



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa



ACADEMIA MILITAR
DULCE ET DECORUM EST PRO PATRIA MORI

SISTEMA DE INSPECÇÃO E DIAGNÓSTICO DE CAIXILHARIAS

Alberto José Correia dos Santos

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Militar

Júri

Presidente: Professor Doutor Luís Manuel Alves Dias
Orientador: Professor Doutor Jorge Manuel Caliço Lopes de Brito
Co-orientador: Professora Doutora Inês dos Santos Flores Barbosa Colen
Vogal: Doutor Armando Teófilo dos Santos Pinto
Vogal: Major João Carlos Martins Rei

Novembro de 2012

Resumo

Esta dissertação tem por objectivo criar um sistema de apoio à inspecção e diagnóstico de caixilharias, tendo em vista a normalização e sistematização das inspecções, auxiliando os intervenientes responsáveis por estas acções.

Neste trabalho, são propostas classificações de anomalias em caixilharias e de causas prováveis que potenciam o seu desenvolvimento e são ainda apresentadas matrizes de correlação “anomalias - causas” e “inter-anomalias”. A informação relativa a cada anomalia é apresentada em fichas individuais e inclui a sua designação, descrição, causas prováveis e consequências possíveis, aspectos a inspecionar, parâmetros de classificação e, por último, o nível de gravidade / urgência de reparação, com base nos parâmetros anteriores.

De forma a auxiliar o diagnóstico das anomalias e das causas em caixilharia, é apresentada a classificação dos ensaios não destrutivos de realização *in situ*, bem como uma matriz de correlação “anomalias - técnicas de diagnóstico”. São igualmente apresentadas fichas individuais das técnicas, onde constam informações como a designação, os objectivos, o equipamento necessário, a descrição do método, as vantagens e as limitações.

O sistema classificativo proposto foi validado através de uma campanha de inspecções a 295 caixilharias, sendo ainda apresentado um tratamento estatístico completo dos dados recolhidos.

A implementação prática deste sistema, através de uma ferramenta informática, permite a consecução dos vários objectivos propostos, nomeadamente auxiliar o inspector nas actividades de inspecção. Ao mesmo tempo, a normalização das inspecções permite aumentar a eficácia e eficiência das acções a tomar no âmbito da patologia destes elementos da envolvente.

Palavras-chave: janelas, portas, caixilharia, sistema de inspecção, anomalias, causas, diagnóstico.

Abstract

This dissertation aims to create a support system for the inspection and diagnosis of windows frames, for the standardization and systematization of inspections, assisting the parties responsible for these actions.

A classification of anomalies in windows frames and probable causes that enhance their development is proposed in this work and correlation matrices of “anomalies - causes” and “inter-anomalies” are also presented. The information of each anomaly is registered in individual sheets and includes its name, description, probable causes and possible consequences, points to inspect, classification parameters and, finally, severity level / repair urgency, based on the above parameters.

A classification of *in situ* non-destructive testing and correlation matrix “anomalies - diagnosis techniques” is presented in order to assist the diagnosis of anomalies and causes of windows frames. Individual sheets of the techniques, which contain information such as name, objectives, equipment needed, description of the method, advantages and limitations, are also presented.

The classification system proposed was validated through a campaign of inspections of 295 windows frames and a complete statistical treatment of data collected was done in this dissertation.

The practical implementation of this system in a computer tool allows the achievement of the various objectives proposed, namely to assist the inspector in the inspection activities. At the same time, the standardization of inspections increases the effectiveness and efficiency of actions to be taken concerning the pathology of these envelope elements.

Keywords: windows, doors, windows frames, inspection system, anomalies, causes, diagnosis.

Agradecimentos

Sendo este trabalho mais uma etapa importante no meu percurso académico e pessoal, não quero deixar de agradecer a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para a concretização deste objectivo.

Ao Professor Jorge de Brito, meu orientador científico, e à Professora Inês Flores-Colen, minha co-orientadora, pela disponibilidade concedida em todas as situações. Agradeço a ajuda e orientação que me disponibilizaram durante o decorrer deste trabalho.

Agradeço também a todos os profissionais que se disponibilizaram a responder às mais diversas questões técnicas, como o Doutor Armando Pinto, Assistente de Investigação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, assim como a todos os representantes das empresas contactadas, por facultarem todas as informações solicitadas.

Ao Major João Rei, meu actual director de curso, agradeço toda a disponibilidade demonstrada.

