ponderação atribuídos a cada variável no sub-capítulo 5.4 não são definitivos e representavam uma primeira aproximação ao método factorial, permitindo por exemplo a determinação de uma vida útil de referência. Desta forma, neste sub-capítulo, seguindo a metodologia aplicada por Gaspar (2009), Emídio (2012) e Galbusera (2012), são estudados diferentes cenários com o objectivo de quantificar novos valores de ponderação para maximizar a validade dos valores de vida útil estimados, no âmbito do cálculo da durabilidade dos revestimentos de pintura. Para tal, propõe-se fazer uma comparação entre os resultados obtidos com a aplicação do método factorial (MF) com os valores de referência, correspondentes aos resultados do levantamento – método gráfico (MG). Refira-se que se mantiveram os mesmos critérios adoptados por outros investigadores por uma questão de comparabilidade com os resultados dos mesmos e os resultados obtidos no presente trabalho.

5.6.1. Critérios de aceitação

Antes da realização das iterações, tal como os autores mencionados no parágrafo anterior fizeram, foram definidos os seguintes critérios de aceitação:

- a média das razões entre os resultados do método factorial (MF) e do método gráfico (MG) não deverá ter uma variação superior a 5% em relação a 1 ($MF / MG \leq 1.05$);
- a amplitude dos resultados obtidos através do método factorial tem de ser menor ou igual à amplitude dos resultados obtidos através do método gráfico ($MF_{\text{máx}} - MF_{\text{mín}} \leq MG_{\text{máx}} - MG_{\text{mín}}$);
- os resultados obtidos pelo método factorial devem ser credíveis. Desta forma, definiu-se que estes resultados têm de ser superiores a 25% da vida útil de referência e inferiores ao dobro da mesma ($2,75 \text{ anos} \leq MF \leq 22 \text{ anos}$);
- a frequência acumulada da relação MF / MG maior ou igual a 0,85 deverá ser no mínimo em 50% da amostra e a frequência acumulada da relação MF / MG maior ou igual a 1,50 deverá ser no máximo em 10% da amostra;
- só se finaliza as iterações quando se atingir o número máximo de casos contidos no intervalo de 0,85 e 1,15 para a razão entre os resultados do método factorial e do método gráfico ($0,85 \leq MF/MG \leq 1,15$).

5.6.2. Cenários

São apresentados em seguida os seis cenários estudados.

Cenário 1 - Este cenário tem em conta os valores de vida útil prevista obtidos a partir dos modelos gráficos apresentados no sub-capítulo 5.3. Calculou-se a diferença entre os valores médios de vida útil prevista para cada variável e a média da vida útil estimada pelo método de conversão às ordenadas (11,5 anos) e considerou-se que, por cada ano de diferença, o valor de ponderação (k) aumenta ou diminui o resultado do produto entre essa diferença e 0,05. Os valores obtidos estão presentes na Tabela 5.10.

Cenário 2 - O método aplicado neste cenário é igual ao do cenário anterior mas foram tidos em conta os valores de vida útil prevista obtidos a partir das curvas de degradação apresentados no sub-capítulo 4.5. Calculou-se a diferença entre os valores médios de vida útil prevista para cada variável e a média da vida útil estimada a partir das curvas de degradação (10,8 anos). Os valores obtidos estão presentes na Tabela 5.11.

Cenário 3 - Nesta simulação, foi atribuído o valor 1 para todos os coeficientes de ponderação com o objectivo de estudar um modelo de referência.

Cenário 4 - Neste cenário, foram atribuídos valores de ponderação propostos na norma ISO 15686-1 (2000), tendo sido atribuído o valor 1,2 às variáveis consideradas favoráveis, o valor 1 às variáveis relativas a situações correntes e o valor 0,8 às variáveis consideradas desfavoráveis. Os valores estão presentes na Tabela 5.12.

Cenário 5 - Neste cenário, foi atribuído o valor 1,1 às variáveis consideradas favoráveis, o valor 1 às variáveis relativas a situações correntes e o valor 0,9 às variáveis consideradas desfavoráveis. O objectivo é estudar a sensibilidade do modelo para pequenas variações da quantificação dos factores. Os valores estão presentes na Tabela 5.13.

Cenário 6 - Esta simulação consiste em encontrar os valores dos coeficientes de ponderação para cada variável, tendo sempre em conta o seu significado físico, de forma a se obter os melhores resultados possíveis relativamente aos indicadores estatísticos referidos na secção 5.6.1. Os valores finais de k foram obtidos a partir da funcionalidade *Solver* do Microsoft Excel. Refira-se que a diferença mínima não nula entre os valores de k é 0,050. Os valores estão presentes na Tabela 5.14.

Tabela 5.10 - Valores obtidos no cenário 1

		VUP (M,G)	Diferença de idades	Valores de k	Valores finais
A - Características do material					
A1 - Produto de pintura	k1 - Texturadas	11,9	0,422	1,02	1,02
	k2 - Membrana elástica	11,2	-0,273	0,99	0,99
	k3 - Lisas	11,7	0,174	1,01	1,01
A2 - Cor	k1 - Branco	11,6	0,101	1,01	1,01
	k2 - Cores claras	11,6	0,049	1,00	1,00
	k3 - Cores escuras	11,2	-0,271	0,99	0,99
B - Características do projecto					
B1 - Textura	k1 - Rugoso	11,9	0,369	1,02	1,02
	k2 - Liso	11,1	-0,460	0,98	0,98
C - Características de execução					
C1 - Nível de execução	k1 - Adequado	11,5	0,000	1,00	1,00
	k2 - Inadequado	5,3	-6,226	0,69	0,69
C2 - Substrato	k1 - Reboco	11,72	0,202	1,01	1,01
	k2 - Pintura antiga	11,32	-0,197	0,99	0,99
E - Características do ambiente exterior					
E1 - Distância à faixa costeira	k1 - < 1 km	11,57	0,053	1,00	1,00
	k2 - Entre 1 e 5 km	11,94	0,419	1,02	1,02
	k3 - > 5 km	11,26	-0,254	0,99	0,99
E2 - Exposição à humidade	k1 - Corrente	12,01	0,494	1,02	1,02
	k2 - Desfavorável	11,92	0,408	1,02	1,02
E3 - Acção vento / chuva	k1 - Severa	10,99	-0,527	0,97	0,97
	k2 - Moderada	12,00	0,488	1,02	1,02
	k3 - Suave	11,35	-0,170	0,99	0,99
E4 - Orientação solar	k1 - N	12,45	0,933	1,05	1,05
	k2 - S	10,83	-0,685	0,97	0,97
	k3 - E	11,94	0,422	1,02	1,02
	k4 - O	12,53	1,011	1,05	1,05
E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1 - Corrente	11,85	0,335	1,02	1,02
	k2 - Desfavorável	10,72	-0,794	0,96	0,96
G - Nível de manutenção					
G1 - Manutenção	k1 - Sim	11,91	0,392	1,02	1,02
	k2 - Não	11,43	-0,090	1,00	1,00
G2 - Facilidade de inspecção	k1 - Sim	12,10	0,582	1,03	1,03
	k2 - Não	11,08	-0,438	0,98	0,98

Tabela 5.11 - Valores obtidos no cenário 2

		VUP (M,G)	Diferença de idades	Valores de k	Valores finais
A - Características do material					
A1 - Produto de pintura	k1 - Texturadas	11,7	0,884	1,04	1,04
	k2 - Membrana elástica	10,9	0,094	1,00	1,00
	k3 - Lisas	10,3	-0,501	0,97	0,97
A2 - Cor	k1 - Branco	11,2	0,416	1,02	1,02
	k2 - Cores claras	10,8	-0,041	1,00	1,00
	k3 - Cores escuras	10,1	-0,664	0,97	0,97
B - Características do projecto					
B1 - Textura	k1 - Rugoso	11,6	0,809	1,04	1,04
	k2 - Liso	10,1	-0,738	0,96	0,96
C - Características de execução					
C1 - Nível de execução	k1 - Adequado	10,8	0,000	1,00	1,00
	k2 - Inadequado	6,0	-4,802	0,76	0,76
C2 - Substrato	k1 - Reboco	11,36	0,555	1,03	1,03
	k2 - Pintura antiga	12,80	1,996	1,10	1,10
E - Características do ambiente exterior					
E1 - Distância à faixa costeira	k1 - < 1 km	10,40	-0,406	0,98	0,98
	k2 - Entre 1 e 5 km	11,16	0,351	1,02	1,02
	k3 - > 5 km	10,62	-0,189	0,99	0,99
E2 - Exposição à humidade	k1 - Corrente	11,21	0,399	1,02	1,02
	k2 - Desfavorável	10,37	-0,441	0,98	0,98
E3 - Acção vento / chuva	k1 - Severa	10,62	-0,188	0,99	0,99
	k2 - Moderada	11,53	0,718	1,04	1,04
	k3 - Suave	10,19	-0,619	0,97	0,97
E4 - Orientação solar	k1 - N	10,83	0,023	1,00	1,00
	k2 - S	10,99	0,181	1,01	1,01
	k3 - E	10,73	-0,073	1,00	1,00
	k4 - O	10,34	-0,466	0,98	0,98
E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1 - Corrente	10,81	-0,001	1,00	1,00
	k2 - Desfavorável	10,44	-0,370	0,98	0,98
G - Nível de manutenção					
G1 - Manutenção	k1 - Sim	13,58	2,774	1,14	1,14
	k2 - Não	10,62	-0,189	0,99	0,99
G2 - Facilidade de inspecção	k1 - Sim	11,61	0,797	1,04	1,04
	k2 - Não	10,28	-0,528	0,97	0,97

Tabela 5.12 - Valores obtidos no cenário 4

		Valores finais
A - Características do material		
A1 - Produto de pintura	k1 - Texturadas	1,20
	k2 - Membrana elástica	1,00
	k3 - Lisas	1,00
A2 - Cor	k1 - Branco	1,00
	k2 - Cores claras	1,00
	k3 - Cores escuras	1,00
B - Características do projecto		
B1 - Textura	k1 - Rugoso	1,00
	k2 - Liso	1,00
C - Características de execução		
C1 - Nível de execução	k1 - Adequado	1,20
	k2 - Inadequado	0,80
C2 - Substrato	k1 - Reboco	1,00
	k2 - Pintura antiga	1,00
E - Características do ambiente exterior		
E1 - Distância à faixa costeira	k1 - < 1 km	0,80
	k2 - Entre 1 e 5 km	1,00
	k3 - > 5 km	1,20
E2 - Exposição à humidade	k1 - Corrente	1,00
	k2 - Desfavorável	0,80
E3 - Acção vento / chuva	k1 - Severa	0,80
	k2 - Moderada	1,00
	k3 - Suave	1,20
E4 - Orientação solar	k1 - N	1,20
	k2 - S	0,80
	k3 - E	1,00
	k4 - O	1,00
E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1 - Corrente	1,00
	k2 - Desfavorável	0,80
G - Nível de manutenção		
G1 - Manutenção	k1 - Sim	1,20
	k2 - Não	0,80
G2 - Facilidade de inspecção	k1 - Sim	1,20
	k2 - Não	0,80

Tabela 5.13 - Valores obtidos no cenário 5

		Valores finais
A - Características do material		
A1 - Produto de pintura	k1 - Texturadas	1,10
	k2 - Membrana elástica	1,00
	k3 - Lisas	1,00
A2 - Cor	k1 - Branco	1,00
	k2 - Cores claras	1,00
	k3 - Cores escuras	1,00
B - Características do projecto		
B1 - Substrato	k1 - Reboco	1,00
	k2 - Pintura antiga	1,00
C - Características de execução		
C1 - Nível de execução	k1 - Adequado	1,10
	k2 - Inadequado	0,90
C2 - Textura	k1 - Rugoso	1,00
	k2 - Liso	1,00
E - Características do ambiente exterior		
E1 - Distância à faixa costeira	k1 - < 1 km	0,90
	k2 - Entre 1 e 5 km	1,00
	k3 - > 5 km	1,10
E2 - Exposição à humidade	k1 - Corrente	1,00
	k2 - Desfavorável	0,90
E3 - Acção vento / chuva	k1 - Severa	0,90
	k2 - Moderada	1,00
	k3 - Suave	1,10
E4 - Orientação solar	k1 - N	1,10
	k2 - S	0,90
	k3 - E	1,00
	k4 - O	1,00
E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1 - Corrente	1,00
	k2 - Desfavorável	0,90
G - Nível de manutenção		
G1 - Manutenção	k1 - Sim	1,10
	k2 - Não	0,90
G2 - Facilidade de inspecção	k1 - Sim	1,10
	k2 - Não	0,90

Tabela 5.14 - Valores obtidos no cenário 6

		Valores finais
A - Características do material		
A1 - Produto de pintura	k1 - Texturadas	1,15
	k2 - Membrana elástica	1,10
	k3 - Lisas	0,95
A2 - Cor	k1 - Branco	1,00
	k2 - Cores claras	1,00
	k3 - Cores escuras	1,00
B - Características do projecto		
B1 - Textura	k1 - Rugoso	1,05
	k2 - Liso	1,00
C - Características de execução		
C1 - Nível de execução	k1 - Adequado	1,00
	k2 - Inadequado	0,85
C2 - Substrato	k1 - Reboco	1,00
	k2 - Pintura antiga	1,00
E - Características do ambiente exterior		
E1 - Distância à faixa costeira	k1 - < 1 km	0,95
	k2 - Entre 1 e 5 km	1,10
	k3 - > 5 km	1,10
E2 - Exposição à humidade	k1 - Corrente	1,00
	k2 - Desfavorável	0,90
E3 - Acção vento / chuva	k1 - Severa	0,95
	k2 - Moderada	1,10
	k3 - Suave	1,15
E4 - Orientação solar	k1 - N	1,15
	k2 - S	0,90
	k3 - E	1,00
	k4 - O	1,00
E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1 - Corrente	1,00
	k2 - Desfavorável	0,80
G - Nível de manutenção		
G1 - Manutenção	k1 - Sim	1,00
	k2 - Não	0,80
G2 - Facilidade de inspecção	k1 - Sim	1,15
	k2 - Não	0,95

Cenário 7 – Neste cenário os valores de ponderação foram obtidos através da razão entre a vida útil prevista (M.G.) para cada variável de degradação e a vida útil para a globalidade da amostra (11,5 anos). Refira-se que esta simulação, tal como as simulações 1 e 2, é puramente matemática, ou seja não é tido em conta o significado físico das variáveis. Os valores estão presentes na Tabela 5.15.

Tabela 5.15 - Valores obtidos no cenário 7

		Valores finais
A - Características do material		
A1 - Produto de pintura	k1 - Texturadas	1,037
	k2 - Membrana elástica	0,976
	k3 - Lisas	1,015
A2 - Cor	k1 - Branco	1,009
	k2 - Cores claras	1,004
	k3 - Cores escuras	0,976
B - Características do projecto		
B1 - Textura	k1 - Rugoso	1,032
	k2 - Liso	0,960
C - Características de execução		
C1 - Nível de execução	k1 - Adequado	1,000
	k2 - Inadequado	0,459
C2 - Substrato	k1 - Reboco	1,018
	k2 - Pintura antiga	0,983
E - Características do ambiente exterior		
E1 - Distância à faixa costeira	k1 - < 1 km	1,005
	k2 - Entre 1 e 5 km	1,036
	k3 - > 5 km	0,978
E2 - Exposição à humidade	k1 - Corrente	1,043
	k2 - Desfavorável	1,035
E3 - Acção vento / chuva	k1 - Severa	0,954
	k2 - Moderada	1,042
	k3 - Suave	0,985
E4 - Orientação solar	k1 - N	1,081
	k2 - S	0,940
	k3 - E	1,037
	k4 - O	1,088
E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1 - Corrente	1,029
	k2 - Desfavorável	0,931
G - Nível de manutenção		
G1 - Manutenção	k1 - Sim	1,034
	k2 - Não	0,992
G2 - Facilidade de inspecção	k1 - Sim	1,050
	k2 - Não	0,962

5.6.3. Discussão de resultados globais

A Tabela 5.16 apresenta os indicadores estatísticos calculados para cada cenário simulado após a aplicação do método factorial.

Tabela 5.16 - Indicadores estatísticos dos cenários estudados

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7	
Média de MF / MG ($\leq 1,050$)	1,050	1,074	1,014	1,072	1,065	1,000	1,076	
Desvio padrão de MF / MG	0,260	0,289	0,268	0,372	0,296	0,266	0,261	
Amplitude de resultados (anos)	MF ($\leq \text{MG}_{\text{máx}} - \text{MG}_{\text{mín}}$)	3,00	7,12	0,00	13,06	6,64	9,36	5,40
	MG	16,10	16,10	16,10	16,10	16,10	16,10	16,10
Extremos obtidos em MF (anos)	Máximo (≤ 22 anos)	13,14	16,21	11,00	18,25	14,50	16,27	14,92
	Mínimo ($\geq 2,75$ anos)	10,13	9,09	11,00	5,19	7,86	6,91	9,51
MF / MG $\geq 0,85$ ($> 50\%$)	78,26%	77,17%	69,57%	71,74%	78,26%	80,43%	79,35%	
MF / MG $\geq 1,50$ ($< 10\%$)	5,43%	8,70%	4,35%	10,87%	8,70%	6,52%	5,43%	
$0,85 \leq \text{MF} / \text{MG} \leq 1,15$	47,83%	43,48%	40,22%	29,35%	43,48%	55,43%	46,74%	

De uma forma geral, é possível afirmar que os resultados foram satisfatórios, tendo em conta que a frequência acumulada da relação MF / MG maior ou igual a 0,85 foi superior a 69% da amostra em todos os cenários. O critério da média das razões entre os resultados do método factorial e do método gráfico não foi cumprido no cenário 2, 4 e 5.

Apesar do cenário 1 ter gerado bons resultados, é importante referir algumas observações relativamente ao mesmo:

- a diferença entre os valores médios de vida útil prevista para cada variável k foram obtidas a partir do valor 11,5 anos e não 11 anos (valor que se utilizou na aplicação do método factorial);
- não foi tido em conta o significado físico das variáveis, ou seja, em alguns casos ocorrem incoerências como revestimentos a mais de 5 km do mar e revestimentos expostos a condições suaves correspondem a uma situação desfavorável (ponderação inferior a 1) e revestimentos expostos a condições desfavoráveis de humidade correspondem a uma situação favorável (ponderação superior a 1).

No cenário 2 obtiveram-se resultados ligeiramente piores comparativamente ao primeiro cenário, uma vez que não foi cumprido o critério da média das razões entre os resultados do método factorial e do método gráfico e uma percentagem menor (43,48%) de casos em que MF / MG está entre 0,85 e 1,15. Este resultado pode ser devido ao facto de as diferenças entre os valores médios de vida útil prevista para cada variável k terem sido obtidas a partir do valor 10,8 anos e serem maiores em módulo que as do cenário 1, o que por consequência gera valores de k mais discrepantes entre variáveis e que por isso podem gerar resultados piores.