Aos Comandantes e restantes Oficiais que nos receberam, agradeço o facto de proporcionarem as inspecções às caixilharias das suas Unidades e pela hospitalidade e disponibilidade apresentadas.

Ao meu camarada de mestrado, Mário Vicente, pela colaboração prestada no trabalho em equipa.

À minha namorada, Sónia de Almeida, endereço um obrigado muito especial, pela sua presença e apoio constante no decorrer deste trabalho.

Por fim, agradeço à minha mãe e irmãos, a quem dedico este trabalho, pelo apoio incondicional ao longo de todo o meu percurso académico.

Índice geral

Capítulo 1

1.	Introdução.....	1
1.1.	Enquadramento do tema	1
1.2.	Razões e objectivos da dissertação	2
1.3.	Estado da arte	3
1.3.1.	A nível internacional.....	3
1.3.2.	A nível nacional	4
1.3.2.1.	Trabalhos académicos	4
1.3.2.2.	LNEC.....	5
1.3.3.	Linha de investigação	7
1.4.	Metodologia	8
1.5.	Estrutura / organização da dissertação.....	9

Capítulo 2

2.	Tecnologia das caixilharias.....	11
2.1.	Introdução.....	11
2.2.	Vão, envidraçado e caixilharia.....	11
2.3.	Requisitos funcionais.....	12
2.4.	Tipologia	14
2.4.1.	Janelas	14
2.4.2.	Portas.....	18
2.5.	Materiais	19
2.5.1.	Caixilharia de madeira	19
2.5.2.	Caixilharia de ferro / aço	22
2.5.3.	Caixilharia de alumínio	23
2.5.4.	Caixilharia de PVC.....	25
2.5.5.	Caixilharias mistas	26
2.5.6.	Repartição de mercado	27
2.6.	Síntese.....	28

Capítulo 3

3.	Patologia das caixilharias	29
3.1.	Introdução.....	29
3.2.	Revisão bibliográfica	30
3.3.	Classificação das anomalias.....	33
3.4.	Caracterização das anomalias	34
3.4.1.	Condensações.....	34
3.4.1.1.	Condensações no exterior dos vidros.....	35
3.4.1.2.	Condensações no interior dos vidros (quando múltiplos).....	36
3.4.2.	Descolamentos	36
3.4.2.1.	Descolamento / ausência de masticues, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro.....	36
3.4.2.2.	Desprendimento / ausência de peças (caixilhos/ bites/ pingadeiras)	38
3.4.3.	Deformações excessivas.....	38

3.4.4.	Folgas / frestas	39
3.4.4.1.	Folgas entre aro e vão ou entre aro e folha(s) (excessiva ou insuficiente).....	39
3.4.4.2.	Juntas abertas / frestas.....	40
3.4.4.3.	Desnívelamento entre folhas.....	41
3.4.5.	Elementos partidos / danificados	41
3.4.5.1.	Vidros partidos.....	41
3.4.5.2.	Dobradiças danificadas / ausentes	42
3.4.5.3.	Mecanismos de fecho danificados / ausentes.....	42
3.4.6.	Acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica	43
3.4.7.	Degradação.....	44
3.4.7.1.	Degradação do revestimento / acabamento	45
3.4.7.2.	Degradação dos materiais dos caixilhos	45
3.4.8.	Infiltrações.....	49
3.5.	Classificação das causas associadas	50
3.5.1.	Erros de projecto	52
3.5.2.	Erros de execução e montagem	53
3.5.3.	Ações de origem mecânica	54
3.5.4.	Ações ambientais e biológicas	55
3.5.5.	Erros de utilização e manutenção	58
3.6.	Matrizes de correlação.....	59
3.6.1.	Introdução	59
3.6.2.	Matriz de correlação “anomalias - causas mais prováveis”	59
3.6.3.	Matriz de correlação “inter-anomalias”	62
3.7.	Fichas de anomalias	64
3.8.	Síntese	65

Capítulo 4

4.	Técnicas de diagnóstico	67
4.1.	Introdução.....	67
4.2.	Classificação das técnicas de diagnóstico	68
4.2.1.	Medição de fissuras e folgas / frestas	68
4.2.2.	Medição da inclinação.....	70
4.2.3.	Avaliação de esquadrias / alinhamentos	71
4.2.4.	Projecção de água	71
4.2.5.	Submersão da base da caixilharia	72
4.2.6.	Teste do Ventilador	73
4.2.7.	Correntes induzidas.....	74
4.2.8.	Ultra-sons	75
4.2.9.	Avaliação do isolamento sonoro	76
4.2.10.	Medição da temperatura (superficial e ambiente)	76
4.2.11.	Medição da humidade (ambiente e dos materiais).....	77
4.2.12.	Termografia de infravermelhos.....	78
4.3.	Matriz de correlação “anomalias - técnicas de diagnóstico”	79
4.4.	Fichas dos métodos de diagnóstico	81
4.5.	Síntese	82

Capítulo 5

5.	Validação do sistema e análise estatística	83
5.1.	Introdução.....	83
5.2.	Plano de inspeções	83
5.2.1.	Mapeamento das caixilharias na fachada	84
5.2.2.	Fichas de inspeção	85
5.2.3.	Fichas de validação	86
5.3.	Caracterização da amostra.....	86
5.4.	Validação do sistema classificativo	89
5.4.1.	Validação do sistema classificativo das anomalias.....	89
5.4.2.	Validação do sistema classificativo das causas.....	90
5.4.3.	Validação do sistema classificativo das técnicas de diagnósticos	94
5.5.	Validação das matrizes de correlação	95
5.5.1.	Matriz de correlação “anomalias - causas mais prováveis”	96
5.5.2.	Matriz de correlação “inter-anomalias”	100
5.5.3.	Matriz de correlação “anomalias - técnicas de diagnóstico”	101
5.6.	Análise estatística.....	105
5.6.1.	Comparação dos resultados com os observados em estudos anteriores	105
5.6.2.	Frequência observada das anomalias.....	106
5.6.3.	Frequência observada das anomalias por material.....	108
5.6.4.	Contribuição das causas para as anomalias	113
5.6.5.	Análise da relação entre anomalias e técnicas de diagnóstico	118
5.6.6.	Contribuição de outros parâmetros para o desenvolvimento de anomalias	120
5.7.	Conclusão	122

Capítulo 6

6.	Conclusões	125
6.1.	Considerações finais.....	125
6.2.	Perspectivas de desenvolvimentos futuros.....	126

Referências

Referências bibliográficas	129
Referências webgráficas	136

Anexos

Anexo 3.I - Fichas de anomalias	3.I
Anexo 4.I - Fichas dos métodos de diagnóstico	4.I
Anexo 5.I - Fichas-tipo de inspeção	5.I
Anexo 5.II - Fichas-tipo de validação	5.II
Anexo 5.III - Exemplo prático de ficha de inspeção.....	5.III
Anexo 5.IV - Exemplo prático de ficha de validação	5.IV
Anexo 5.V - Comparação entre valores das matrizes de correlação “anomalias-causas mais prováveis”	5.V

Índice de figuras

Capítulo 1

Figura 1.1 - “Standards for Preservation and Rehabilitation” (à esquerda), “The REHAB Guide - Windows and Doors” (ao centro) e “Windows - History, Repair and Conservation” (à direita)	3
Figura 1.2 - “Guide technique 4 - Les Fenêtres à Battants” (à esquerda), “Guide technique 5 - Les Fenêtres à Guillotine” (ao centro) e “Guide technique 11 - Les Portes et les Portes Cochères”	4
Figura 1.3 - Seminários LNEC.....	6
Figura 1.4 - Publicações LNEC: ITE - Informação Técnica de Edifícios	6
Figura 1.5 - Módulos do sistema de apoio à inspeção e diagnóstico de caixilharias.....	8