Considerando a percentagem de casos em que MF / MG está entre 0,85 e 1,15, é relevante comparar os cenários 3, 4 e 5. Tal como já foi referido, o cenário 3 foi um cenário em que se considerou que todas as variáveis tinham uma ponderação neutra, ou seja, todas afectam de igual forma os revestimentos, o que não é fisicamente coerente; no cenário 4 utilizou-se os valores de ponderação propostos na ISO 15686-1 (2000) e no cenário 5 utilizaram-se valores de ponderação menos discrepantes entre si por comparação com o cenário 4. Ao nível do indicador estatístico referido, o cenário 4 foi o que apresentou o pior resultado, ou seja, a percentagem mais baixa (29,35%), seguido do cenário 3 (40,22%) e finalmente, o cenário 5 foi o que apresentou o melhor resultado (43,48%). Desta forma, é interessante concluir que os melhores resultados não se conseguem obter considerando valores de k iguais a 1, nem considerando valores de k demasiado 'grosseiros' (iguais a 1,2 ou 0,8), ou seja, é necessário um meio-termo, que é o que se obtém com o cenário 5.

Fazendo o paralelismo com outras investigações, Emídio (2012) e Galbusera (2012) também obtiveram os melhores resultados a partir da metodologia adoptada no cenário 6, como seria esperado, uma vez que o sexto cenário constitui uma optimização dos valores de ponderação em relação à amostra. No trabalho actual, o cenário 3 é o que apresenta a segunda pior percentagem de casos em que MF / MG está entre 0,85 e 1,15; sendo que para Galbusera (2012) é o que apresenta a terceira pior percentagem e para Emídio (2012) o cenário 3 é o segundo cenário com melhores resultados; desta forma, para os revestimentos de pintura, a consideração de valores de ponderação neutra para todas as variáveis não é uma boa solução e põe em causa a aplicabilidade do método factorial, ou seja, justifica-se uma diferenciação das variáveis em termos de influência na durabilidade dos elementos em estudo, o que é justamente um dos principais objectivos da presente investigação.

O cenário 7 falhou relativamente à média de MF / MG e foi o cenário no qual se obteve a terceira maior percentagem (46,74%) de casos em que MF / MG entre 0,85 e 1,15. Este cenário apresenta valores de ponderação mais próximos de 1 e uma menor diferença entre mesmos relativamente ao cenário 6; tendo em conta que uma diferença demasiado pequena entre coeficientes de ponderação e valores muito próximos de 1 não conduzem aos melhores resultados, como foi verificado na análise realizada dos cenários 3, 4 e 5, é de esperar que o cenário 7 tenha gerado resultados piores que o cenário 6.

Como referido, os resultados do cenário 6 foram conseguidos a partir de várias iterações relativamente aos valores de k. Neste cenário, obteve-se uma média de MF / MG igual a 1, o segundo menor desvio padrão (0,266) e a maior percentagem (55,43%) de casos em que MF / MG entre 0,85 e 1,15 e os valores de ponderação atribuídos são coerentes com a realidade física, ou seja, foi a simulação na qual se obteve os melhores resultados. Na Tabela 5.18, apresenta-se a simulação do cenário 6 em dez casos e definiu-se um código de cores, tal como realizado por Emídio (2012), para facilitar a interpretação de resultados:

- verde - variações até 15% em relação à média ideal de MF / MG igual a 1;
- amarelo - variações de 16% a 30% em relação à média obtida por MF / MG;
- laranja - variações maiores que 30% (exclusive) e que correspondem a casos em que MF < MG. Tal como referido por Emídio (2012), esta situação é considerada pouco grave, uma vez que, caso fosse aplicado o método factorial para prever as acções de manutenção a realizar, constatar-se-ia que o revestimento teria um melhor desempenho do que o previsto e seria apenas necessário reformular o plano de manutenção;
- vermelho - variações maiores que 30% (exclusive) e que correspondem a casos do que MF > MG, o que corresponde a situações mais graves, uma vez que o revestimento teria pior desempenho que o esperado e as acções de manutenção não seriam executadas na altura devida, o que levaria a níveis de degradação mais elevados e possivelmente a maiores custos de reparação.

É importante referir que os valores de k definidos no cenário 6 são os que melhor se aplicam à amostra recolhida mas não devem ser assumidos como os ideais para estimar a vida útil dos revestimentos de pintura, ou seja, estes valores são indicativos relativamente ao caminho a seguir quando a amostra for representativa de uma área maior (Emídio, 2012). A Tabela 5.17 apresenta alguns indicadores estatísticos relativamente aos valores de vida útil estimada a partir do método factorial.

Tabela 5.17 – Indicadores estatísticos do cenário 6

	Cenário 6
Média (anos)	11,14
Desvio padrão	1,995
Amplitude (anos)	9,36
Máximo (anos)	16,26
Mínimo (anos)	6,90
Intervalo de confiança a 95%	11,14 +/- 0,408

Tabela 5.18 - Exemplo da aplicação do cenário 6

ID	A1	A2	B1	C1	C2	E1	E2	E3	E4	E5	G1	G2	VUR (anos)	MF (anos)	MG (anos)	MF/MG
L009	1.150	1.000	1.050	1.100	1.000	1.100	1.000	1.150	0.900	0.800	0.800	0.950	11.00	9.19	10.77	0.853
L010	1.150	1.000	1.050	1.100	1.000	1.100	1.000	1.150	1.000	0.800	0.800	0.950	11.00	10.22	10.26	0.995
L014	0.950	1.000	1.000	1.100	1.000	1.100	1.000	1.100	1.000	1.000	0.800	0.950	11.00	10.05	9.52	1.055
L015	0.950	1.000	1.000	1.100	1.000	1.100	1.000	1.100	1.000	1.000	0.800	0.950	11.00	10.05	9.74	1.031
L016	0.950	1.000	1.000	1.100	1.000	1.100	1.000	1.150	1.000	1.000	0.800	0.950	11.00	10.05	12.80	0.785
L017	0.950	1.000	1.000	1.100	1.000	1.100	1.000	1.150	0.900	1.000	0.800	0.950	11.00	9.04	9.40	0.962
L018	0.950	1.000	1.000	1.100	1.000	1.100	1.000	1.150	1.000	1.000	0.800	0.950	11.00	10.05	19.42	0.517
1	1.100	1.000	1.050	1.100	1.000	1.100	0.900	1.100	1.000	1.000	1.000	1.150	11.00	15.91	14.85	1.071
2	1.100	1.000	1.050	1.100	1.000	1.100	1.000	0.950	1.000	1.000	1.000	0.950	11.00	12.61	14.08	0.896
3	1.100	1.000	1.050	1.100	1.000	1.100	1.000	1.100	0.900	1.000	1.000	1.150	11.00	15.91	12.66	1.257

A Tabela 5.19 apresenta qual a percentagem de casos que equivale a cada uma das situações descritas acima.

Tabela 5.19 - Percentagem de casos relativa às variações em relação à média de MF / MG

Casos	
Verde	55%
Amarelo	18%
Laranja	12%
Vermelho	13%

5.6.4. Discussão de resultados parciais

Em seguida, aborda-se alguns pontos sobre os valores de k definidos no cenário 6 relativamente a alguns sub-factores do método aplicado.

Produto de pintura (A1) - analisando os valores de k associados a cada variável, conclui-se que por ordem decrescente de ponderação, as tintas texturadas são as que apresentam o melhor desempenho ($k_1=1,150$), seguidas das membranas elásticas ($k_2=1,100$) e por fim as lisas, que apresentam um desempenho desfavorável comparativamente às primeiras ($k_3=0,950$). Estes valores são coerentes com os resultados obtidos nas curvas de degradação do capítulo 4 e no modelo gráfico construído no capítulo 5.

Cor (A2) - Relativamente à cor, existem duas ideias distintas, por um lado, os revestimentos de cor escura podem ser considerados melhores em termos de desempenho porque, como absorvem mais radiação solar, são menos susceptíveis ao desenvolvimento de anomalias relacionadas com a humidade do que os revestimentos de cor clara ou brancos, mas, por outro lado, os revestimentos mais escuros podem atingir temperaturas elevadas, o que pode causar a migração de alguns constituintes que tem como consequências fissuração, pegajosidade superficial e, consequentemente, retenção de sujidade (Chai, 2011); desta forma, não é necessariamente verdade que os revestimentos escuros sejam melhores em termos de desempenho. Tendo em conta estas considerações e pelo facto de não se terem obtido resultados claros relativamente a este sub-factor, optou-se por não considerar a cor como um factor determinante na durabilidade dos revestimentos, e, como tal, atribuiu-se um valor de ponderação neutro ($k=1$) para todas as variáveis.

Textura (B1) - os revestimentos rugosos apresentaram sempre valores de vida útil superiores aos dos revestimentos lisos e apresentam um desempenho favorável comparando os valores médios de vida útil obtidos nos capítulos anteriores com a VUR (11 anos), o que justifica o valor de k_1 igual a 1,050.

Considerou-se lisos apresentaram um desempenho corrente, com valores de VUP próximos das VUR, o que justifica o valor de k_2 igual a 1.

Nível de execução (C1) - considerou-se que os revestimentos com nível de execução adequado apresentam um desempenho corrente ($k_1=1$) e que os revestimentos com nível de execução inadequado apresentam um desempenho desfavorável ($k_2=0,850$). Desta forma, considera-se que o pressuposto de os revestimentos mal executados reduzirem a durabilidade dos revestimentos é mais correcto do que a perspectiva de os revestimentos bem executados aumentarem a durabilidade, ou seja, considera-se que um nível de execução adequado corresponde a uma situação corrente.

Substrato (C2) - relativamente a este sub-factor, considera-se que não é o tipo de substrato que é determinante na durabilidade dos revestimentos de pintura, mas sim o seu estado de conservação e a sua adequabilidade ao novo revestimento. Como já foi referido, as repinturas podem ser muito bem executadas e os rebocos antigos serem estáveis comparativamente a um reboco novo, sendo que a situação contrária também é passível de acontecer. Desta forma, considerou-se um valor de ponderação neutro ($k=1$) para as variáveis k_1 e k_2 deste sub-factor.

Distância à faixa costeira (E1) - neste sub-factor os valores de k definidos para gerar os melhores resultados no cenário 6 correspondem à realidade, uma vez que o valor de ponderação para localizações a menos de 1 km da linha de costa é desfavorável ($k_1=0,950$) e um valor de ponderação favorável para localizações entre 1 e 5 km da linha de costa e para localizações a mais de 5 km da linha de costa ($k_2=k_3=1,100$). Desta forma, os resultados correspondem às expectativas para este sub-factor.

Exposição à humidade (E2) - os resultados obtidos correspondem à associação de um valor de ponderação neutro ($k_1=1$) aos revestimentos expostos a situações correntes de humidade e um valor de ponderação desfavorável ($k_2=0,9$) aos revestimentos expostos a situações desfavoráveis de humidade, ou seja, os resultados vão de encontro às expectativas.

Acção vento / chuva (E3) - neste sub-factor os valores de k definidos para gerar os melhores resultados no cenário 6 correspondem à realidade, uma vez que o valor de ponderação para revestimentos expostos a condições severas é desfavorável ($k_1=0,950$), o valor de ponderação para condições moderadas é favorável ($k_2=1,100$) e o valor de ponderação para condições suaves é ainda mais favorável ($k_3=1,150$). Desta forma, os resultados correspondem às expectativas para este sub-factor.

Orientação solar (E4) - tal como referido no sub-capítulo 5.3.1, os valores médios de vida útil obtidos nos modelos gráficos contrariam os valores calculados a partir das curvas de degradação. Tendo por base as curvas de degradação, os revestimentos orientados a Sul duram mais do que os revestimentos orientados a Norte e, segundo o modelo gráfico, verifica-se o contrário. Tal como referido no capítulo 4, Chai (2011) afirma que ambas as orientações têm vantagens e desvantagens em termos de desempenho dos revestimentos. Face a estas questões, verificou-se em 39 edifícios nos quais se analisaram duas a três orientações diferentes e registou-se as orientações que apresentavam menor severidade comparativamente com as restantes. Os valores de ponderação obtidos para o cenário 6 vão de encontro aos resultados encontrados no sub-capítulo 5.4 relativamente a este sub-factor: os revestimentos orientados a Norte têm associado um valor de ponderação favorável ($k_1=1,150$), os revestimentos orientados a Sul têm associados um valor de ponderação desfavorável ($k_2=0,900$) e os revestimentos orientados a Este e Oeste têm associados valores de ponderação neutros ($k_3=k_4=1$).

Proximidade de fontes poluentes (E5) - neste sub-factor, os valores de k definidos para gerar os melhores resultados no cenário 6 correspondem à realidade, uma vez que foi associado um valor desfavorável para os revestimentos em condições desfavoráveis ($k_2=0,800$), e um valor corrente para outra variável ($k_1=1,000$).

Manutenção (G1) - os resultados obtidos correspondem à associação de um valor de ponderação neutro ($k_1=1$) aos revestimentos em edifícios com manutenção e um valor de ponderação desfavorável ($k_2=0,900$) aos revestimentos em edifícios sem manutenção, ou seja, os resultados obtidos vão de encontro às expectativas.

Facilidade de inspecção (G2) - relativamente a este sub-factor, os resultados estão de acordo com o esperado, uma vez que os revestimentos em edifícios com facilidade de inspecção apresentaram sempre valores de vida útil superiores aos dos revestimentos em edifícios sem facilidade de inspecção e apresentam desempenhos favoráveis comparando os valores médios de vida útil obtidos nos capítulos anteriores com a VUR, o que justifica o valor de k_1 igual a 1,150. Os revestimentos em edifícios sem facilidade de inspecção demonstraram apresentar desempenhos desfavoráveis comparando os valores médios de vida útil obtidos nos capítulos anteriores com a VUR, o que justifica o valor de k_2 igual a 0,950.

5.7. Conclusão

Neste capítulo, primeiramente, foram calculados os valores de vida útil prevista através do método enunciado no sub-capítulo 5.2., o que por sua vez permitiu a construção de modelos gráficos que representam a distribuição da vida útil dos revestimentos ao longo do tempo.

A curva de degradação da Figura 4.4 e o modelo gráfico da Figura 5.4 permitiram a obtenção de dois valores de vida útil médios para a amostra que serviram como indicadores para definir a vida útil de referência a utilizar no método factorial.

Posteriormente, foi necessário realizar uma ponderação inicial dos factores de degradação com base nos valores de vida útil prevista obtidos a partir das curvas de degradação e dos modelos gráficos. Para os casos em que se obtiveram resultados inconclusivos pelos dois métodos, como a cor e a orientação solar dos revestimentos, foi necessário tomar decisões: para a cor, foi decidido não considerar a influência deste sub-factor na durabilidade dos revestimentos, e, relativamente à orientação solar, desenvolveu-se um método para aferir quais as orientações solares dos revestimentos com maior ou menor grau de severidade, permitindo desta forma relacionar a influência das diferentes orientações na durabilidade dos elementos em estudo.

Desta forma, o método factorial é aplicado a primeira vez (de forma inversa) para determinar o valor de vida útil de referência, a partir dos casos com uma variação em termos de severidade menor ou igual a 5% comparativamente com a curva média de degradação. A partir deste valor, dos valores médios obtidos a partir das curvas de degradação e dos modelos gráficos e ainda, dos valores de vida útil indicados por algumas entidades científicas e investigadores, definiu-se um valor de 11 anos para a vida útil de referência.

Posteriormente, o método factorial volta a ser aplicado a toda a amostra com o objectivo de quantificar os coeficientes de ponderação ideais. Foram definidos critérios de aceitação que definem indicadores estatísticos de forma a facilitar a comparação entre as seis iterações realizadas em que se obtiveram um conjunto de valores de ponderação (k). A sexta iteração permitiu encontrar os coeficientes de ponderação que se propõem para aplicar o método factorial aos revestimentos de pintura exterior. Tal como referido, estes valores não devem ser considerados como verdades absolutas, mas sim como valores indicativos que poderão ser aplicados ou analisados em investigações posteriores. Os valores de vida útil estimada a partir do método factorial e destes valores de ponderação são coerentes, o que revela uma boa capacidade preditiva do método.

Refira-se que no presente trabalho se aplicou o método factorial num âmbito determinístico, a partir do qual se obtém um valor absoluto para cada caso de estudo, sendo o valor da vida útil estimada média pelo método factorial igual a 11,1 anos. Esta abordagem constitui a principal limitação deste método, uma vez que não permite a percepção da evolução da degradação ao longo do tempo e não inclui variações naturais de um fenómeno complexo resultante da exposição a elementos ambientais; contudo, a sua facilidade de aplicação e elevada operacionalidade faz com que este método tenha grande praticabilidade e supere outros métodos neste sentido.

No capítulo seguinte, são descritas as conclusões mais importantes sobre a investigação desenvolvida.

6. Conclusão e desenvolvimentos futuros

6.1. Considerações finais

A presente dissertação segue a linha de investigação desenvolvida por Brito (1987), Gaspar (2002), Sousa (2008), Gaspar (2009), Silva (2009), Garrido (2010), Chai (2011), Ximenes (2012), Emídio (2012) e Galbusera (2012) no âmbito da previsão da vida útil de elementos construtivos.

Tal como referido no primeiro capítulo, conhecer *a priori* de que forma determinados factores influenciam o desempenho dos componentes de um edifício permite que, durante a fase de concepção, se tenha em conta conhecimentos que permitirão executar elementos com maior durabilidade. É assim possível aumentar a vida útil e diminuir as necessidades futuras de reparação o que conduzirá a um menor gasto de recursos após a entrada em serviço das construções. Numa perspectiva de pós-execução, aprofundar o conhecimento sobre a forma como os revestimentos interagem com o meio envolvente torna possível elaborar planos de quando e quanto será necessário investir em acções de manutenção.

Relativamente aos objectivos propostos, a partir do método factorial, foi possível calcular uma vida útil de referência e estimar a vida útil dos revestimentos de pintura inspeccionados. A escolha deste método pode ser justificada por ser um método com grande facilidade de aplicação e que conduz a resultados com um nível de fiabilidade aceitável.

Neste capítulo, são primeiramente sintetizados os principais resultados obtidos e as conclusões retiradas nas fases principais da investigação e, posteriormente, são apresentadas sugestões, melhorias ou possíveis desenvolvimentos futuros para trabalhos que poderão continuar a linha de investigação sobre a temática da previsão da vida útil.

6.2. Conclusões gerais

A presente dissertação foi desenvolvida através de quatro fases fundamentais: recolha de informação sobre o tema a desenvolver, trabalho de campo e preparação prévia para o mesmo (organização dos locais a visitar por zona e marcação de percursos e listagem de material necessário para os levantamentos), elaboração dos modelos de degradação e aplicação do método factorial.