Capítulo 2

Figura 2.1 - Constituição do vão (à esquerda) e componentes de uma caixilharia (janela) de alumínio com abertura de batente	12
Figura 2.2 - Câmara de ensaios para a realização dos ensaios de permeabilidade ao ar estanqueidade à água e resistência ao vento (à esquerda) e equipamento para a realização dos ensaios mecânicos (à direita)	14
Figura 2.3 - Janela fixa (alçado, forma de ventilação e perspectiva).....	15
Figura 2.4 - Janela de batente (alçado, forma de ventilação e perspectiva).....	15
Figura 2.5 - Janela basculante de eixo inferior (alçado, forma de ventilação e perspectiva).....	15
Figura 2.6 - Janela basculante de eixo superior (ou projectante) (alçado, forma de ventilação e perspectiva)	16
Figura 2.7 - Janela oscilo-batente (alçado, formas de ventilação e perspectivas)	16
Figura 2.8 - Janela pivotante vertical (alçado, forma de ventilação e perspectiva)	16
Figura 2.9 - Janela pivotante horizontal (alçado, forma de ventilação e perspectiva).....	16
Figura 2.10 - Janelas de correr (alçado, forma de ventilação e perspectiva)	17
Figura 2.11 - Janela de guilhotina (alçado, forma de ventilação e perspectiva)	17
Figura 2.12 - Janela vitrô (alçado, forma de ventilação e perspectiva)	18
Figura 2.13 - Exemplos de janelas especiais ou compostas	18
Figura 2.14 - Porta de batente (alçado, planta e perspectiva)	18
Figura 2.15 - Porta em harmónio (à esquerda), porta de correr (ao centro) e porta de correr embutida (à direita).....	19
Figura 2.16 - Caixilharia de madeira	20
Figura 2.17 - Caixilharia de madeira lamelada: tem um comportamento mais homogéneo e mais isotrópico, permitindo variações dimensionais muito pequenas (evita o empenamento).....	21
Figura 2.18 - Tipos de revestimentos: janela em madeira pintada (à esquerda), janela e portadas envernizadas (ao centro) e porta tradicional com aplicação de velatura (à direita)	22
Figura 2.19 - Caixilharia e gradeamento em ferro forjado - Lapa, Portugal (à esquerda) e janela de aço (à direita)	23
Figura 2.20 - Porta pedonal exterior de aço laminado pintada (à esquerda) e porta corta-fogo, concebida em dupla chapa de aço galvanizado (à direita)	23
Figura 2.21 - Caixilharia de alumínio com corte térmico.....	24
Figura 2.22 - Caixilharia de alumínio anodizado (à esquerda) e caixilharia de alumínio termolacado (à direita).....	25
Figura 2.23 - Perfil de PVC com reforços metálicos (representados a vermelho).....	26
Figura 2.24 - Lacagem (à esquerda), aplicação de película (ao centro) e tipos de películas (à direita)	26
Figura 2.25 - Exemplos de caixilharias mista: madeira / alumínio (à esquerda); madeira / PVC (ao centro) e PVC / alumínio (à direita)	26
Figura 2.26 - Repartição relativa dos materiais das caixilharias no mercado Europeu	27
Figura 2.27 - Repartição relativa dos materiais das caixilharias no mercado Ibérico.....	27

Figura 2.28 - Estimativa da repartição e relativa do volume de caixilharias pelas tipologias dominantes (de batente e de correr) no mercado Português	27
--	----

Capítulo 3

Figura 3.1 - Frequência das anomalias das caixilharias dos edifícios da Baixa de Coimbra	33
Figura 3.2 - Diagrama de Mollier (à esquerda) e representação esquemática do vidro duplo (à direita)	35
Figura 3.3 - Condensação no exterior dos vidros (face 4) (à esquerda) e exemplo de drenagem num caixilho alumínio (à direita)	35
Figura 3.4 - Condensação no interior dos vidros (à direita) e condensação no interior dos caixilhos (à esquerda)	36
Figura 3.5 - Descolamento de masticues (à esquerda), cordão de estanqueidade mal colocado (ao centro) e desprendimento da massa de vidraceiro à direita	37
Figura 3.6 - Ausência de bite (à esquerda) e ausência de pingadeira (à direita)	38
Figura 3.7 - Formas de fixação dos bites: a) colagem; b) pregagem ou aparafusagem; c) encaixe	38
Figura 3.8 - Porta encravada por dilatação do caixilho (à esquerda) e empeno em caixilharia de madeira (à direita) ...	39
Figura 3.9 - Folga entre aro e vão excessiva (à esquerda); imagem termográfica - transmissão elevada de calor através da junta entre aro e folha (à direita)	40
Figura 3.10 - Junta aberta de ligação entre caixilhos (caixilharia de alumínio)	40
Figura 3.11 - Desnívelamento entre folhas	41
Figura 3.12 - Janelas com vidros partidos	42
Figura 3.13 - Dobradiças danificadas	42
Figura 3.14 - Mecanismos de fecho danificados	43
Figura 3.15 - Acumulação de folhas no caixilho (à esquerda) e obturação dos rasgos drenantes (à direita)	43
Figura 3.16 - Acção das aves na acumulação de detritos	44
Figura 3.17 - Colonização biológica na face exterior da caixilharia (à esquerda e ao centro) e no masticue da face interior da caixilharia (à direita)	44
Figura 3.18 - Descamação da pintura - caixilharia de madeira (à esquerda) e empolamento da lacagem - caixilharia de alumínio (à direita)	45
Figura 3.19 - Radiação solar na Europa (à esquerda) e em Portugal (à direita)	49
Figura 3.20 - Infiltração através da folga entre o aro e o vão (à esquerda) e visão termográfica de uma janela que padece de infiltrações (à direita)	49
Figura 3.21 - Corte esquemático	50
Figura 3.22 - Valores europeus das principais causas de anomalias na construção.	52
Figura 3.23 - Folga dada pelos entrevistados à caixilharia de alumínio da série PR.60	53
Figura 3.24 - À esquerda, deformação do suporte: por incorrecta capacidade resistente do lintel (na janela esquerda) e por assentamento diferencial (na janela à direita); à direita, deformação do suporte por acção sísmica	54
Figura 3.25 - Caixilharias danificadas por arrombamento	55
Figura 3.26 - Níveis de exposição das fachadas face à sua orientação - Espanha	56
Figura 3.27 - Reforço do vidro (à esquerda) e protecção da caixilharia (à direita)	56
Figura 3.28 - Condensação e consequente humedificação da madeira (à esquerda) e principais fontes de vapor de água numa habitação	57
Figura 3.29 - Exemplos de manuseamento incorrecto dos mecanismos e partes móveis	58
Figura 3.30 - Operações de manutenção: à esquerda, lubrificação dos mecanismos; à direita, limpeza de restos de cimento em caixilho lacado (nestes casos devem ser utilizados produtos de limpeza recomendados pelos respectivos fabricantes)	59