Na primeira fase, apresentou-se a forma como tem sido investigada a temática da vida útil ao longo dos anos pela comunidade científica, expôs-se conceitos fundamentais como a vida útil, a durabilidade e a obsolescência, apresentou-se os métodos para estimar a vida útil (com destaque para o método factorial) e caracterizou-se os revestimentos de pintura ao nível dos seus constituintes, tecnologia de aplicação e requisitos funcionais. Ainda na caracterização dos revestimentos, foram analisadas e categorizadas as anomalias (Tabela 6.1) consideradas na presente investigação, bem como a descrição das suas possíveis causas. Por último, foram definidos cinco níveis de degradação consoante o grau de gravidade de cada anomalia e construídas tabelas que funcionaram como guias durante o trabalho de campo para avaliar as anomalias.

Na fase da preparação para o trabalho de campo, analisou-se a amostra de Chai (2011) relativamente a determinadas características e quantificou-se o número mínimo de novos casos que seria necessário inspeccionar para completar a amostra, chegando-se à conclusão de que seria preciso inspeccionar no mínimo 85 revestimentos. Os factores considerados para analisar a amostra de Chai (2011) correspondem, nesta fase, aos factores considerados no método factorial. Seguidamente, foi realizada a ficha de inspecção e diagnóstico onde foram registados todos os dados recolhidos em campo. Após o trabalho de campo, os casos recolhidos foram adicionados aos casos de Chai (2011). A análise da amostra total contemplou uma análise estatística para verificar se foram atendidas as necessidades encontradas.

A terceira fase da investigação desenvolvida diz respeito à construção dos modelos de degradação, seguindo a metodologia de Gaspar (2002 e 2009). Antes da construção dos modelos foram realizados cinco passos prévios: a) foi definido que um revestimento com o nível de degradação 3, atingiu o fim da vida útil ($S_w=20\%$); b) explicou-se o método aplicado para calcular o índice numérico que traduz a degradação dos revestimentos, denominado por severidade de degradação (S_w); c) definiu-se os pesos relativos entre os grupos de anomalias, adoptando-se os mesmos valores de Chai (2011); d) definiu-se a relação entre os indicadores quantitativos (valores de S_w) e os indicadores qualitativos (níveis de degradação) e e) excluiu-se 8 revestimentos executados de forma inadequada para não contaminar a amostra.

Após estes passos, foi possível traçar a curva de degradação polinomial de grau 3 que traduz a evolução da degradação dos revestimentos (Figura 6.1), sendo que a intersecção desta curva com o nível 3 de degradação resulta no valor 10,8 anos para a vida útil prevista; refira-se que este valor é próximo do valor de 9,8 anos obtido por Chai (2011), o que transmite a coerência da metodologia adoptada. Foi ainda obtido o valor da vida útil para os revestimentos excluídos e concluiu-se que os erros de projecto ou de execução podem reduzir para quase metade a vida útil de um revestimento de pintura. Seguidamente, a evolução da degradação dos revestimentos de pintura foi analisada tendo em conta factores que influenciam o desempenho dos mesmos e foram calculados os valores de vida útil prevista para cada um destes factores.

Tabela 6.1 - Anomalias dos revestimentos de pintura

Grupos de anomalias	Anomalias
Manchas	Manchas de origem biológica
	Manchas de humidade
	Alterações de cor ou brilho
	Manchas de sujidade
	Eflorescências
Fissuração	Fissuração mapeada
Perda de aderência	Empolamento
	Destacamento
Perda de coesão	Pulverulência

Além dos gráficos relativos às curvas de degradação, foram construídos novos modelos gráficos a partir dos valores de vida útil prevista calculados com base no método do factor de conversão ao valor das ordenadas, estudado por Gaspar (2002).

A partir da Figura 6.2, que traduz a distribuição da vida útil ao longo do tempo, determinou-se um novo valor de vida útil prevista: 11.5 anos. Refira-se que este valor é próximo do valor obtido a partir da curva de degradação (10,8 anos), o que prova a consistência e a fiabilidade dos resultados.

A ligeira diferença entre valores poderá ser devido aos diferentes métodos estatísticos utilizados: a) no caso do modelo gráfico, obtém-se uma curva média através de uma regressão linear, que cruza o nível mínimo de aceitação de desempenho ($S_w=20\%$) aos 10,8 anos, enquanto b) no segundo caso o valor de 11,5 anos se obtém através da média aritmética das vidas úteis previstas.

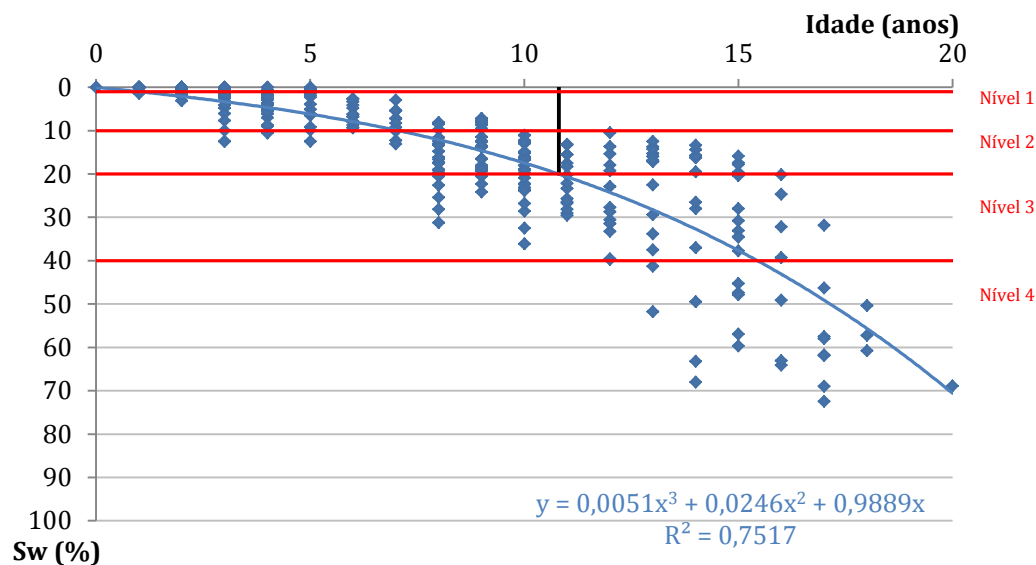


Figura 6.1 - Curva de degradação da amostra final e níveis de degradação

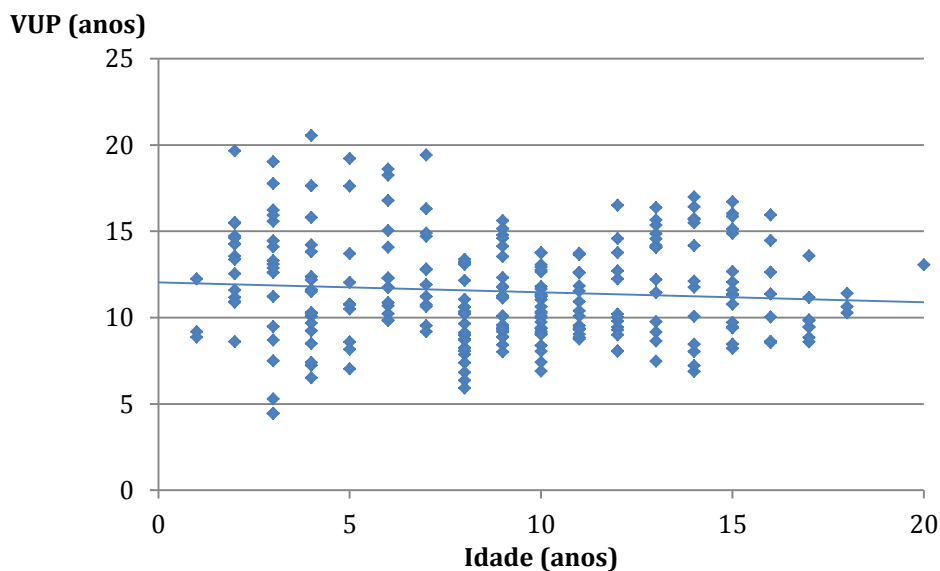


Figura 6.2 - Distribuição da vida útil dos revestimentos de pintura em função da idade destas

Os factores que levaram aos resultados mais claros foram a exposição à humidade, a proximidade de fontes poluentes, o produto de pintura, a textura, a existência de manutenção e a facilidade de inspeção. Nestes casos, os resultados obtidos a partir dos modelos gráficos foram satisfatórios e vão ao encontro dos resultados obtidos a partir das curvas de degradação, de uma forma geral. Tal como Galbusera (2012) referiu, é de concluir que os modelos desenvolvidos por Gaspar (2002 e 2009) são ferramentas eficientes para estudar a evolução da degradação de elementos construtivos. Contudo, é de referir que os sub-factores 'cor do revestimento' e 'orientação solar' foram os que apresentaram resultados contraditórios comparando os dois métodos.

A última fase da investigação consistiu na aplicação do método factorial. Esta fase pode ser dividida em duas etapas: a determinação da vida útil de referência e a realização de iterações para otimizar os coeficientes de ponderação dos sub-factores que compõem a fórmula do método factorial. Na primeira etapa, foram caracterizados os factores que se tiveram em conta para estimar a vida útil dos revestimentos de pintura (Tabela 6.2) e foram-lhes atribuídos valores de ponderação tendo em conta os resultados obtidos nas análises gráficas e verificado se estes influenciam de forma mais ou menos favorável o desempenho dos revestimentos.

Antes da definição do valor final da vida útil de referência (VUR), foi realizado um passo prévio que consistiu em aplicar o método factorial em ordem inversa segundo a equação 6.1, de forma a calcular a VUR para cada um dos revestimentos com um valor de severidade dentro de uma banda de variação menor ou igual a 5% em relação à curva média de degradação (19 casos).

$$VUE = VUR \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G \rightarrow VUR = \frac{VUE}{A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G} \rightarrow VUR = \frac{VUE}{0,8^x \cdot 1,2^y}$$

Equação 6.1

Sendo que:

VUE - vida útil estimada;

VUR - vida útil de referência;

A, B, C, D, E, F e G - factores do método;

x - número de ocorrências de 0,8;

y - número de ocorrências de 1,2.

Tabela 6.2 - Categorização das variáveis de acordo com o método factorial

A - Características do material		E - Características do ambiente exterior	
A1 - Produto de pintura	k1 - Texturadas	E1 - Distância à faixa costeira	k1 - < 1 km
	k2 - Membrana elástica		k2 - Entre 1 e 5 km
	k3 - Lisas		k3 - > 5 km
A2 - Cor	k1 - Branco	E2 - Exposição à humidade	k1 - Corrente
	k2 - Cores claras		k2 - Desfavorável
	k3 - Cores escuras	E3 - Acção vento / chuva	k1 - Severa
B - Características do projecto			k2 - Moderada
B1 - Textura	k1 - Rugoso		k3 - Suave
	k2 - Liso	E4 - Orientação solar	k1 - N
C - Características de execução			k2 - S
C1 - Nível de execução	k1 - Adequado		k3 - E
	k2 - Inadequado		k4 - O
C2 - Substrato	k1 - Reboco	E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1 - Corrente
	k2 - Pintura antiga		k2 - Desfavorável
D - Características do ambiente interior (factor excluído)		F - Condições de uso (factor excluído)	
G - Nível de manutenção			
G1 - Manutenção	k1 - Sim	G2 - Facilidade de inspecção	k1 - Sim
	k2 - Não		k2 - Não

Os valores considerados para a definição da vida útil de referência, obtidos através de diferentes metodologias, encontram-se apresentados na Tabela 6.3; verificando-se que os diferentes métodos produzem resultados bastante próximos entre si, com uma variação máxima de cerca de 1 ano. Os valores encontrados são ainda considerados aceitáveis tendo em conta os valores apontados no sub-capítulo 5.5 por diferentes entidades ou investigadores.

Tabela 6.3 - Valores para definir a VUR

Método	VUR (anos)
Curva de degradação (Figura 4.4)	10,8
Método gráfico (Figura 5.4)	11,5
Média dos valores de VUR para os 19 casos	11,6

Todos estes valores (10,8; 11,5 e 11,6 anos) são semelhantes o que vem reforçar a validade dos resultados obtidos. Desta forma, optou-se por escolher o valor de 11 anos para a vida útil de referência, que corresponde ao valor inteiro aproximado da média dos três valores obtidos.

Seguidamente, foram realizadas sete simulações para aprimorar os coeficientes de ponderação de cada variável considerada no método factorial. Antes da realização das iterações, tal como os autores mencionados no parágrafo anterior fizeram, foram definidos os seguintes critérios de aceitação:

- a média das razões entre os resultados do método factorial (MF) e do método gráfico (MG) não deverá ter uma variação superior a 5% em relação a 1 ($MF / MG \leq 1,05$);
- a amplitude dos resultados obtidos através do método factorial tem de ser menor ou igual à amplitude dos resultados obtidos através do método gráfico ($MF_{\text{máx}} - MF_{\text{mín}} \leq MG_{\text{máx}} - MG_{\text{mín}}$);
- os resultados obtidos pelo método factorial devem ser credíveis. Desta forma, definiu-se que estes resultados têm de ser superiores a 25% da vida útil de referência e inferiores ao dobro da mesma ($2,75 \text{ anos} \leq MF \leq 22 \text{ anos}$);
- a frequência acumulada da relação MF / MG maior ou igual a 0,85 deverá ser no mínimo em 50% da amostra e a frequência acumulada da relação MF / MG maior ou igual a 1,50 deverá ser no máximo em 10% da amostra;
- só se finaliza as iterações quando se atingir o número máximo de casos contidos no intervalo de 0,85 e 1,15 para a razão entre os resultados do método factorial e do método gráfico ($0,85 \leq MF/MG \leq 1,15$).

A Tabela 6.4 descreve os diferentes cenários analisados. Nesta fase, o método factorial foi aplicado sete vezes para todos os casos que constituem a amostra. Seguidamente, foram calculados indicadores estatísticos e foi realizada uma análise dos resultados obtidos (Tabela 6.5).

Tabela 6.4 - Descrição dos cenários estudados

Cenário	Descrição
Cenário 1	Tem-se em conta a média das vidas úteis previstas (VUE) apresentadas na Figura 6.2 (11,5 anos). Considerou-se que, por cada ano de diferença entre os valores médios de VUE para cada variável e 11,5 anos, o valor de ponderação (k) aumenta ou diminui o resultado do produto de 0,05 por essa diferença.
Cenário 2	Tem-se em conta a vida útil média obtida a partir da Figura 6.1 (10,8 anos). Considerou-se que por cada ano de diferença entre os valores médios de VUE para cada variável e 10,81 anos, o valor de ponderação (k) aumenta ou diminui o resultado do produto de 0,05 por essa diferença.
Cenário 3	Foi atribuído um valor de ponderação (k) igual a 1 para todas as variáveis.
Cenário 4	Foram atribuídos valores de ponderação (k) iguais a 0,8; 1 e 1,2 de acordo se as variáveis influenciam de forma menos favorável, corrente ou mais favorável (respectivamente) o desempenho dos revestimentos.
Cenário 5	Foram atribuídos valores de ponderação (k) iguais a 0,9; 1 e 1,1 de acordo se as variáveis influenciam de forma menos favorável, corrente ou mais favorável (respectivamente) o desempenho dos revestimentos.
Cenário 6	Foram obtidos valores de ponderação (k) a cada uma das variáveis de forma a se obter o melhor resultado possível.
Cenário 7	Neste cenário os valores de ponderação foram obtidos através da razão entre a vida útil prevista (M.G.) para cada variável de degradação e a vida útil para a globalidade da amostra (11,5 anos). Refira-se que esta simulação, tal como as simulações 1 e 2, é puramente matemática, ou seja não é tido em conta o significado físico das variáveis.

Tabela 6.5 - Indicadores estatísticos dos cenários estudados

		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
Média de MF / MG ($\leq 1,050$)		1,050	1,074	1,014	1,072	1,065	1,000	1,076
Desvio padrão de MF / MG		0,260	0,289	0,268	0,372	0,296	0,266	0,261
Amplitude de resultados (anos)	MF ($\leq \text{MG}_{\text{máx}} - \text{MG}_{\text{mín}}$)	3,00	7,12	0,00	13,06	6,64	9,36	5,40
	MG	16,10	16,10	16,10	16,10	16,10	16,10	16,10
Extremos obtidos em MF (anos)	Máximo (≤ 22 anos)	13,14	16,21	11,00	18,25	14,50	16,27	14,92
	Mínimo ($\geq 2,75$ anos)	10,13	9,09	11,00	5,19	7,86	6,91	9,51
MF / MG $\geq 0,85$ ($> 50\%$)		78,26%	77,17%	69,57%	71,74%	78,26%	80,43%	79,35%
MF / MG $\geq 1,50$ ($< 10\%$)		5,43%	8,70%	4,35%	10,87%	8,70%	6,52%	5,43%
$0,85 \leq \text{MF} / \text{MG} \leq 1,15$		47,83%	43,48%	40,22%	29,35%	43,48%	55,43%	46,74%

Os resultados foram satisfatórios, tendo em conta que a frequência acumulada da relação MF / MG maior ou igual a 0,85 foi superior a 69% da amostra em todos os cenários. Refira-se que o critério da média das razões entre os resultados do método factorial e do método gráfico não foi cumprido no cenário 2, 4 e 5, e, a frequência acumulada da relação MF / MG maior ou igual a 1,50 foi superior a 10% da amostra no cenário 4.

No cenário 1, obtiveram-se resultados ligeiramente melhores comparativamente ao cenário 2, uma vez que no último não foi cumprido um critério de aceitação e obteve-se uma percentagem menor de casos em que MF / MG está entre 0,85 e 1,15; o que pode ser devido ao facto de as diferenças entre os valores médios de vida útil prevista para cada variável k terem sido obtidas a partir do valor 10,8 anos e serem maiores em módulo que as do cenário 1, o que por consequência gera valores de k mais discrepantes entre variáveis e que por isso podem gerar resultados piores.

Relativamente à percentagem de casos em que MF / MG está entre 0,85 e 1,15, o cenário 4 foi o que apresentou o pior resultado, ou seja, a percentagem mais baixa (29,4%), seguido do cenário 3 (40,2%) e finalmente, o cenário 5 foi o que apresentou o melhor resultado (43,5%). Concluiu-se que os melhores resultados não se conseguem obter considerando valores de k iguais a 1, nem considerando valores de k demasiado 'grosseiros' (iguais a 1,2 ou 0,8), ou seja, é necessário um meio-termo, que é o que se obtém com o cenário 5. Emídio (2012) e Galbusera (2012) também obtiveram os melhores resultados a partir da metodologia adoptada no cenário 6, como seria esperado. No trabalho actual, o cenário 3 é o que apresenta a segunda pior percentagem de casos em que MF / MG está entre 0,85 e 1,15; sendo que para Galbusera (2012) é o que apresenta a terceira pior percentagem e para Emídio (2012) o cenário 3 é o segundo cenário com melhores resultados, mas falha um dos critérios de aceitação; conclui-se que se justifica uma diferenciação das variáveis em termos de influência na durabilidade dos revestimentos de pintura, o que é justamente um dos principais objectivos da presente investigação.