Capítulo 4

Figura 4.1 - Fissuração das fachadas a partir dos vãos.....	69
Figura 4.2 - Comparador de fissuras (à esquerda) e medidor óptico (à direita)	69
Figura 4.3 - Fissurómetro (à esquerda) e alongâmetro mecânico (à direita).....	70
Figura 4.4 - Folga excessiva (à esquerda) e junta com abertura significativa (à direita).....	70
Figura 4.5 - Régua de nível digital (à esquerda) e nível <i>laser</i> (à direita).....	71
Figura 4.6 - Avaliação de esquadria recorrendo ao nível laser e fita métrica	71
Figura 4.7 - Molhagem dos caixilhos (à esquerda) e infiltração da água de molhagem (à direita).....	72
Figura 4.8 - Concepção do canal utilizando fita adesiva impermeável (à esquerda) e enchimento do canal com água (à direita)	72
Figura 4.9 - <i>Blower-door test</i> : representação do funcionamento do ensaio (à esquerda); ventilador instalado numa porta (à direita).....	73
Figura 4.10 - Detecção de fugas de ar pela caixilharia	73
Figura 4.11 - Princípios do método de ensaios por correntes induzidas.....	74
Figura 4.12 - Campo magnético distorcido (à direita) por variações no material	75
Figura 4.13 - Exemplos de medidores de espessura por ultra-sons	75
Figura 4.14 - Sonómetro - elevado por acção de uma vara metálica (à esquerda) e fonte sonora dodecaédrica (à direita)	76
Figura 4.15 - Termómetro digital (à esquerda) e exemplo de termo-higrómetros (à direita)	77
Figura 4.16 - Exemplo de humidímetro existente no mercado	78
Figura 4.17 - Exemplos de câmaras termográficas (à esquerda) e termograma obtido durante uma análise termográfica (à direita).....	78
Figura 4.18 - Controlo de produção da caixilharia recorrendo a termografia de infravermelhos	79
Figura 4.19 - Inspeção a janela recorrendo à termografia de infravermelhos	79

Capítulo 5

Figura 5.1 - Exemplo de mapeamento das caixilharias na fachada.....	84
Figura 5.2 - Disposição geográfica das Unidades Militares visitadas.....	87
Figura 5.3 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das idades das caixilharias inspeccionadas	88
Figura 5.4 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) dos tipos de caixilharia inspeccionada	88
Figura 5.5 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das caixilharias inspeccionadas em função da sua orientação.....	88
Figura 5.6 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das caixilharias inspeccionadas em relação à sua função	88
Figura 5.7 - Frequência absoluta (em cima) e relativa (em baixo) das anomalias identificadas nas caixilharias	89
Figura 5.8 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das causas do grupo C-P - Erros de projecto / concepção.....	91
Figura 5.9 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das causas do grupo C-E - erros de execução e montagem	92
Figura 5.10 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das causas do grupo C-M - acções de origem mecânica.....	92
Figura 5.11 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das causas do grupo C-A - acções ambientais e biológicas	93
Figura 5.12 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das causas do grupo C-U - erros de utilização e de manutenção.....	94
Figura 5.13 - Frequência absoluta das técnicas auxiliares de diagnóstico	95
Figura 5.14 - Probabilidade de ocorrência de cada anomalia numa caixilharia	105