O cenário 7 falhou relativamente à média de MF / MG e foi o cenário no qual se obteve a terceira maior percentagem (46,74%) de casos em que MF / MG entre 0,85 e 1,15. Este cenário apresenta valores de ponderação mais próximos de 1 e uma menor diferença entre os mesmos relativamente ao cenário 6, o que corrobora a conclusão de que uma diferença demasiado pequena entre coeficientes de ponderação e valores muito próximos de 1 não conduz aos melhores resultados. No cenário 6, no qual foram definidos os valores de ponderação manualmente, obteve-se a maior percentagem de valores MF / MG próximos de 1 (55,4%), ou seja, é o cenário cujos resultados estão mais próximos da realidade. Na Tabela 6.6, são apresentados os valores de ponderação obtidos na sexta simulação.

Tabela 6.6 - Valores de ponderação (k) finais para o cenário 6

Sub-factores	Variáveis	Valor de k	Sub-factores	Variáveis	Valor de k
A1 - Produto de pintura	k1 - Texturadas	1,15	E2 - Exposição à humidade	k1 - Corrente	1,00
	k2 - Membrana elástica	1,10		k2 - Desfavorável	0,90
	k3 - Lisas	0,95		E3 - Acção vento / chuva	k1 - Severa
A2 - Cor	k1 - Branco	1,00	k2 - Moderada		1,10
	k2 - Cores claras	1,00	k3 - Suave		1,15
	k3 - Cores escuras	1,00	E4 - Orientação solar	k1 - N	1,15
B1 - Textura	k1 - Rugoso	1,05		k2 - S	0,90
	k2 - Liso	1,00		k3 - E	1,00
C1 - Nível de execução	k1 - Adequado	1,00		k4 - O	1,00
	k2 - Inadequado	0,85	E5 - Proximidade de fontes poluentes	k1 - Corrente	1,00
C2 - Substrato	k1 - Reboco	1,00		k2 - Desfavorável	0,80
	k2 - Pintura antiga	1,00	G1 - Manutenção	k1 - Sim	1,00
E1 - Distância à faixa costeira	k1 - < 1 km	0,95		k2 - Não	0,80
	k2 - Entre 1 e 5 km	1,10	G2 - Facilidade de inspecção	k1 - Sim	1,15
	k3 - > 5 km	1,10		k2 - Não	0,95

Durante a aplicação do método factorial no capítulo 5 da dissertação foram sentidas algumas dificuldades que correspondem às limitações apontadas por diversos investigadores (Bourke, 1999; Hovde e Moser, 2004; Nicoletta, 2005; Silva, 2009; Santos, 2010 e Chai, 2011), nomeadamente a grande sensibilidade do método face a pequenas variações dos dados e a falta de indicações concretas para se definir a vida útil de referência.

Apesar das críticas apontadas, tal como constatado por Galbusera (2012), é de referir que o método factorial provou ser um método prático e eficiente para estimar a vida útil de elementos construtivos, neste caso os revestimentos de pintura em paredes exteriores.

6.3. Desenvolvimentos futuros

O trabalho desenvolvido na presente dissertação consiste na primeira aplicação do método factorial para a previsão da vida útil de revestimentos de pintura em paredes exteriores. Os resultados obtidos foram satisfatórios; contudo, são feitas nos sub-capítulos seguintes algumas sugestões de melhoria relativamente à recolha de informação, à avaliação da degradação e ao método factorial para trabalhos futuros que continuem esta linha de investigação.

6.3.1. Recolha de informação

Sugere-se os seguintes pontos de forma a melhorar a qualidade do processo de recolha dos dados necessários para o desenvolvimento de investigações relativas à temática da vida útil:

- identificar as anomalias com recurso a técnicas complementares de diagnóstico como, por exemplo, realizar ensaios de arrancamento por tracção (*pull-off*) para avaliar a aderência dos revestimentos, medir a humidade superficial das paredes com recurso a um humidímetro, identificar a presença de sais em eflorescências com recurso a um espectómetro ou análises termográficas para facilitar a detecção de alguns defeitos relacionados com a presença de humidade;
- criar uma base de dados que permitia consultar valores de vida útil prevista e de referência para determinados materiais ou elementos de construção. Esta base de dados poderia ainda incluir informação relativamente a factores de concepção, execução e de manutenção.

Galbusera (2012) refere que foi desenvolvido um documento com este tipo de informação pelo *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* e pelo Politécnico de Milão, que necessitaria de ser desenvolvido e completado. Desta forma, seria facilitado o acesso ao conhecimento nesta temática e potenciar-se-ia o aumento da durabilidade das construções com a melhoria dos processos de concepção e execução relativamente à escolha dos materiais adequados a contextos específicos.

6.3.2. Avaliação da degradação

De forma a melhorar algumas questões relativas à análise da evolução da degradação realizada na presente dissertação, sugere-se os seguintes pontos:

- o sub-factor 'orientação solar' levou a resultados inconclusivos; pelo que, desta forma, deveria ser explorada mais profundamente a questão da influência deste sub-factor no desempenho dos revestimentos de pintura para se conseguir retirar possíveis ilações relevantes. Uma possível via de investigação seria investigar um maior número de edifícios com fachadas expostas a diferentes quadrantes e analisar as diferenças de deterioração das mesmas, o que conduziria a resultados interessantes uma vez que as restantes variáveis macro-climáticas se manteriam iguais e se poderia estudar a influência de outras variáveis como por exemplo elementos de protecção da fachada aos agentes exteriores;
- seria interessante desenvolver uma investigação que se focasse na influência de factores como as características do projecto, da execução e da manutenção na durabilidade dos revestimentos. Na presente dissertação, foram obtidos resultados relevantes relativamente a estes factores. A questão de uma execução deficiente poder reduzir até aproximadamente metade a vida útil dos revestimentos de pintura foi uma das conclusões mais importantes retiradas neste trabalho, e, tal como referido por Galbusera (2012), uma investigação focada em elementos com erros de concepção e execução poderia levar a uma melhor compreensão dos mecanismos que causam a degradação prematura dos materiais;
- a investigação desenvolvida poderia ser aplicada para outros materiais ou elementos de construção, o que levaria a um aumento do conhecimento na temática da durabilidade e da vida útil e também serviria para comparar com os resultados obtidos na presente dissertação e levar a possíveis melhorias ou desenvolvimentos;
- encontrar uma forma de incluir fenómenos discretos como a presença de *graffiti* ou acidentes na análise da durabilidade dos revestimentos em paredes exteriores. Tal como proposto por Emídio (2012), uma abordagem possível seria quantificar um novo coeficiente de ponderação tendo em conta a probabilidade de ocorrência destas situações, sendo que esta quantificação poderia ser realizada tendo em conta a localização do edifício, por exemplo.

6.3.3. Método factorial

Tendo em conta que um dos temas fulcrais desta investigação consiste na aplicação do método factorial, considerou-se apropriado abordar algumas questões em separado sobre o mesmo:

- utilizar uma abordagem diferente na determinação dos valores de ponderação e na forma como os diferentes sub-factores se correlacionam, tendo em conta que em determinadas situações os coeficientes de ponderação podem aumentar ou diminuir demasiado a vida útil de referência (VUR), tal como referido por Galbusera (2012). Esta questão foi exposta por Emídio (2012) que referiu o exemplo do factor das características do ambiente exterior (E) que se divide em cinco sub-factores (distância à faixa costeira, exposição à humidade, acção vento / chuva, orientação solar e proximidade de fontes poluentes) e que foram multiplicados entre si. Seguindo o método factorial, se todos estes sub-factores correspondessem a condições favoráveis, o valor da vida útil estimada seria igual a 27.37 anos (11·1,2·1,2·1,2·1,2). Se ainda se tiver em conta que mais sub-factores pertencentes a outros factores poderiam corresponder também a situações favoráveis, a vida útil estimada atingiria um valor irreal.

O mesmo raciocínio se aplica no caso de todos os sub-factores corresponderem a situações desfavoráveis. Emídio (2012) propôs duas abordagens diferentes sobre a questão da correlação dos sub-factores: cada factor corresponderia à soma aritmética dos sub-factores que o constituem ou determinar coeficientes de ponderação entre cada sub-factor;

- ter em conta mais sub-factores relativamente às características da construção na estimativa da vida útil dos revestimentos de pintura como por exemplo a existência de vãos, varandas, pingadeiras, canteiros ou plantas, protecção superior (beirado), protecção inferior (soco) ou a existência de tubos de queda exteriores;
- tal como proposto por Galbusera (2012), ter em conta os materiais e inseri-los como variáveis no factor das características do material (A). Os materiais utilizados na concepção das tintas que serão aplicadas influenciam o desempenho do revestimento de pintura, tal como foi referido no sub-capítulo 2.3; desta forma, seria interessante estudar a influência de constituintes como o tipo de ligante, solvente, pigmentos ou aditivos na durabilidade dos revestimentos de pintura em paredes exteriores. Contudo, tal como referido por Galbusera (2012), este tipo de informação é difícil de obter e só seria possível através de estudos laboratoriais, o que vem retirar praticabilidade à investigação, tornando-se mais complexa e dispendiosa a nível monetário e de tempo. Apesar destas considerações, incluir características específicas dos materiais utilizados na concepção dos revestimentos poderia levar a desenvolvimentos e resultados muito interessantes sobre a forma como as escolhas de concepção influenciam a durabilidade dos elementos;
- utilização de uma abordagem probabilística como fez Moser (2004) que incluiu uma abordagem probabilística no método ao utilizar diferentes distribuições estatísticas e atribuir valores individuais de mínimo, mais provável e máximo para cada factor.

Referências bibliográficas

A

Aarseth, L.; Hovde, P. (1999). *A stochastic approach to the factor method for estimating service life*. 8th DBMC International Conference on Durability of Buildings Materials and Components, Vancouver, Canada.

Aikivuori (1999). *Critical loss of performance: what fails before durability*. Durability of Building Materials & Components 8. Vancouver, Canada.

Almeida, S., Souza, L. (2007). *Tintas imobiliárias acrílicas em obras de interesse histórico*, Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação, 1(6), Aerpa Editora, São Paulo, Brasil, pp. 347-348.

Amaro, M. (2008). *Estudo comparativo de tintas para fachadas*, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 53 p.

ASTM D4258-05 (1999). *Standard practice for surface cleaning concrete for coating*, American Society for Testing Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, USA, 2 p.

Atkinson, B. & Snape, P. (1999). *Mapping rainfall distribution characteristics on facades using surface deposit geometry*, 8DBMC, Vancouver, Canada, pp. 943-955.

B

Barbot (2005). *Curso avançado de tintas*, Lisboa, Portugal, 189 p.

Barros, R.C. (2001), *Curso avançado de técnicas de tintas*, Instituto de Soldadura e Qualidade, Lisboa, Portugal, 60 p.

Baumstark, R. (2005), *New possibilities and trends of water-based exterior paints*, Encontro III Jornadas Pintumed: Mudanças no mercado das tintas. Reparação e renovação de edifícios, Associação Portuguesa dos Técnicos de Tintas, Lisboa, Portugal, 40 p.

Bone, S., Heard, H. & Horsfall, D. (1989). *Defects in buildings*, Dept. of Environment, PSA Directorate of Building Development, HMSO, London, 505 p.

Bourke, K., Davis H. (1997). *Factors affecting service life Predictions of Buildings*, BRE, 320 p.

Branco, F. (2006). *Concepção dos edifícios com durabilidade*. Apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Breitbach, A. (2009). *Avaliação da influência das cores sobre a biodeterioração da pintura externa*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

Brito, J. de (2001). *Vida útil das construções e sua previsão*. Apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Brito, V. (2009). *Influência dos revestimentos por pintura na secagem do suporte*, Dissertação de Mestrado em Reabilitação de Edifícios, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 119 p.

BSI 7543 (1992). *Guide to durability of buildings and building elements*, British Standards Institution. London, United Kingdom.

C

Cecconi, F. (2002). *Performance lead the way to service life prediction*. 9th DBMC International Conference on durability of buildings materials and components, Brisbane, Australia, paper 213.

Cecconi; F., Iacono, P. (2005). *Enhancing the Factor Method: suggestions to avoid subjectivity*. 10th DBMC International Conference on durability of building materials and components, Lyon, France.

Chai, C. (2011). *Previsão da vida útil de revestimentos de superfícies pintadas em paredes exteriores*, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Cunha, A. (2009), *Tintas para rebocos de cimento fissurados em fachadas exteriores*, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 102 p.

D

Daniotti, B., Spangolo, S. (2008). *Service life prediction tools for buildings' design and management*. 11th International Conference on Durability of Building Materials and Components, Istanbul, Turkey.

Duling, J. (2006). *Towards the Development of Transition Probability Matrices in the Markovian Model for the Predicted Service Life of Buildings*, PhD thesis in Civil Engineering, Department of Civil and Biosystems Engineering, University of Pretoria, South Africa.

E

Emídio, F. (2012). *Aplicação do Método Factorial à previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural*, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Eusébio, M.I. (1985a), *Tintas. Características dos constituintes e da película seca*, ITMC 3, LNEC, Lisboa, Portugal, 106 p.

Eusébio, M.I., Rodrigues, M.P. (1990), *Tintas, vernizes e revestimentos por pintura para a construção civil*, CS 14, LNEC, Lisboa, Portugal, 120 p.

F

Fiúza, M. (2009). *Estudo da eficiência de revestimentos fotocatalíticos na decomposição dos NOx e suas propriedades auto-limpantes*, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 82 p.

Flores, I. (2002). *Estratégias de manutenção: elementos da envolvente de edifícios correntes*, Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Flores, I., Brito, J. de (2003b). *Anomalias em fachadas de edifícios correntes*, PATORREB 2003 - 1^o Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, FEUP, Porto, Portugal, pp. 499-508.

Frohnsdorff, G. J. C. (1996). *Materials for the New Millennium*, Materials Engineering Conference, 4th. Volume 1. American Society of Civil Engineers (ASCE), Washington, DC, American Society of Civil Engineers, New York, NY, Chong, K. P., Editor(s), pp 38-53.

G

Galbusera, M. (2012). *Application of the factor method to the prediction of the service life of ceramic external wall claddings*, Dissertation, Corso di Laurea in Ingegneria dei Sistemi Edilizi, Facoltà di Ingegneria Edile/Architettura, Politecnico di Milano.

Garrido, M. (2010), *Previsão da vida útil de pinturas de fachadas de edifícios antigos. Metodologia baseada na inspeção de edifícios em serviço*, Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Gaspar, P. (2002). *Metodologia de cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*, Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 203 p.

Gaspar, P. (2009), *Vida útil das construções: desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção. Aplicação a rebocos de edifícios correntes*, Tese de Doutoramento em Ciências da Engenharia, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Gaspar, P., Brito, J. (2005). *Assessment of the overall degradation level of an element based on field data*. 10th DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Lyon, France.

H

Henriques, F. (1992). *Acção de humidade em paredes*, Dissertação para a Obtenção do Grau de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Henriques, F. (2001). *Humidade em paredes*, 3^a Edição, LNEC, Coleção Edifícios, Lisboa, 168 p.

Hovde, P. (2002). *The factor method for service life prediction from theoretical evaluation to practical implementation*. 9th DBMC International Conference on Durability of Buildings Materials and Components, Brisbane, Australia, paper 232.

Hovde, P. (2004). *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, Norway.

I

INE - Instituto Nacional de Estatística (2011), *Estatísticas nacionais - Censos 2011*.

ISO / DIS 15686-1 (2000), *Buildings - Service life planning - Part 1: general principles*, Switzerland, International Organization for Standardization.

J, K, L

Lopes, C. (2008). *Anomalias da cor em revestimentos por pintura em paredes exteriores*, Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 207 p.

M

Magalhães, A.C. (2002). *Patologia de rebocos antigos*, Cadernos de Edifícios n.º 2, LNEC, Lisboa, Portugal, pp. 69-85.

Martin, J. (1994). *Methodologies for prediction the service lives of coating systems*, Nist Building Science Series 172, Gaithersburg, USA, 72 p.

Masters, L. W., Brandt, E. (1987), *Prediction of service life of building materials and components*, RILEM Technical Committee, CIB W80/RILEM 71-PSL Final Report, Materials and Structures, Vol. 20, pp. 55-77.

Moreira, P. (2006), *Contribuição dos revestimentos poliméricos para a durabilidade de betões em ambientes agressivos*, Dissertação de Mestrado em Construção, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Minho, Portugal, 216 p.

Moser, K. (1999). *Towards the practical evaluation of service life. Illustrative application of the probabilistic approach*. 8th DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Vancouver, Canadá.

Moser, K. (2004). *Engineering design 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, Norway.

Moura, A.R. (2008). *Características e estado de conservação de pinturas em fachadas - Caso da Alta de Coimbra*, Dissertação de Mestrado em Construção, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 79 p.

N

Nero, J.G. (2001a). *Os rebocos*, in *Arquitectura e Vida*, 20, Lisboa, Outubro, pp. 112-117.

Nireki, T. (1996). *Service life design. Construction and Building Materials*, 10(5), 403-406.

Nogueira, J.L. (2009). *Noções básicas de tintas e vernizes*, Vol. I, Associação Rede de Competências em Polímeros, Porto, Portugal, 269 p.

NP EN ISO 4628-2 (2005). *Tintas e vernizes. Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspecto. Parte 2: Avaliação do grau de empolamento*, Instituto Português das Qualidade, Lisboa, Portugal, 16 p.

NP EN ISO 4628-4 (2005). *Tintas e vernizes. Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspecto. Parte 4: Avaliação do grau de fissuração*, Instituto Português das Qualidade, Lisboa, Portugal, 20 p.

O, P

Paiva, J., Aguiar, J., Pinho, A. (2006). *Guia técnico da reabilitação habitacional*, Vol. II, LNEC, Lisboa, Portugal, pp. 512-572.

Paulo, P., Branco, F., Brito, J. de (2010). *Caracterização do estado de degradação de edifícios em Lisboa*. Encontro nacional de conservação e reabilitação de estruturas, Lisboa.

Pires, R. (2011). *Sistema de inspeção, diagnóstico e reabilitação de revestimentos por pintura em fachadas rebocadas*, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Q, R

Ribeiro, A., Eusébio, M.I. (2002). *Tintas inorgânicas: tintas de cal e de silicatos*, Cadernos de Edifícios n.º 2, LNEC, Lisboa, Portugal, pp. 117-137.

Robbialac (1958). *Manual de pintura*, Vol. I, Serviços Técnicos da Robbialac Portuguesa, Lisboa, Portugal, 224 p.

Rodrigues, M.P., Eusébio, M.I., Ribeiro, A. (2005). *Revestimentos por pintura. Defeitos, causas e reparação*, ITPRC 5, LNEC, Lisboa, Portugal, 48 p.

Rudbeck, C. (1999). *Assessing the service life of building envelope constructions*. 8th DBMC, Conference on Durability of Building Materials and Components, Vancouver, Canada, pp. 1051-1061.

Rudbeck, C. (2002). *Service life of building envelope components: making it operational in economical assessment*, *Construction and Buildings Materials*, 16(2), 2002, pp. 83-89.

S

- Sarja, A., Vesikari, E. (1996). *Durability design of concrete structures*. RILEM Report 14, E & FN Spon, London, UK.
- Schwartz, M., Baumstark, R. (2001). *Waterbased acrylates for decorative coatings*, European Coatings Literature, Hannover, Alemanha, 284 p.
- Shohet, I., Rosenfeld, Y., Puterman, M., Gilboa, E. (1999). *Deterioration patterns for maintenance management - a methodological approach*. 8th DBMC, Conference on Durability of Building Materials and Components, Vancouver, Canada.
- Silva, A. (2009). *Previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes*, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Sousa, R. (2008). *Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachada*, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Hovde, P. (1999). Use of service life data in LCA of building materials. 8th DBMC International Conference on Durability of Buildings Materials and Components, Vancouver, Canada, pp. 1247-1256.

T

- Tavares, M. (2002), *Revestimentos por pintura para edifícios antigos: um estudo experimental sobre as caiações e as tintas de silicatos*, Cadernos de Edifícios n.º 2, LNEC, Lisboa, Portugal, pp. 139-151.
- Teo, E., Chew, M., Harikrishna, N. (2005), *An assessment of factors affecting the service life of external paint finish on plastered facades*, 10th International Conference on Durability of Buildings Materials and Components (DBMC), Lyon, France, pp. 570-582.
- Thoft-Schristensen (1997). *Estimation of the service life time of concrete bridges*, Structures Congress XV: Building to Last, ISBN.
- Torres, M.I.M., Freitas, V.P. (2007). Treatment of rising damp in historical buildings: wall base ventilation, *Building & Environment*, 42(1), pp. 424-435.

U

- US Army Corps of Engineers, ENGINEER MANUAL (1995). *Painting: New Construction and Maintenance*, EM 1110-2-3400, Washington DC: Department of the Army.

V

- Veiga, M.R. (2006). *Intervenções em revestimentos antigos: conservar, substituir ou destruir*, PATORREB 2006 - 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, FEUP, Porto, Portugal, pp. 29-41.
- Veiga, M.R., Tavares, M. (2002). *Características de paredes antigas. Requisitos dos revestimentos por pintura*, Encontro "A indústria das tintas no início do século XXI", APTETI, Lisboa, Portugal, 16 p.
- Vilhena, A., Pedro, J., Paiva, J. (2009). Método de avaliação das necessidades de reabilitação. Actas do PATORREB 2009 - 3.º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. Porto, FEUP, 2009. Vol. 2, pp. 513-518 (6).

W

- Watt, D. (1999). *Building pathology: Principles and practice*. Blackwell Science, Oxford, 277 p.

X

Ximenes, S. (2012). *Previsão da vida útil de ETICS em paredes exteriores*, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Y

Z

Anexos

Anexo 1 - Ficha de inspecção e diagnóstico de um caso de estudo

Levantamento n.º: 1

Data de inspecção: 22-09-2014

Características gerais

Endereço: Rua João Dias 4
 Localização: Lisboa
 Nº de pisos elevados: 3



Função predominante:

Tipo de urbanização:

Configuração volumétrica:

Vãos:

Varandas:

Soco/protecção inferior:*

Beirado/protecção superior:

Tubos de queda exteriores:

Pingadeiras:

Canteiros/plantas:

Tipo de cobertura:

Factores ambientais

Acção vento/chuva:

Habitação	<input checked="" type="checkbox"/>
Corrente	<input checked="" type="checkbox"/>
Compacta	<input checked="" type="checkbox"/>
Sim	<input checked="" type="checkbox"/>
Sim	<input type="checkbox"/>
Sim	<input type="checkbox"/>
Sim	<input type="checkbox"/>
Sim	<input type="checkbox"/>
Sim	<input type="checkbox"/>
Inclinada	<input type="checkbox"/>

Serviços	<input type="checkbox"/>
Densa	<input type="checkbox"/>
Irregular	<input type="checkbox"/>
Não	<input type="checkbox"/>
Não	<input checked="" type="checkbox"/>
Não	<input type="checkbox"/>
Não	<input checked="" type="checkbox"/>
Não	<input checked="" type="checkbox"/>
Não	<input checked="" type="checkbox"/>
Terraço	<input checked="" type="checkbox"/>

*não se aplica

Mista

Suave

Moderada

Severa

Proximidade do mar:

< 1 km

1 km - 5 km

X

> 5 km

Proximidade do rio:

< 1 km

X

1 km - 5 km

> 5 km

Proximidade fontes poluentes:

Corrente

X

Desfavorável

Humidade:

Corrente

Desfavorável

X

Revestimento de pintura

Idade da pintura:

13

Tipo de produto:

Membrana
elástica

Cor predominante:

Amarelo

Substrato:

Reboco

Pintura antiga

X

Textura:

Liso

Rugoso

X

Brilho:

Acetinado

X

Semi-mate

Orientação:

Norte

Sul

Este

X

Mate

Oeste

Graffiti:

Sim

Não

X

Anomalias

	Nível de degradação				Localização no paramento						Causas/Obs.
	1	2	3	4	a	b	c	d	e	f	
Manchas											
Manchas de origem biológica											
Manchas de humidade											
Alteração de cor ou brilho	45,23%				x						
Sujidade	45,23%	40%	14,77%		x	x	x	x		x	
Eflorescências											
Fissuração											
Fissuração mapeada											
Perda de aderência											
Empolamento											
Destacamento											
Perda de coesão											
Pulverulência											

Legenda:

Nível de degradação	
1	Baixo
2	Moderado
3	Elevado
4	Muito elevado

Localização no paramento	
a	Zona corrente
b	Junto a aberturas ou vãos
c	Esquinas ou cantos
d	Zona saliente ou reentrante
e	Junto ao solo
f	Platibandas / junto à cobertura

Anexo 2 - Caracterização da amostra

Dados gerais									
ID	Endereço	Localização	Idade (anos)	Área (m ²)	Tipo de urbanização	Função predominante	Número de pisos elevados	Configuração volumétrica	Data de inspeção
L001	Rua Rossio de Palma 1	Lisboa	9	26,30	Densa	Habitação	2	Compacta	08-09-2010
L002	Rua Direita de Palma 10	Lisboa	13	29,00	Densa	Habitação	3	Compacta	08-09-2010
L003	Rua Nova de Palma 1	Lisboa	11	23,40	Densa	Habitação	1	Compacta	08-09-2010
L004	Rua Nova de Palma 2	Lisboa	17	19,00	Densa	Habitação	1	Compacta	09-09-2010
L005	Rua Nova de Palma 4	Lisboa	16	7,00	Densa	Habitação	1	Compacta	09-09-2010
L006	Rua Nova de Palma 5	Lisboa	12	18,00	Densa	Habitação	2	Compacta	09-09-2010
L007	Rua Nova de Palma 6 7	Lisboa	11	36,20	Densa	Habitação	2	Compacta	09-09-2010
L008	Rua de Campolide 191	Lisboa	18	18,80	Densa	Habitação	2	Compacta	26-08-2010
L009	Rua de Campolide 211	Lisboa	15	106,70	Densa	Habitação	4	Compacta	26-08-2010
L010	Rua de Campolide 268	Lisboa	18	154,70	Densa	Habitação	4	Compacta	26-08-2010
L011	Avenida Álvares Cabral 84	Lisboa	1	312,50	Densa	Habitação	5	Compacta	26-08-2010
L012	Rua de São Bernardo 38	Lisboa	0	144,00	Densa	Habitação	5	Compacta	27-09-2010
		Lisboa	0	98,60	Densa	Habitação	5	Compacta	27-09-2010
L013	Avenida 24 de Julho 65	Lisboa	3	59,90	Corrente	Serviços	2	Compacta	27-09-2010
		Lisboa	6	95,90	Corrente	Serviços	2	Compacta	27-09-2010
L014	Rua da Rosa 165	Lisboa	11	51,50	Densa	Habitação	4	Compacta	28-09-2010
L015	Rua da Rosa 255	Lisboa	13	64,10	Densa	Habitação	4	Compacta	28-09-2010
L016	Rua da Rosa 265	Lisboa	7	41,60	Densa	Habitação/comércio	4	Compacta	29-09-2010
L017	Rua da Rosa 151	Lisboa	10	34,70	Densa	Habitação	4	Compacta	29-09-2010
L018	Rua da Rosa 65	Lisboa	7	2,50	Densa	Habitação/comércio	4	Compacta	29-09-2010
L019	Rua da Rosa 25	Lisboa	9	58,20	Densa	Habitação	4	Compacta	29-09-2010
L020	Rua da Rosa 149	Lisboa	13	38,10	Densa	Habitação/comércio	4	Compacta	13-12-2010
L021	Rua da Rosa 60	Lisboa	6	24,40	Densa	Habitação	5	Compacta	13-12-2010
L022	Rua da Rosa 110	Lisboa	10	64,10	Densa	Habitação	2	Compacta	13-12-2010
L023	Travessa dos Iglésios 18	Lisboa	10	22,00	Densa	Habitação	3	Compacta	14-12-2010

L024	Rua da Rosa 150	Lisboa	7	89,60	Densa	Habitação	4	Compacta	14-12-2010
L025	Rua da Rosa 234	Lisboa	14	71,80	Densa	Habitação/comércio	3	Compacta	13-12-2010
L026	Rua da Rosa 248	Lisboa	7	41,30	Densa	Habitação/comércio	3	Compacta	14-12-2010
L027	Rua da Rosa 249	Lisboa	6	37,70	Densa	Habitação	3	Compacta	25-09-2010
L028	Rua da Rosa 33	Lisboa	10	52,00	Densa	Habitação/comércio	4	Compacta	11-10-2010
L029	Rua da Rosa 225	Lisboa	9	46,40	Densa	Habitação/comércio	3	Compacta	11-10-2010
L030	Travessa dos Fiéis de Deus 82	Lisboa	15	45,00	Densa	Habitação	3	Compacta	20-09-2010
L031	Rua da Rosa 98	Lisboa	14	70,20	Densa	Habitação/comércio	3	Compacta	20-09-2010
L032	Rua da Rosa 104	Lisboa	11	74,00	Densa	Habitação/comércio	4	Compacta	13-12-2010
L033	Rua da Rosa 118	Lisboa	10	53,50	Densa	Habitação/comércio	3	Compacta	13-12-2010
L034	Rua da Rosa 142	Lisboa	4	40,80	Densa	Habitação	4	Compacta	20-09-2010
L035	Rua da Rosa 41	Lisboa	15	33,90	Densa	Habitação/comércio	3	Compacta	25-09-2010
L036	Rua da Rosa 124	Lisboa	17	68,70	Densa	Habitação	4	Compacta	11-10-2010
L037	Rua da Rosa 73	Lisboa	6	51,40	Densa	Habitação/comércio	3	Compacta	25-09-2010
L038	Rua da Rosa 91	Lisboa	15	79,90	Densa	Habitação/comércio	4	Compacta	20-09-2010
L039	Rua da Rosa 185	Lisboa	7	103,40	Densa	Habitação/comércio	3	Compacta	23-09-2010
L040	Rua da Rosa 193	Lisboa	11	83,80	Densa	Habitação	3	Compacta	23-09-2010
L041	Rua da Rosa 201	Lisboa	10	73,60	Densa	Habitação	3	Compacta	16-09-2010
L042	Rua da Rosa 209	Lisboa	6	121,00	Densa	Serviços	4	Compacta	16-09-2010
L043	Rua da Rosa 291	Lisboa	15	62,70	Densa	Habitação	4	Compacta	20-09-2010
L044	Rua da Rosa 311	Lisboa	3	39,80	Densa	Habitação	2	Compacta	16-09-2010
L045	Rua dos Caetanos 9	Lisboa	10	95,90	Densa	Habitação	5	Compacta	20-09-2010
L046	Rua dos Caetanos 7	Lisboa	10	44,00	Densa	Habitação	5	Compacta	20-09-2010
L047	Travessa dos Fiéis de Deus 111	Lisboa	10	52,50	Densa	Habitação	5	Compacta	23-09-2010
L048	Avenida Duque de Ávila 8 .	Lisboa	8	152,00	Densa	Habitação/comércio	7	Compacta	31-10-2010
		Lisboa	8	161,00	Densa	Habitação/comércio	7	Compacta	31-10-2010
L049	Rua António Serpa 34	Lisboa	8	124,00	Densa	Habitação	10	Compacta	31-10-2010

L050	Avenida 5 de Outubro 258	Lisboa	9	68,30	Densa	Serviços	2	Compacta	31-10-2010
L051	Rua Ladislau Piçarra 2	Lisboa	16	135,90	Densa	Habitação	2	Compacta	01-11-2010
		Lisboa	16	60,10	Densa	Habitação	2	Compacta	01-11-2010
L051	Rua Ladislau Piçarra 6	Lisboa	17	59,60	Densa	Habitação	2	Compacta	01-11-2010
		Lisboa	17	59,60	Densa	Habitação	2	Compacta	01-11-2010
L053	Avenida das Forças Armadas, Colégio universitário Pio XII	Lisboa	8	13,60	Densa	Serviços	2	Compacta	01-11-2010
L054	Avenida da República 30	Lisboa	2	87,10	Densa	Habitação/comércio	9	Compacta	02-11-2010
L055	Rua Chaby Pinheiro 25	Lisboa	15	98,60	Densa	Habitação	4	Compacta	02-11-2010
L056	Rua Dom Luis de Noronha 12	Lisboa	1	58,60	Densa	Habitação/comércio	5	Compacta	02-11-2010
		Lisboa	1	27,00	Densa	Habitação	5	Compacta	02-11-2010
L057	Travessa da Pereira 1	Lisboa	15	116,20	Densa	Habitação	4	Compacta	06-01-2011
L058	Rua do jardim do Tababo 104	Lisboa	15	72,40	Densa	Habitação/comércio	5	Compacta	06-01-2011
L059	Calçada das Lages 21	Lisboa	10	550,00	Densa	Habitação	12	Irregular	06-01-2011
L060	Rua Violante do Céu 9	Lisboa	13	134,00	Densa	Habitação	4	Compacta	20-08-2010
L061	Avenida Rainha D. Leonor 36	Lisboa	3	180,00	Densa	Habitação	7	Compacta	16-09-2010
L062	Rua Joaquim Agostinho 14	Lisboa	3	47,10	Densa	Habitação/comércio	10	Compacta	16-09-2010
L063	Rua Joaquim Agostinho 16	Lisboa	4	47,10	Densa	Habitação/comércio	10	Compacta	16-09-2010
L064	Rua Luís de Freitas Branco 1	Lisboa	10	218,70	Densa	Habitação	9	Compacta	16-09-2010
L065	Rua Luís de Pastor Macedo 23	Lisboa	2	217,00	Densa	Habitação	7	Compacta	16-09-2010
L066	Avenida do Brasil 24	Lisboa	8	32,00	Densa	Habitação/comércio	9	Compacta	17-09-2010
L067	Rua Pinto Ferreira 10	Lisboa	8	68,00	Corrente	Habitação	3	Compacta	17-09-2010
		Lisboa	8	78,00	Corrente	Habitação	3	Compacta	17-09-2010
L068	Rua Casal da Raposa 32	Lisboa	3	64,80	Corrente	Habitação	2	Compacta	18-09-2010
L069	Rua Tomás da Fonseca 17 (Condomínio)	Lisboa	9	65,00	Corrente	Habitação	8	Compacta	18-09-2010
L070	Rua Tomás da Fonseca 19 (Condomínio)	Lisboa	9	65,00	Corrente	Habitação	8	Compacta	18-09-2010
L071	Rua Tomás da Fonseca 21 (Condomínio)	Lisboa	9	65,00	Corrente	Habitação	8	Compacta	18-09-2010
L072	Rua Tomás da Fonseca 47 (Condomínio)	Lisboa	9	534,40	Corrente	Habitação/comércio	8	Compacta	18-09-2010
L073	Rua Tomás da Fonseca 51 (Condomínio)	Lisboa	9	215,00	Corrente	Habitação	8	Compacta	18-09-2010
L074	Rua Tomás da Fonseca 53 (Condomínio)	Lisboa	9	215,00	Corrente	Habitação	8	Compacta	18-09-2010

L075	Rua Fernando Lopes Graça 1	Lisboa	8	160,60	Corrente	Habitação	8	Compacta	06-09-2010
L076	Rua da Bombarda 47	Lisboa	15	66,60	Corrente	Habitação	3	Compacta	03-12-2010
L077	Rua das Olarias 16	Lisboa	13	94,50	Corrente	Habitação	4	Compacta	03-12-2010
L078	Avenida das Túlipas 16	Oeiras	9	129,40	Corrente	Habitação/comércio	9	Irregular	04-11-2010
		Oeiras	9	78,60	Corrente	Habitação	9	Irregular	04-11-2010
		Oeiras	9	64,80	Corrente	Habitação	9	Irregular	04-11-2010
L079	Avenida da República 39	Oeiras	3	20,50	Corrente	Habitação/comércio	2	Compacta	04-11-2010
L080	Avenida dos Bombeiros Voluntários 40	Oeiras	2	114,30	Corrente	Habitação	13	Compacta	04-11-2010
L081	Rua Direita do Dafundo 1	Oeiras	12	157,20	Corrente	Serviços	3	Compacta	04-11-2010
		Oeiras	12	135,70	Corrente	Serviços	3	Compacta	04-11-2010
L082	Rua João Chagas, Escola João Gonçalves Zarco - Edifício A	Oeiras	4	100,30	Corrente	Serviços	2	Compacta	05-11-2010
L083	Rua João Chagas, Escola João Gonçalves Zarco - Edifício B	Oeiras	4	69,80	Corrente	Serviços	2	Compacta	05-11-2010
L084	Rua João Chagas, Escola João Gonçalves Zarco - Edifício D	Oeiras	4	55,90	Corrente	Serviços	1	Compacta	05-11-2010
		Oeiras	4	72,90	Corrente	Serviços	1	Compacta	05-11-2010
L085	Rua João Chagas, Escola João Gonçalves Zarco - Edifício E	Oeiras	4	151,20	Corrente	Serviços	2	Compacta	05-11-2010
		Oeiras	4	158,10	Corrente	Serviços	2	Compacta	05-11-2010
		Oeiras	4	72,00	Corrente	Serviços	2	Compacta	05-11-2010
L086	Rua João Chagas, Escola João Gonçalves Zarco - Edifício F	Oeiras	4	9,20	Corrente	Serviços	1	Compacta	09-11-2010
		Oeiras	4	10,50	Corrente	Serviços	1	Compacta	09-11-2010
		Oeiras	4	8,50	Corrente	Serviços	1	Compacta	09-11-2010
L087	Rua Manuel da Silva Gaió 2	Oeiras	10	82,50	Corrente	Serviços	6	Irregular	09-11-2010
		Oeiras	10	208,00	Corrente	Serviços	6	Irregular	06-11-2010
L088	Rua Bernardo Santareno 13	Oeiras	1	112,30	Corrente	Habitação	8	Compacta	06-11-2010
		Oeiras	1	121,70	Corrente	Habitação	8	Irregular	06-11-2010
		Oeiras	1	132,10	Corrente	Habitação	8	Irregular	06-11-2010
L089	Largo Professor Pulido Valente 10	Oeiras	10	306,70	Corrente	Habitação/comércio	16	Compacta	26-10-2010
		Oeiras	10	346,00	Corrente	Habitação/comércio	16	Compacta	26-10-2010
L090	Rua Casal de Amoreira 31	Oeiras	5	32,70	Corrente	Habitação	2	Irregular	26-10-2010
		Oeiras	5	68,70	Corrente	Habitação	2	Irregular	27-10-2010