Figura 5.15 - Contribuição relativa de cada anomalia na amostra total	106
Figura 5.16 - Contribuição de cada grupo classificativo na totalidade de anomalias observadas	107
Figura 5.17 - Níveis de urgência de intervenção atribuídos às anomalias da amostra	107
Figura 5.18 - Nível de gravidade / urgência do total de anomalias da amostra.....	108
Figura 5.19 - Média de anomalias registadas nos diferentes tipos de caixilharias inspeccionadas	109
Figura 5.20 - Distribuição relativa dos tipos de caixilharias da amostra e, dentro destes, das respectivas datas de aplicação	110
Figura 5.21 - Frequência de ocorrência das anomalias registadas em caixilharias de ferro /aço e madeira	110
Figura 5.22 - Frequência de ocorrência das anomalias registadas em caixilharias de alumínio e PVC.....	111
Figura 5.23 - Nível de gravidade / urgência do total de anomalias de cada um dos tipos de caixilharias	112
Figura 5.24 - Contribuição relativa de cada grupo de causas para a ocorrências de anomalias	113
Figura 5.25 - Contribuição das causas para a anomalia A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro	114
Figura 5.26 - Contribuição da causa para a anomalia A-E1 - degradação do revestimento / acabamento	115
Figura 5.27 - Contribuição das causas para a anomalia A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica.....	115
Figura 5.28 - Contribuição das causas para a anomalia A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos	116
Figura 5.29 - Contribuição das causas para a anomalia A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes.....	116
Figura 5.30 - Contribuição das causas para a anomalia A-Q1 - vidros quebrados	117
Figura 5.31 - Contribuição de cada grupo de causas para as anomalias com frequências relativas inferiores a 18% ...	118
Figura 5.32 - Frequência de prescrição das técnicas de diagnóstico para a totalidade de anomalias observadas.....	118
Figura 5.33 - Frequência relativa de cada método de diagnóstico por tipo de caixilharia.....	120
Figura 5.34 - Média de anomalias registadas por idade das caixilharias.....	120
Figura 5.35 - Média de anomalias registadas por função das caixilharias	121
Figura 5.36 - Média de anomalias registadas em função da orientação das caixilharias.....	121
Figura 5.37 - Desenvolvimento de microorganismos; caixilharias semelhantes com orientações diferentes.....	122
Figura 5.38 - Degradação do revestimento; caixilharias semelhantes com orientações diferentes	122

Índice de quadros

Capítulo 2

Quadro 2.1 - ITT para janelas de peitoril e de sacada e para portas pedonais exteriores	13
Quadro 2.2 - Espécies recomendadas para o fabrico de caixilharias	20

Capítulo 3

Quadro 3.1 - Principais anomalias das caixilharias do Palácio Nacional de Sintra	30
Quadro 3.2 - Causas possíveis das anomalias em caixilharia	30
Quadro 3.3 - Anomalias mais comuns em caixilharias de PVC e as suas possíveis causas.....	31
Quadro 3.4 - Anomalias mais comuns em caixilharias de alumínio e as suas possíveis causas	32
Quadro 3.5 - Anomalias mais comuns em vãos exteriores	32
Quadro 3.6 - Classificação proposta de anomalias em caixilharias.....	34
Quadro 3.7 - Principais causas de deterioração dos mastiques.....	37
Quadro 3.8 - Factores de degradação de revestimentos por pintura	45
Quadro 3.9 - Classe de risco de ataque biológico segundo NP EN 335-2:1994.....	47
Quadro 3.10 - Factores de degradação dos plásticos.....	48
Quadro 3.11 - Classificação proposta das causas das anomalias em caixilharia	51
Quadro 3.12 - Classificação das causas associadas à anomalia <i>A-F2 - juntas abertas / frestas</i>	60
Quadro 3.13 - Matriz de correlação "anomalias - causas mais prováveis"	60
Quadro 3.14 - Matriz de correlação "inter-anomalias"	63
Quadro 3.15 - Matriz de correlação percentual "inter-anomalias".....	64
Quadro 3.16 - Ficha de anomalia <i>A-C1 - condensações no exterior dos vidros</i>	66