		Oeiras	5	52,10	Corrente	Habitação	2	Irregular	27-11-2010
L091	Rua Pedro Hispano 57	Oeiras	4	101,70	Corrente	Habitação	7	Irregular	27-11-2010
		Oeiras	4	157,10	Corrente	Habitação	7	Compacta	27-10-2010
		Oeiras	4	297,45	Corrente	Habitação	7	Irregular	27-10-2010
		Oeiras	11	93,20	Corrente	Serviços	1	Compacta	23-10-2010
L092	Estrada do Cacém, Fábrica de pólvora (muros na Praça do Sol)	Oeiras	3	40,20	Corrente	Serviços	1	Compacta	23-10-2010
L093	Estrada do Cacém, Fábrica de pólvora - Edifício A na Praça do Sol	Oeiras	3	39,10	Corrente	Serviços	1	Compacta	23-10-2010
L094	Estrada do Cacém, Fábrica de pólvora - Edifício B na Praça do Sol	Oeiras	3	16,60	Corrente	Serviços	1	Compacta	23-10-2010
L095	Estrada do Cacém, Fábrica de pólvora - Edifício C na Praça do Sol	Oeiras	6	24,00	Corrente	Serviços	2	Compacta	04-12-2010
L096	Rua Mário Castelhana 27	Oeiras	6	27,10	Corrente	Serviços	2	Compacta	04-12-2010
L097	Rua Mário Castelhana 28	Oeiras	6	36,10	Corrente	Serviços	2	Compacta	04-12-2010
L098	Rua Mário Castelhana 29	Oeiras	6	32,20	Corrente	Serviços	2	Compacta	04-12-2010
L099	Rua Mário Castelhana 30	Oeiras	6	23,10	Corrente	Serviços	2	Compacta	04-12-2010
L100	Rua Mário Castelhana 31	Oeiras	6	14,00	Corrente	Serviços	2	Compacta	04-12-2010
L101	Rua Mário Castelhana 32	Oeiras	6	14,00	Corrente	Serviços	2	Compacta	04-12-2010
L102	Rua Mário Castelhana 33	Oeiras	8	91,90	Corrente	Habitação	6	Compacta	07-11-2010
L103	Avenida do Rio de Janeiro 61	Oeiras	1	51,80	Corrente	Habitação	4	Compacta	07-11-2010
L104	Rua da Figueirinha 2	Oeiras	3	92,90	Corrente	Serviços	2	Compacta	05-11-2010
L105	Avenida D. João I, Escolas de São Julião da Barra - Edifício A	Oeiras	3	41,00	Corrente	Serviços	1	Compacta	05-11-2010
L106	Avenida D. João I, Escolas de São Julião da Barra - Edifício B	Oeiras	3	42,00	Corrente	Serviços	1	Compacta	05-11-2010
		Oeiras	3	63,00	Corrente	Serviços	1	Compacta	05-11-2010
		Oeiras	3	74,00	Corrente	Serviços	2	Compacta	05-11-2010
L107	Avenida D. João I, Escolas de São Julião da Barra - Edifício C	Oeiras	3	78,00	Corrente	Serviços	2	Compacta	08-11-2010
L108	Avenida D. João I, Escolas de São Julião da Barra - Edifício D	Oeiras	3	83,00	Corrente	Serviços	2	Compacta	08-11-2010
		Oeiras	3	16,00	Corrente	Serviços	1	Compacta	08-11-2010
L109	Avenida D. João I, Escolas de São Julião da Barra - Edifício E (Casa do Porteiro)	Oeiras	12	54,00	Corrente	Habitação	2	Compacta	08-11-2010
L110	Rua Antero de Quental 3	Oeiras	12	52,10	Corrente	Habitação	2	Compacta	13-10-2010
		Oeiras	12	52,20	Corrente	Habitação	2	Compacta	13-10-2010
		Oeiras	12	222,80	Corrente	Habitação	10	Compacta	13-10-2010
L111	Rua Pedro Nunes 12	Oeiras	12	222,80	Corrente	Habitação	10	Compacta	13-10-2010

L112	Rua Paul Harris 5	Oeiras	1	49,00	Corrente	Habitação	4	Compacta	14-10-2010
		Oeiras	1	38,00	Corrente	Habitação	4	Compacta	14-10-2010
		Oeiras	1	25,00	Corrente	Habitação	4	Compacta	14-10-2010
L113	Rua Prof. Egas Moniz 12 .	Oeiras	7	206,70	Corrente	Habitação	9	Compacta	14-10-2010
L114	Rua Porto Santo 7	Oeiras	4	81,10	Corrente	Habitação	2	Compacta	15-10-2010
L115	Rua Francisco Roque de Aguilar 1	Oeiras	1	54,00	Corrente	Habitação	4	Compacta	15-10-2010
L116	Bloco B da Urb. Alto da Barra	Oeiras	14	143,00	Corrente	Habitação	8	Irregular	13-10-2010
L117	Bloco D da Urb. Alto da Barra	Oeiras	1	154,00	Corrente	Habitação	8	Irregular	13-10-2010
L118	Alameda Quinta da Terrugem (Torres da Quinta da Terrugem) Paço D'Arcos	Oeiras	17	47,40	Corrente	Habitação	2	Irregular	15-10-2010
		Oeiras	17	36,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	15-10-2010
L119	Rua dos Pinheiros 47A Moradia 1	Cascais	2	25,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	01-07-2010
		Cascais	2	22,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	01-07-2010
		Cascais	2	32,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	01-07-2010
L120	Rua dos Pinheiros 47A Moradia 10	Cascais	2	20,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	01-07-2010
		Cascais	2	26,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	01-07-2010
L121	Rua dos Pinheiros 47A Moradia 11	Cascais	2	32,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	01-07-2010
		Cascais	2	39,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	02-07-2010
L122	Rua dos Pinheiros 47A Moradia 2	Cascais	2	32,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	02-07-2010
		Cascais	2	25,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	02-07-2010
L123	Rua dos Pinheiros 47A Moradia 3	Cascais	2	32,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	02-07-2010
L124	Rua dos Pinheiros 47A Moradia 4	Cascais	2	25,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	02-07-2010
L125	Rua dos Pinheiros 47A Moradia 5	Cascais	2	32,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	03-07-2010
L126	Rua dos Pinheiros 47A Moradia 6	Cascais	2	46,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	03-07-2010
		Cascais	2	23,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	03-07-2010
L127	Rua dos Pinheiros 47A Moradia 7	Cascais	2	20,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	03-07-2010
		Cascais	2	52,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	03-07-2010
L128	Rua dos Pinheiros 47A Moradia 8	Cascais	2	32,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	03-07-2010
		Cascais	2	28,00	Corrente	Habitação	2	Irregular	03-07-2010
L129	Vila Marisa	Cascais	7	68,10	Corrente	Habitação	4	Compacta	02-11-2010
L130	Avenida dos Maristas 4	Cascais	9	345,60	Corrente	Habitação	14	Compacta	02-11-2010

		Cascais	9	334,50	Corrente	Habitação	14	Compacta	02-11-2010
		Cascais	9	362,70	Corrente	Habitação	14	Compacta	02-11-2010
		Cascais	9	332,40	Corrente	Habitação	14	Compacta	02-11-2010
L131	Rua Vasco Gama 60	Cascais	11	115,50	Corrente	Habitação	8	Irregular	02-11-2010
L132	Rua Gil Vicente 13	Cascais	8	79,10	Corrente	Habitação	7	Irregular	03-11-2010
		Cascais	8	120,30	Corrente	Habitação	7	Irregular	03-11-2010
		Cascais	8	137,70	Corrente	Habitação	7	Irregular	03-11-2010
		Cascais	8	67,80	Corrente	Habitação/comércio	7	Irregular	03-11-2010
L133	Avenida 25 de Abril 1097	Cascais	2	222,00	Corrente	Habitação/comércio	10	Irregular	03-11-2010
L134	Rua Dom Carlos 4	Cascais	5	33,20	Corrente	Serviços	2	Compacta	06-11-2010
L135	Rua do Pinheiro 8	Cascais	2	19,40	Corrente	Habitação	2	Compacta	06-11-2010
L136	Praceta Coronel Santos Pedroso 4	Cascais	4	20,10	Corrente	Habitação	2	Compacta	06-11-2010
L137	Rua Infante D. Henrique 165	Cascais	8	159,00	Corrente	Habitação	5	Compacta	06-11-2010
L138	Rua da Liberdade 66	Cascais	5	18,00	Corrente	Habitação	2	Compacta	08-11-2010
		Cascais	5	44,00	Corrente	Habitação	2	Compacta	08-11-2010
		Cascais	5	36,00	Corrente	Habitação	2	Compacta	08-11-2010
L139	Rua 1º Dezembro 31	Cascais	5	38,00	Corrente	Habitação	2	Compacta	08-11-2010
		Cascais	5	46,30	Corrente	Habitação	2	Compacta	08-11-2010
		Cascais	5	46,30	Corrente	Habitação	2	Compacta	08-11-2010
L140	Rua Almada Negreiros 263	Cascais	5	46,00	Corrente	Habitação	2	Compacta	25-11-2010
		Cascais	5	42,80	Corrente	Habitação	2	Compacta	25-11-2010
L141	Rua dos Pinheiros 5	Cascais	2	36,00	Corrente	Habitação	2	Compacta	10-11-2010
		Cascais	2	28,00	Corrente	Habitação	2	Compacta	10-11-2010
L142	Avª das Laranjeiras 12	Amadora	8	357,00	Corrente	Habitação	9	Compacta	01-11-2010
L143	Avenida da Quinta Grande 12	Amadora	3	486,00	Corrente	Habitação	9	Compacta	14-10-2010
L144	Praça D. Maria II 5	Amadora	9	998,00	Corrente	Habitação	15	Compacta	14-10-2010
L145	Rua da Rosa 137	Lisboa	7	47,90	Densa	Habitação/comércio	3	Compacta	06-12-2010
L146	Rua da Rosa 79	Lisboa	8	52,10	Densa	Habitação	4	Compacta	06-12-2010
L147	Rua da Rosa 39	Lisboa	8	51,30	Densa	Habitação	5	Compacta	06-12-2010
L148	Rua da Rosa 19	Lisboa	8	45,70	Densa	Habitação/comércio	4	Compacta	07-12-2010

						io			
L149	Avenida Luis de Camoes 10	Loures e Odivelas	4	176,40	Corrente	Habitação	11	Compacta	17-10-2010
		Loures e Odivelas	4	451,40	Corrente	Habitação	11	Compacta	17-10-2010
L150	Rua Avelar Brotero 2	Loures e Odivelas	2	136,80	Corrente	Habitação	8	Compacta	17-10-2010
		Loures e Odivelas	2	205,60	Corrente	Habitação	8	Compacta	17-10-2010
		Loures e Odivelas	2	201,00	Corrente	Habitação	8	Compacta	17-10-2010
L151	Rua de Cabo Verde 6	Loures e Odivelas	1	158,00	Corrente	Habitação	7	Compacta	18-10-2010
L152	Rua de Moçambique 80	Loures e Odivelas	1	46,20	Corrente	Habitação	7	Compacta	18-10-2010
		Loures e Odivelas	1	74,00	Corrente	Habitação	7	Compacta	18-10-2010
		Loures e Odivelas	1	73,00	Corrente	Habitação	7	Compacta	18-10-2010
L153	Rua Marechal Craveiro Lopes 12	Loures e Odivelas	5	43,00	Corrente	Habitação	3	Compacta	19-10-2010
		Loures e Odivelas	5	48,00	Corrente	Habitação	3	Compacta	19-10-2010
		Loures e Odivelas	5	34,00	Corrente	Habitação	3	Compacta	19-10-2010
L154	Rua S. Paulo 107	Loures e Odivelas	7	23,70	Corrente	Habitação	2	Compacta	22-10-2010
L155	Rua S. José 77	Loures e Odivelas	8	19,00	Corrente	Habitação	2	Compacta	22-10-2010
L156	Rua S. José 43, Loures	Loures e Odivelas	9	22,00	Corrente	Habitação	2	Compacta	22-10-2010
L157	Rua Padre Reis Lima, 26 (Belém)	Lisboa	11	23,00	Corrente	Habitação	2	Compacta	25-10-2010
L158	Avenida da República 32, Algés (Oeiras)	Oeiras	11	18,00	Corrente	Habitação/comércio	3	Compacta	25-10-2010
		Oeiras	11	16,00	Corrente	Habitação/comércio	3	Compacta	25-10-2010
L159	Rua de Alvide 128 (Cascais)	Cascais	9	145,10	Corrente	Habitação	3	Compacta	04-11-2010
L160	Rua dos Pinheiros (anexo e muro)	Cascais	14	10,00	Corrente	Habitação	1	Compacta	16-08-2010
		Cascais	4	40,00	Corrente	Habitação	1	Compacta	16-08-2010
1	Rua João Dias 4	Lisboa	13	92,97	Corrente	Habitação	3	Compacta	22-09-2014
2	Rua João Dias 4	Lisboa	13	76,77	Corrente	Habitação	7	Compacta	22-09-2014
3	Rua João Dias 7	Lisboa	15	44,84	Corrente	Habitação	2	Compacta	22-09-2014
4	Rua Vicente Dias 1	Lisboa	14	36,31	Corrente	Habitação	2	Compacta	22-09-2014

5	Rua Vicente Dias 5	Lisboa	14	61,72	Corrente	Habitação	2	Compacta	22-09-2014
6	Rua João Dias 11	Lisboa	12	96,05	Corrente	Habitação	2	Compacta	22-09-2014
7	Rua do Desembargador Faria 19	Oeiras	1	37,71	Corrente	Habitação	1	Compacta	03-10-2014
8	Forte de Nossa Senhora de Porto Salvo	Oeiras	7	34,08	Corrente	Serviços	0	Compacta	03-10-2014
9	Rua Conde Ferreira 6	Oeiras	16	16,14	Corrente	Habitação	1	Compacta	03-10-2014
10	Praceta de Sta Bárbara	Cascais	12	58,05	Corrente	Habitação	3	Compacta	03-10-2014
11	Biblioteca Municipal de Cascais	Cascais	4	41,39	Corrente	Serviços	1	Compacta	03-10-2014
12	Museu da Presidência da República	Lisboa	11	98,53	Corrente	Serviços	1	Compacta	05-10-2014
13	Museu da Presidência da República	Lisboa	11	58,94	Corrente	Serviços	1	Compacta	05-10-2014
14	Rua Sertório do Monte Pereira 7	Oeiras	10	87,35	Corrente	Habitação	3	Compacta	13-10-2014
15	Rua José Afonso 4	Oeiras	15	12,95	Corrente	Habitação	0	Compacta	13-10-2014
16	Rua José Afonso 25	Oeiras	15	68,03	Corrente	Habitação	3	Compacta	13-10-2014
17	Rua José Afonso 25	Oeiras	16	27,82	Corrente	Habitação	0	Compacta	13-10-2014
18	Rua José Afonso 25	Oeiras	15	51,34	Corrente	Habitação	3	Compacta	13-10-2014
19	Rua João Pedro de Andrade 13	Oeiras	17	160,03	Corrente	Habitação	3	Compacta	13-10-2014
20	Rua Gaspar Barreiros 18	Oeiras	9	224,63	Corrente	Habitação	4	Irregular	13-10-2014
21	Rua Dom Luís de Castro	Oeiras	16	87,35	Corrente	Habitação	3	Compacta	13-10-2014
22	Rua Mestre Roque Gameiro 1	Amadora	5	32,40	Densa	Habitação	2	Compacta	17-10-2014
23	Rua Miradouro 18	Amadora	6	178,90	Corrente	Habitação	5	Compacta	17-10-2014
24	Avenida Das Laranjeiras 27	Amadora	9	140,38	Corrente	Habitação	6	Compacta	17-10-2014
25	Avenida Dos Moinhos 19	Amadora	13	176,99	Corrente	Habitação	4	Compacta	17-10-2014
26	Largo do Traquinas 52	Amadora	16	103,48	Corrente	Habitação	3	Compacta	17-10-2014
27	Rossio 11	Lisboa	8	20,70	Corrente	Serviços	4	Compacta	23-10-2014
28	Calçada Engenheiro Miguel Pais 27	Lisboa	2	26,29	Densa	Habitação	2	Compacta	23-10-2014
29	Rua da Sociedade Farmacêutica 18	Lisboa	8	59,98	Densa	Serviços	1	Compacta	23-10-2014
30	Calçada do Correio Velho 16	Lisboa	20	65,71	Densa	Serviços	3	Compacta	23-10-2014
31	Palácio Marquês de Fronteira	Lisboa	10	16,92	Corrente	Serviços	1	Compacta	24-10-2014
32	Avenida Cidade de Lisboa 44	Sintra	3	158,54	Corrente	Habitação	4	Compacta	27-10-2014
33	Rua António Feijó 16	Sintra	4	132,53	Corrente	Habitação	5	Compacta	27-10-2014
34	Rua António Feijó 21	Sintra	15	133,36	Corrente	Habitação	5	Compacta	27-10-2014

35	Rua António Feijó 20	Sintra	6	133,36	Corrente	Habitação	5	Compacta	27-10-2014
36	Rua José Afonso 25	Sintra	8	87,71	Corrente	Habitação	3	Compacta	27-10-2014
37	Praceta Bartolomeu Perestelo 2	Sintra	3	202,43	Corrente	Habitação	6	Compacta	27-10-2014
38	Rua Beatriz Costa 5	Sintra	15	73,07	Corrente	Habitação	3	Compacta	27-10-2014
39	Avenida Magalhães Lima 8	Lisboa	7	119,41	Corrente	Habitação	2	Compacta	28-10-2014
40	Rua Francisco Sanches 13	Lisboa	2	41,64	Densa	Habitação	3	Compacta	28-10-2014
41	Rua Martins Sarmiento 25	Lisboa	12	26,29	Densa	Habitação	2	Compacta	28-10-2014
42	Rua Cidade de Manchester 21	Lisboa	14	68,59	Densa	Habitação	2	Compacta	28-10-2014
43	Avenida Magalhães Lima 6	Lisboa	14	119,41	Corrente	Habitação	2	Compacta	28-10-2014
44	Rua do Vale de Pereiro 1	Lisboa	4	44,34	Densa	Habitação	3	Compacta	28-10-2014
45	Rua do Salitre 177	Lisboa	13	64,10	Densa	Habitação	4	Compacta	28-10-2014
46	Rua do Salitre 178	Lisboa	8	26,34	Densa	Serviços	2	Compacta	28-10-2014
47	Rua dos Bacalhoeiros 32	Lisboa	9	22,12	Densa	Serviços	3	Compacta	02-11-2014
48	Rua Augusta 4	Lisboa	10	32,31	Densa	Serviços	4	Compacta	02-11-2014
49	Largo da Madalena 1	Lisboa	11	31,60	Densa	Serviços	3	Compacta	02-11-2014
50	Largo da Madalena 3	Lisboa	1	143,35	Densa	Habitação	6	Compacta	02-11-2014
51	Rua de S. Julião 138	Lisboa	10	60,17	Densa	Serviços	4	Compacta	02-11-2014
52	Calçada Conde de Penafiel 7	Lisboa	10	41,27	Densa	Serviços	3	Compacta	02-11-2014
53	Rua dos Franqueiros 34	Lisboa	9	64,99	Densa	Habitação	5	Compacta	02-11-2014
54	Rua Áurea 193	Lisboa	8	60,17	Densa	-	4	Compacta	02-11-2014
55	Rua da Madalena 49	Lisboa	9	21,36	Densa	Habitação	4	Compacta	02-11-2014
56	Rua de Santo António da Sé 1	Lisboa	11	26,35	Densa	Habitação	3	Compacta	02-11-2014
57	Rua da Madalena 73	Lisboa	9	70,42	Densa	Habitação	4	Compacta	02-11-2014
58	Rua da Madalena 78	Lisboa	9	39,12	Densa	Habitação	4	Compacta	02-11-2014
59	Rua Barata Salgueiro 41	Lisboa	9	89,38	Corrente	Serviços	4	Compacta	03-12-2014
60	Rua de Campolide 191	Lisboa	8	40,24	Densa	Habitação	1	Compacta	03-12-2014
61	Rua de Campolide 268	Lisboa	15	104,50	Corrente	Habitação	3	Compacta	03-12-2014
62	Rua de Campolide 160	Lisboa	18	52,63	Densa	Habitação	1	Compacta	03-12-2014
63	Rua Professor Sousa da Câmara 196	Lisboa	13	16,70	Densa	Serviços	2	Compacta	03-12-2014
64	Rua Professor Sousa da Câmara 196	Lisboa	13	46,33	Densa	Serviços	2	Compacta	03-12-2014

65	Avenida Maria Helena Vieira da Silva - PSP	Lisboa	7	88,19	Corrente	Serviços	2	Compacta	03-12-2014
66	Rua Direita 15	Lisboa	17	19,30	Densa	Serviços	1	Compacta	03-12-2014
67	Rua Pedro Queiroz Pereira 3	Lisboa	2	52,64	Corrente	Habitação	4	Compacta	03-12-2014
68	Rua Mem de Sá	Lisboa	2	122,72	Corrente	Habitação	3	Compacta	04-12-2014
69	Rua Mem de Sá	Lisboa	2	53,51	Corrente	Habitação	3	Compacta	04-12-2014
70	Rua Conde Ficalho 6	Lisboa	11	156,81	Corrente	Habitação	4	Compacta	04-12-2014
71	Palácio Marquês de Fronteira	Lisboa	10	41,60	Corrente	Serviços	1	Compacta	04-12-2014
72	Igreja de Benfca - R. Ernesto da Silva	Lisboa	10	55,22	Densa	Serviços	1	Compacta	04-12-2014
73	Igreja de Benfca - R. Ernesto da Silva	Lisboa	10	26,38	Densa	Serviços	1	Compacta	04-12-2014
74	Igreja de Benfca - R. Ernesto da Silva	Lisboa	10	92,58	Densa	Serviços		Compacta	04-12-2014
75	Rua Professor Simoes Raposo 2	Lisboa	6	135,00	Densa	Habitação	8	Compacta	04-12-2014
76	Rua Francisco Ribeiro 6	Almada	5	24,71	Corrente	Habitação	0	Compacta	06-12-2014
77	Rua Francisco Ribeiro 6	Almada	5	194,34	Corrente	Habitação	4	Compacta	06-12-2014
78	Rua de Baleizão 8	Almada	12	11,91	Densa	Habitação	0	Compacta	06-12-2014
79	Rua Cidade de Coimbra 5	Seixal	12	117,90	Densa	Habitação	3	Compacta	06-12-2014
80	Avenida 23 de Julho 422	Almada	2	84,85	Corrente	Habitação	5	Compacta	06-12-2014
81	Praceta Júlio Dantas 7	Seixal	10	105,87	Corrente	Habitação	4	Compacta	06-12-2014
82	Rua Luso Futebol Clube 12	Barreiro	10	343,54	Corrente	Habitação	8	Compacta	06-12-2014
83	Rua Luso Futebol Clube 14	Barreiro	2	343,54	Corrente	Habitação	8	Compacta	06-12-2014
84	Rua Joly Braga Santos 27	Moita	10	130,14	Corrente	Habitação	3	Compacta	06-12-2014
85	Rua Maluda 13	Seixal	7	177,67	Corrente	Habitação	6	Compacta	06-12-2014
86	Rua Francisco Patarrão 24	Oeiras	3	70,43	Densa	Habitação	2	Compacta	07-12-2014
87	Rua Viscondessa Santo Amaro 20	Oeiras	14	100,83	Corrente	Habitação	2	Compacta	07-12-2014
88	Rua dos Lusíadas 11	Sintra	2	141,88	Corrente	Habitação	4	Compacta	07-12-2014
89	Rua Amália Rodrigues 2	Oeiras	13	136,60	Corrente	Habitação	3	Compacta	07-12-2014
90	Rua Amália Rodrigues 7	Oeiras	2	112,50	Corrente	Habitação	3	Compacta	07-12-2014
91	Rua do Embaixador 1 - Igreja	Lisboa	14	36,89	Densa	Serviços	0	Compacta	08-12-2014
92	Rua do Embaixador - Parcela junto à Igreja	Lisboa	14	19,61	Densa	Serviços	1	Compacta	08-12-2014
93	Rua das Mercês 59	Lisboa	2	27,67	Densa	Habitação	2	Compacta	08-12-2014
94	Avenida 24 de Julho 76	Lisboa	4	32,88	Corrente	Serviços	0	Compacta	08-12-2014

95	Rua Bento de Jesus Caraça 2	Oeiras	6	177,67	Densa	Habitação	3	Compacta	13-01-2015
96	Rua João Dias 4	Lisboa	13	143,08	Corrente	Habitação	6	Compacta	16-01-2015
97	Rua João Dias 4	Lisboa	13	50,96	Corrente	Habitação	6	Compacta	16-01-2015
98	Rua João Dias 11	Lisboa	12	44,84	Corrente	Habitação	2	Compacta	16-01-2015
99	Rua Vicente Dias 35	Lisboa	3	136,36	Corrente	Habitação	4	Compacta	16-01-2015
100	Rua Vicente Dias 35	Lisboa	3	136,36	Corrente	Habitação	4	Compacta	16-01-2015
101	Rua Vicente Dias 35	Lisboa	3	156,54	Corrente	Habitação	4	Compacta	16-01-2015
102	Rua Vicente Dias 3	Lisboa	14	48,78	Corrente	Habitação	2	Compacta	16-01-2015
103	Rua Vicente Dias 5	Lisboa	14	48,78	Corrente	Habitação	2	Compacta	16-01-2015

	Chai (2011)
	Casos excluídos

ID	Factores ambientais					
	Orientação solar	Acção vento/chuva	Proximidade do mar	Humidade	Proximidade do Rio	Proximidade fontes poluentes
L001	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L002	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L003	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L004	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L005	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L006	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L007	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L008	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L009	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L010	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L011	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	< 1 km	Desfavorável
L012	Sul	Severa	> 5 km	Corrente	< 1 km	Desfavorável
	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	< 1 km	Desfavorável
L013	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Desfavorável
	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Desfavorável

L014	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L015	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L016	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L017	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L018	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L019	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L020	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L021	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L022	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L023	Norte	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L024	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L025	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L026	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L027	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L028	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L029	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L030	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L031	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L032	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L033	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L034	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L035	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L036	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L037	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L038	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L039	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L040	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L041	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L042	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L043	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L044	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L045	Este	Severa	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente

L046	Sul	Severa	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L047	Norte	Severa	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L048	Sul	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L049	Sul	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L050	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L051	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
	Norte	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L051	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L053	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L054	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L055	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L056	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
	Norte	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L057	Norte	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L058	Sul	Severa	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L059	Norte	Severa	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L060	Norte	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
L061	Sul	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L062	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L063	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L064	Norte	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L065	Sul	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L066	Norte	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L067	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L068	Norte	Severa	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L069	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L070	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L071	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L072	Sul	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável

L073	Este	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L074	Este	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L075	Norte	Severa	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
L076	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L077	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L078	Este	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Sul	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L079	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L080	Oeste	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L081	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
	Este	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L082	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L083	Oeste	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L084	Sul	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L085	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
	Este	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L086	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
	Este	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L087	Oeste	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Norte	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L088	Norte	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Sul	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L089	Sul	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L090	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente

L091	Norte	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
	Este	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
	Sul	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L092	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L093	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L094	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L095	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L096	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L097	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L098	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L099	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L100	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L101	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L102	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L103	Oeste	Severa	< 1 km	Desfavorável	Corrente
L104	Este	Moderada	< 1 km	Desfavorável	Corrente
L105	Oeste	Moderada	< 1 km	Desfavorável	Corrente
L106	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável	Corrente
	Sul	Moderada	< 1 km	Desfavorável	Corrente
	Este	Moderada	< 1 km	Desfavorável	Corrente
L107	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável	Corrente
L108	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável	Corrente
	Sul	Moderada	< 1 km	Desfavorável	Corrente
L109	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável	Corrente
L110	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L111	Norte	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L112	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente
L113	Sul	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável	Corrente

L114	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L115	Este	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L116	Norte	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L117	Este	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L118	Oeste	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
	Sul	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L119	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L120	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L121	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L122	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L123	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L124	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L125	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L126	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L127	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L128	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L129	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L130	Norte	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente
	Sul	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente
	Este	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L131	Este	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L132	Norte	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente
	Sul	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente

	Este	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L133	Este	Severa	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L134	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L135	Oeste	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L136	Oeste	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L137	Este	Severa	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L138	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L139	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L140	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L141	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Desfavorável
	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Desfavorável
L142	Sul	Severa	> 5 km	Desfavorável		Desfavorável
L143	Norte	Severa	> 5 km	Desfavorável		Desfavorável
L144	Norte	Severa	> 5 km	Desfavorável		Desfavorável
L145	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L146	Este	Moderada	1 km - 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L147	Este	Severa	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L148	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	< 1 km	Corrente
L149	Sul	Severa	> 5 km	Corrente		Corrente
	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente		Corrente
L150	Sul	Severa	> 5 km	Corrente		Corrente
	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente		Corrente
	Este	Severa	> 5 km	Corrente		Corrente
L151	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente		Corrente
L152	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente		Corrente
	Este	Severa	> 5 km	Corrente		Corrente

	Sul	Severa	> 5 km	Corrente		Corrente
L153	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente		Corrente
	Este	Moderada	> 5 km	Corrente		Corrente
	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente		Corrente
L154	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente		Corrente
L155	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente		Corrente
L156	Este	Moderada	> 5 km	Corrente		Corrente
L157	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
L158	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
L159	Oeste	Moderada	< 1 km	Desfavorável		Corrente
L160	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável		Corrente
1	Este	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
2	Este	Severa	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
3	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
4	Este	Moderada	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
5	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
6	Este	Moderada	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
7	Norte	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
8	Oeste	Severa	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
9	Oeste	Suave	1 km - 5 km	Desfavorável	> 1 km	Desfavorável
10	Oeste	Moderada	1 km - 5 km	Desfavorável	> 5 km	Desfavorável
11	Este	Moderada	> 5 km	Desfavorável	> 5 km	Corrente
12	Este	Moderada	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
13	Sul	Moderada	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
14	Norte	Moderada	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
15	Este	Suave	> 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
16	Norte	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
17	Norte	Suave	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
18	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
19	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente

20	Este	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
21	Norte	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
22	Oeste	Suave	> 5 km	Desfavorável	> 5 km	Corrente
23	Sul	Severa	> 5 km	Desfavorável	> 5 km	Corrente
24	Sul	Severa	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
25	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
26	Norte	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
27	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
28	Este	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
29	Oeste	Suave	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
30	Oeste	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
31	Norte	Suave	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
32	Norte	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
33	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
34	Este	Severa	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
35	Este	Severa	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
36	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
37	Sul	Severa	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
38	Norte	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
39	Norte	Suave	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
40	Este	Suave	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
41	Oeste	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
42	Norte	Suave	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
43	Norte	Suave	> 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
44	Norte	Suave	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
45	Norte	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
46	Sul	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
47	Sul	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
48	Este	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
49	Norte	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
50	Sul	Severa	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
51	Sul	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável

52	Este	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
53	Oeste	Severa	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
54	Este	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
55	Este	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
56	Norte	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
57	Este	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
58	Oeste	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
59	Norte	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
60	Este	Suave	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
61	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
62	Oeste	Suave	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
63	Oeste	Suave	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
64	Oeste	Suave	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
65	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
66	Norte	Suave	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
67	Sul	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
68	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
69	Oeste	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
70	Oeste	Severa	> 5 km	Corrente	> 5 km	Corrente
71	Oeste	Suave	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
72	Este	Suave	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
73	Este	Suave	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
74	Norte	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
75	Norte	Severa	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
76	Este	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
77	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
78	Sul	Suave	> 5 km	Desfavorável	> 5 km	Desfavorável
79	Este	Suave	> 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
80	Norte	Severa	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
81	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
82	Norte	Severa	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
83	Norte	Severa	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente

84	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
85	Norte	Severa	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
86	Oeste	Suave	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
87	Oeste	Suave	> 5 km	Corrente	> 1 km	Desfavorável
88	Norte	Moderada	> 5 km	Corrente	> 5 km	Desfavorável
89	Sul	Moderada	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
90	Norte	Moderada	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
91	Sul	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
92	Sul	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
93	Este	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
94	Este	Severa	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Desfavorável
95	Sul	Suave	< 1 km	Desfavorável	< 1 km	Corrente
96	Norte	Severa	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
97	Sul	Severa	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
98	Sul	Moderada	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
99	Oeste	Severa	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
100	Este	Severa	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
101	Sul	Severa	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
102	Este	Moderada	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente
103	Este	Moderada	1 km - 5 km	Corrente	> 1 km	Corrente

	Chai (2011)
	Casos excluídos

Caracterização dos revestimentos							Degradação	
ID	Tipo de produto	Suporte	Cor predominante	Textura	Brilho	Graffiti	Ew (%)	Sw (%)
L001	Lisa		Cor-de-rosa escuro	Liso	Mate	Não	74,71	18,68
L002	Lisa		Cor-de-rosa claro	Liso	Mate	Não	165,26	41,31
L003	Silicatos		Cor-de-rosa claro	Liso	Mate	Não	116,24	29,06
L004	Silicatos		Amarelo	Liso	Mate	Não	289,79	72,45

L005	Silicatos		Amarelo	Liso	Mate	Não	256,43	64,11
L006	Lisa		Cor-de-rosa escuro	Liso	Mate	Não	122,50	30,63
L007	Membrana elástica		Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Mate	Não	70,01	17,50
L008	Texturada		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	229,10	57,27
L009	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	151,15	37,79
L010	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	243,34	60,84
L011	Lisa (Nano)		Cor-de-rosa escuro	Liso	Mate	Não	0,25	0,06
L012	Texturada		Amarelo	Liso	Semi-mate	Não	0,00	0,00
	Texturada		Amarelo	Liso	Semi-mate	Não	0,00	0,00
L013	Silicone		Branco	Liso	Mate	Não	9,31	2,33
	Silicone		Branco	Liso	Mate	Não	32,34	8,09
L014	Lisa	Reboco	Amarelo	Liso		Não	102,91	25,73
L015	Lisa	Reboco	Amarelo	Liso		Não	135,29	33,82
L016	Lisa	Reboco	Amarelo	Liso		Não	28,85	7,21
L017	Lisa	Pintura antiga	Cor-de-rosa claro	Liso		Não	88,89	22,22
L018	Lisa	Reboco	Cor-de-rosa claro	Liso		Não	12,00	3,00
L019	Lisa	Pintura antiga	Cor-de-rosa claro	Liso		Não	45,95	11,49
L020	Lisa	Reboco	Verde claro	Liso		Não	207,28	51,82
L021	Lisa	Pintura antiga	Verde claro	Liso		Não	35,04	8,76
L022	Lisa	Pintura antiga	Amarelo	Liso		Sim	94,28	23,57
L023	Lisa	Pintura antiga	Amarelo	Liso		Sim	44,32	11,08
L024	Lisa	Pintura antiga	Amarelo	Liso		Não	28,93	7,23
L025	Texturada	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso		Não	272,09	68,02
L026	Texturada	Pintura antiga	Cor-de-rosa escuro	Rugoso		Não	40,67	10,17
L027	Lisa	Reboco	Branco	Liso		Não	19,22	4,80
L028	Lisa	Reboco	Cor-de-rosa escuro	Liso		Não	67,31	16,83
L029	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso		Não	77,52	19,38
L030	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso		Não	189,67	47,42
L031	Lisa	Reboco	Amarelo	Liso		Não	148,15	37,04
L032	Lisa	Reboco	Verde claro	Liso		Não	118,24	29,56

L033	Lisa	Reboco	Amarelo	Liso		Não	89,49	22,37
L034	Lisa	Reboco	Cor-de-rosa claro	Liso		Não	28,19	7,05
L035	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso		Não	78,70	19,67
L036	Texturada	Reboco	Verde claro	Rugoso		Não	247,74	61,94
L037	Texturada	Pintura antiga	Cor-de-rosa escuro	Rugoso		Não	27,24	6,81
L038	Lisa	Reboco	Amarelo	Liso		Não	238,87	59,72
L039	Texturada	Pintura antiga	Azul claro	Rugoso		Não	49,13	12,28
L040	Lisa	Pintura antiga	Verde claro	Liso		Não	73,48	18,37
L041	Texturada	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso		Não	80,10	20,02
L042	Lisa	Reboco	Amarelo	Liso		Não	27,27	6,82
L043	Lisa	Reboco	Branco	Liso		Não	191,49	47,87
L044	Texturada	Pintura antiga	Cor-de-rosa escuro	Rugoso		Sim	8,04	2,01
L045	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso		Não	60,97	15,24
L046	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso		Não	144,55	36,14
L047	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso		Não	75,76	18,94
L048	Membrana elástica		Azul claro	Rugoso	Acetinada	Não	66,61	16,65
	Membrana elástica		Azul claro	Rugoso	Acetinada	Não	39,13	9,78
L049	Membrana elástica		Azul claro	Rugoso	Mate	Não	59,07	14,77
L050	Lisa		Amarelo	Liso	Mate	Não	35,11	8,78
L051	Texturada	Reboco	Castanho	Rugoso	Mate	Sim	252,34	63,09
	Texturada	Reboco	Castanho	Rugoso	Mate	Não	157,11	39,28
L051	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso	Mate	Sim	247,07	61,77
	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso	Mate	Sim	230,18	57,55
L053	Lisa		Branco	Liso	Mate	Não	69,71	17,43
L054	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Mate	Não	1,66	0,42
L055	Texturada		Castanho	Rugoso	Mate	Sim	123,33	30,83
L056	Lisa		Amarelo	Liso	Semi-mate	Não	0,90	0,22
	Lisa		Amarelo	Liso	Semi-mate	Não	0,19	0,05
L057	Texturada	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso		Sim	132,47	33,12
L058	Texturada	Reboco	Cor-de-rosa escuro	Rugoso		Não	227,73	56,93

L059	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	78,91	19,73
L060	Texturada		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	68,61	17,15
L061	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	10,00	2,50
L062	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Semi-mate	Não	7,64	1,91
L063	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Semi-mate	Não	16,45	4,11
L064	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Mate	Não	114,54	28,63
L065	Membrana elástica		Cor-de-rosa claro	Rugoso	Mate	Não	8,32	2,08
L066	Texturada		Castanho	Rugoso	Mate	Não	125,00	31,25
L067	Membrana elástica		Azul claro	Rugoso	Mate	Não	53,24	13,31
	Membrana elástica		Azul claro	Rugoso	Mate	Não	33,08	8,27
L068	Lisa (Pliolite)		Verde claro	Liso	Mate	Não	9,03	2,26
L069	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	50,00	12,50
L070	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	50,00	12,50
L071	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	50,00	12,50
L072	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	54,28	13,57
L073	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	50,00	12,50
L074	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	50,00	12,50
L075	Membrana elástica		Cor-de-rosa claro	Rugoso	Mate	Não	33,61	8,40
L076	Lisa	Reboco	Amarelo	Liso	Acetinada	Não	181,14	45,28
L077	Lisa	Reboco	Amarelo	Liso	Acetinada	Não	150,26	37,57
L078	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	72,86	18,21
	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	81,92	20,48
	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	55,44	13,86
L079	Membrana elástica		Cor-de-laranja	Rugoso	Mate	Não	19,27	4,82
L080	Lisa		Amarelo	Liso	Mate	Não	7,46	1,86
L081	Lisa		Amarelo	Liso	Mate	Não	125,95	31,49
	Lisa		Amarelo	Liso	Mate	Não	132,95	33,24
L082	Lisa		Amarelo	Liso	Semi-mate	Não	11,14	2,79
L083	Lisa		Amarelo	Liso	Semi-mate	Não	14,61	3,65
L084	Lisa		Amarelo	Liso	Semi-mate	Não	20,39	5,10

	Lisa		Amarelo	Liso	Semi-mate	Não	21,23	5,31
L085	Lisa		Amarelo	Liso	Semi-mate	Não	11,77	2,94
	Lisa		Branco	Liso	Semi-mate	Não	20,59	5,15
	Lisa		Branco	Liso	Semi-mate	Não	24,58	6,15
L086	Lisa		Branco	Liso	Semi-mate	Não	42,23	10,56
	Lisa		Amarelo	Liso	Semi-mate	Não	36,19	9,05
	Lisa		Amarelo	Liso	Semi-mate	Não	7,06	1,76
L087	Lisa		Amarelo	Liso	Mate	Não	92,52	23,13
	Lisa		Amarelo	Liso	Mate	Não	83,77	20,94
L088	Membrana elástica		Branco	Liso	Acetinada	Não	0,00	0,00
	Membrana elástica		Branco	Liso	Acetinada	Não	0,00	0,00
	Membrana elástica		Branco	Liso	Acetinada	Não	0,00	0,00
L089	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	95,51	23,88
	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	65,25	16,31
L090	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	7,72	1,93
	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	15,87	3,97
	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	9,36	2,34
L091	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	34,91	8,73
	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	22,69	5,67
	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	16,66	4,16
L092	Silicatos		Amarelo	Liso	Mate	Não	112,55	28,14
L093	Silicatos		Amarelo	Liso	Mate	Não	12,44	3,11
L094	Silicatos		Amarelo	Liso	Mate	Não	50,00	12,50
L095	Silicatos		Amarelo	Liso	Mate	Não	50,00	12,50
L096	Lisa (Pliolite)		Branco	Liso	Mate	Não	37,50	9,38
L097	Lisa (Pliolite)		Branco	Liso	Mate	Não	25,09	6,27
L098	Lisa (Pliolite)		Branco	Liso	Mate	Não	16,76	4,19
L099	Lisa (Pliolite)		Branco	Liso	Mate	Não	37,27	9,32
L100	Lisa (Pliolite)		Branco	Liso	Mate	Não	13,31	3,33
L101	Lisa (Pliolite)		Branco	Liso	Mate	Não	31,43	7,86

L102	Lisa (Pliolite)		Branco	Liso	Mate	Não	10,61	2,65
L103	Membrana elástica		Amarelo	Liso	Mate	Não	69,58	17,40
L104	Texturada		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	0,00	0,00
L105	Lisa (Pliolite)		Amarelo	Liso	Mate	Não	9,63	2,41
L106	Lisa (Pliolite)		Amarelo	Liso	Mate	Não	4,93	1,23
	Lisa (Pliolite)		Amarelo	Liso	Mate	Não	24,36	6,09
	Lisa (Pliolite)		Amarelo	Liso	Mate	Não	6,55	1,64
L107	Lisa (Pliolite)		Amarelo	Liso	Mate	Não	6,01	1,50
L108	Lisa (Pliolite)		Amarelo	Liso	Mate	Não	4,23	1,06
	Lisa (Pliolite)		Amarelo	Liso	Mate	Não	16,73	4,18
L109	Lisa (Pliolite)		Amarelo	Liso	Mate	Não	6,25	1,56
L110	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Acetinada	Não	71,90	17,97
	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Acetinada	Não	158,54	39,64
	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Acetinada	Não	158,91	39,73
L111	Membrana elástica		Castanho	Liso	Mate	Não	110,74	27,68
L112	Lisa		Branco	Liso	Semi-mate	Não	0,00	0,00
	Lisa		Branco	Liso	Semi-mate	Não	0,00	0,00
	Lisa		Branco	Liso	Semi-mate	Não	0,00	0,00
L113	Membrana elástica		Cor-de-rosa escuro	Liso	Mate	Não	36,99	9,25
L114	Lisa		Amarelo	Liso	Semi-mate	Não	0,00	0,00
L115	Texturada		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	0,00	0,00
L116	Membrana elástica		Castanho	Liso	Mate	Não	252,90	63,23
L117	Membrana elástica		Cor-de-laranja	Liso	Mate	Não	3,25	0,81
L118	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Mate	Sim	231,86	57,96
	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Mate	Sim	275,89	68,97
L119	Membrana elástica		Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Acetinada	Não	8,00	2,00
	Membrana elástica		Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Acetinada	Não	5,68	1,42
	Membrana elástica		Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Acetinada	Não	4,69	1,17
L120	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinada	Não	0,00	0,00
	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinada	Não	0,00	0,00

L121	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinada	Não	0,00	0,00
	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinada	Não	8,36	2,09
L122	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinada	Não	0,00	0,00
	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinada	Não	0,00	0,00
L123	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinada	Não	5,00	1,25
L124	Membrana elástica		Cor-de-laranja	Rugoso	Acetinada	Não	0,00	0,00
L125	Membrana elástica		Cor-de-laranja	Rugoso	Acetinada	Não	0,00	0,00
L126	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinada	Não	5,00	1,25
	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinada	Não	0,00	0,00
L127	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinada	Não	0,00	0,00
	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinada	Não	4,23	1,06
L128	Membrana elástica		Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Acetinada	Não	0,00	0,00
	Membrana elástica		Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Acetinada	Não	12,50	3,13
L129	Membrana elástica		Cor-de-rosa claro	Liso	Mate	Não	21,33	5,33
L130	Texturada		Branco	Rugoso	Acetinada	Não	66,15	16,54
	Texturada		Branco	Rugoso	Acetinada	Não	75,00	18,75
	Texturada		Branco	Rugoso	Acetinada	Não	54,32	13,58
	Texturada		Branco	Rugoso	Acetinada	Não	72,20	18,05
L131	Membrana elástica		Amarelo	Liso	Mate	Não	107,07	26,77
L132	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	50,00	12,50
	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	101,83	25,46
	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	50,00	12,50
	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	79,13	19,78
L133	Lisa		Cor-de-rosa claro	Liso	Semi-mate	Não	0,00	0,00
L134	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	0,00	0,00
L135	Lisa (Nano)		Amarelo	Liso	Mate	Não	0,00	0,00
L136	Membrana elástica		Cor-de-rosa claro	Liso	Acetinada	Não	2,49	0,62
L137	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	52,26	13,07
L138	Membrana elástica		Cor-de-laranja	Liso	Mate	Não	25,00	6,25
	Membrana elástica		Cor-de-laranja	Liso	Mate	Não	26,14	6,53

	Membrana elástica		Cor-de-laranja	Liso	Mate	Não	50,00	12,50
L139	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	20,39	5,10
	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	36,72	9,18
	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	24,95	6,24
L140	Membrana elástica		Amarelo	Liso	Mate	Não	25,00	6,25
	Membrana elástica		Amarelo	Liso	Mate	Não	39,72	9,93
L141	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Mate	Não	1,39	0,35
	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Mate	Não	0,00	0,00
L142	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	76,85	19,21
L143	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Acetinada	Não	0,17	0,04
L144	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Mate	Sim	75,18	18,80
L145	Texturada	Pintura antiga	Cor-de-rosa claro	Rugoso	Mate	Não	33,14	8,29
L146	Texturada	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	76,15	19,04
L147	Lisa	Pintura antiga	Amarelo	Liso	Acetinada	Não	70,09	17,52
L148	Lisa	Reboco	Branco	Liso	Semi-mate	Sim	53,63	13,41
L149	Lisa (Pliolite)		Amarelo	Liso	Mate	Não	16,67	4,17
	Lisa (Pliolite)		Amarelo	Liso	Mate	Não	5,00	1,25
L150	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	6,43	1,61
	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	0,94	0,23
	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	4,75	1,19
L151	Lisa (Pliolite)		Castanho	Liso	Mate	Não	0,00	0,00
L152	Membrana elástica		Castanho	Liso	Acetinada	Não	0,00	0,00
	Membrana elástica		Castanho	Liso	Acetinada	Não	5,41	1,35
	Membrana elástica		Castanho	Liso	Acetinada	Não	5,72	1,43
L153	Lisa (Pliolite)		Branco	Liso	Mate	Não	5,23	1,31
	Lisa (Pliolite)		Branco	Liso	Mate	Não	1,04	0,26
	Lisa (Pliolite)		Branco	Liso	Mate	Não	5,88	1,47
L154	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	52,32	13,08
L155	Membrana elástica		Branco	Liso	Mate	Não	64,74	16,18
L156	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	96,59	24,15

L157	Texturada		Verde claro	Rugoso	Mate	Não	53,15	13,29
L158	Lisa		Cor-de-rosa escuro	Liso	Mate	Não	93,33	23,33
	Lisa		Cor-de-rosa escuro	Liso	Mate	Não	105,94	26,48
L159	Lisa		Verde claro	Liso	Acetinada	Não	75,98	19,00
L160	Texturada		Amarelo	Rugoso	Acetinada	Não	198,00	49,50
	Texturada		Branco	Rugoso	Acetinada	Não	15,00	3,75
1	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	61,31	15,33
2	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	68,30	17,08
3	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	112,20	28,05
4	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	78,14	19,53
5	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	63,11	15,78
6	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	61,49	15,37
7	Membrana elástica	Reboco	Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Mate	Não	0,00	0,00
8	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	40,06	10,01
9	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Acetinado	Não	196,54	49,14
10	Texturada	Pintura antiga	Branco	Rugoso	Mate	Não	77,12	19,28
11	Membrana elástica	Reboco	Branco	Rugoso	Acetinado	Não	77,46	19,36
12	Lisa		Cor-de-rosa claro	Liso	Mate	Não	52,68	13,17
13	Lisa		Cor-de-rosa claro	Liso	Mate	Não	62,14	15,54
14	Texturada	Pintura antiga	Branco	Rugoso	Mate	Não	72,10	18,03
15	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	81,49	20,37
16	Texturada		Cor-de-rosa claro	Rugoso	Mate	Não	69,69	17,42
17	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	98,79	24,70
18	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	71,38	17,84
19	Texturada		Cor-de-rosa claro	Rugoso	Mate	Sim	127,56	31,89
20	Membrana elástica	Pintura antiga	Branco	Rugoso	Acetinado	Não	82,20	20,55
21	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	128,96	32,24
22	Lisa	Pintura antiga	Cor-de-rosa claro	Liso	Mate	Não	75,21	18,80
23	Membrana elástica	Pintura antiga	Branco	Rugoso	Mate	Não	66,58	16,65
24	Membrana elástica	Pintura antiga	Cor-de-rosa claro	Rugoso	Acetinado	Não	28,63	7,16

25	Texturada	Pintura antiga	Cor-de-rosa claro	Rugoso	Mate	Não	90,34	22,58
26	Texturada		Amarelo	Rugoso	Mate	Sim	80,60	20,15
27	Lisa	Reboco	Branco	Liso	Mate	Não	32,50	8,13
28	Lisa	Pintura antiga	Cor-de-laranja	Liso	Mate	Não	46,79	11,70
29	Membrana elástica		Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Acetinado	Não	46,48	11,62
30	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	275,55	68,89
31	Lisa		Vermelho	Liso	Mate	Não	76,56	19,14
32	Membrana elástica	Reboco	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	0,00	0,00
33	Texturada		Castanho	Rugoso	Mate	Não	0,00	0,00
34	Texturada		Castanho	Rugoso	Mate	Não	63,73	15,93
35	Texturada		Castanho	Rugoso	Mate	Não	25,02	6,26
36	Texturada	Pintura antiga	Cor-de-rosa claro	Rugoso	Mate	Sim	82,28	20,57
37	Membrana elástica	Reboco	Cor-de-rosa claro	Rugoso	Acetinado	Não	40,00	10,00
38	Texturada	Pintura antiga	Castanho	Rugoso	Mate	Sim	137,91	34,48
39	Texturada	Reboco	Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Mate	Não	21,92	5,48
40	Lisa	Reboco	Azul claro	Liso	Mate	Não	2,50	0,63
41	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	115,13	28,78
42	Texturada	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	111,99	28,00
43	Texturada		Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Mate	Não	106,22	26,55
44	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	8,93	2,23
45	Texturada	Pintura antiga	Castanho	Rugoso	Mate	Não	117,79	29,45
46	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	112,73	28,18
47	Lisa		Amarelo	Liso	Mate	Não	65,97	16,49
48	Texturada		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	52,23	13,06
49	Lisa		Cor-de-laranja	Liso	Mate	Não	88,83	22,21
50	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	0,00	0,00
51	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	50,00	12,50
52	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	129,93	32,48
53	Lisa	Reboco	Amarelo	Liso	Mate	Não	32,07	8,02
54	Texturada		Cinzento claro	Rugoso	Mate	Não	90,51	22,63

55	Lisa		Amarelo	Liso	Mate	Não	89,28	22,32
56	Lisa		Branco	Liso	Mate	Não	81,09	20,27
57	Lisa	Reboco	Amarelo	Liso	Mate	Não	38,25	9,56
58	Lisa	Reboco	Cor-de-rosa claro	Liso	Mate	Não	32,90	8,22
59	Membrana elástica	Reboco	Cor-de-rosa claro	Rugoso	Mate	Não	30,48	7,62
60	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	33,97	8,49
61	Texturada		Castanho	Rugoso	Mate	Sim	138,43	34,61
62	Texturada	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Mate	Sim	201,54	50,38
63	Membrana elástica		Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	63,90	15,98
64	Membrana elástica		Cor-de-rosa claro	Rugoso	Acetinado	Não	67,47	16,87
65	Texturada	Reboco	Branco	Rugoso	Mate	Não	75,69	18,92
66	Texturada	Pintura antiga	Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Mate	Não	185,23	46,31
67	Texturada	Reboco	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	5,53	1,38
68	Membrana elástica	Reboco	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	4,21	1,05
69	Membrana elástica	Reboco	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	4,76	1,19
70	Lisa		Amarelo	Liso	Mate	Não	62,24	15,56
71	Lisa		Vermelho	Liso	Mate	Não	64,17	16,04
72	Texturada	Pintura antiga	Branco	Rugoso	Mate	Não	107,40	26,85
73	Texturada	Pintura antiga	Branco	Rugoso	Mate	Não	64,81	16,20
74	Texturada	Pintura antiga	Branco	Rugoso	Mate	Não	59,59	14,90
75	Membrana elástica	Reboco	Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Acetinado	Não	54,51	13,63
76	Texturada	Reboco	Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Mate	Não	3,50	0,88
77	Texturada	Reboco	Cor-de-rosa escuro	Rugoso	Mate	Não	2,44	0,61
78	Membrana elástica	Pintura antiga	Branco	Rugoso	Acetinado	Não	91,64	22,91
79	Texturada		Amarelo	Rugoso	Mate	Não	54,68	13,67
80	Texturada	Reboco	Branco	Rugoso	Mate	Não	0,00	0,00
81	Membrana elástica	Reboco	Verde escuro	Rugoso	Acetinado	Não	44,45	11,11
82	Membrana elástica		Cor-de-rosa claro	Rugoso	Acetinado	Não	49,15	12,29
83	Membrana elástica	Reboco	Cor-de-rosa claro	Rugoso	Mate	Não	0,00	0,00
84	Texturada	Pintura antiga	Cor-de-rosa claro	Rugoso	Mate	Não	51,27	12,82

85	Texturada	Reboco	Branco	Rugoso	Mate	Não	21,63	5,41
86	Texturada	Reboco	Branco	Rugoso	Mate	Não	30,73	7,68
87	Texturada	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	64,96	16,24
88	Membrana elástica	Reboco	Branco	Rugoso	Acetinado	Não	0,00	0,00
89	Texturada		Cor-de-laranja	Rugoso	Mate	Não	55,03	13,76
90	Texturada		Cor-de-laranja	Rugoso	Mate	Não	0,00	0,00
91	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	65,05	16,26
92	Texturada		Branco	Rugoso	Mate	Não	63,36	15,84
93	Membrana elástica	Reboco	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	32,44	8,11
94	Texturada	Pintura antiga	Branco	Rugoso	Mate	Não	94,22	23,55
95	Texturada	Reboco	Castanho	Rugoso	Mate	Não	11,08	2,77
96	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	57,26	14,32
97	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	50,00	12,50
98	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Mate	Não	42,18	10,54
99	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Sim	0,00	0,00
100	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Sim	1,66	0,42
101	Membrana elástica	Pintura antiga	Amarelo	Rugoso	Acetinado	Não	0,00	0,00
102	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Mate	Não	57,64	14,41
103	Membrana elástica		Branco	Rugoso	Mate	Não	53,45	13,36

	Chai (2011)
	Casos excluídos