Capítulo 4

Quadro 4.1 - Técnicas de diagnóstico <i>in situ</i> para caixilharias	68
Quadro 4.2 - Matriz de correlação "anomalias - técnicas de diagnóstico"	80
Quadro 4.3 - Correlação entre os ensaios <i>in situ</i> e a anomalia <i>A-E2 degradação dos materiais dos caixilhos</i>	81
Quadro 4.4 - Ficha de ensaio <i>D-H1 - projecção de água</i>	82

Capítulo 5

Quadro 5.1 - Identificação e caracterização das inspeções.....	84
Quadro 5.2 - Síntese das Unidades Militares visitadas	87
Quadro 5.3 - Análise dos casos de discrepância da relação entre anomalias e causas.....	97
Quadro 5.4 - Comparação entre as matrizes de correlação "inter-anomalias" teórica final (linha superior) e da amostra (linha inferior).....	102
Quadro 5.5 - Comparação da matriz de correlação "anomalias - técnicas de diagnóstico" teórica (linha superior) e a recomendação de cada técnica para cada anomalia no trabalho de campo (linha inferior)	103
Quadro 5.6 - Análise dos casos de discrepância da relação entre anomalias e técnicas de diagnóstico	104

Lista de acrónimos

ABAL	Associação Brasileira de Alumínio
AQC	<i>Agence Qualité Construction</i>
ASEFAVE	<i>Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas</i>
CE	<i>Conformité Européene</i>
DAAUM	Departamento Autónomo de Arquitectura da Universidade do Minho
DPC	Directiva 89/106/CE relativa aos Produtos de Construção
EEE	Espaço Económico Europeu
EN	<i>European Norm</i>
EUA	Estados Unidos da América
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
HUD	<i>Department of Housing and Urban Development</i>
IEA	<i>Irish Energy Assessors</i>
IECC	<i>International Energy Conservation Code</i>
IST	Instituto Superior Técnico
ITC	<i>Infrared Training Centre</i>
ITT	<i>Inicial Type Test</i>
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LNEC/LEC	Laboratório de Ensaio de Caixilharias do LNEC
NP	Norma Portuguesa
PRFV	Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro
PVC	Policloreto de Vinilo
RRAE	Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios
TEC	<i>The Energy Conservatory</i>

1. Introdução

1.1. Enquadramento do tema

As janelas / portas são aberturas na envolvente do edifício que apresentam múltiplos requisitos de desempenho, por vezes contraditórios. Por um lado, visam proporcionar ligação e contacto visual com exterior, entrada de luz natural e ventilação e, por outro, pretende-se que impeçam a entrada de elementos estranhos e protejam o espaço habitável das condições adversas do exterior.

Apesar de as janelas / portas representarem uma porção relativamente pequena da envolvente, as suas funções são extremamente importantes para edifício. Por exemplo, no que respeita à eficiência térmica, estima-se que, para um edifício comum, as janelas contribuam em cerca de 30 a 50% para o total de perdas da envolvente (Gustavsen *et al.*, 2011).

No início do século XX, com o nascimento da arquitectura moderna, surgiu a tendência de aumentar a área dos envidraçados, fazendo com que esses tenham actualmente de uma importância ainda maior nas construções.

A qualidade dos envidraçados reflecte-se directamente nas condições de habitabilidade dos utentes. Torna-se, desta forma, importante que essas satisfaçam requisitos tais como: resistência mecânica e estabilidade; segurança contra incêndios; higiene, saúde e ambiente; segurança na utilização; protecção contra o ruído; poupança energética (NP EN 14351-1:2008). Estes requisitos são garantidos, em grande parte, pelas caixilharias que compõem os envidraçados.

Considera-se a caixilharia o elemento da janela / porta que faz a transição entre a área envidraçada e a área opaca da fachada.

A caixilharia suporta os painéis de vidro, garante a estanqueidade dos espaços interiores, absorve solicitações diversas (por exemplo, a força do vento) e dá um importante contributo para a optimização do desempenho energético do edifício.

As caixilharias podem ser constituídas por diferentes materiais. Os mais comuns no parque edificado nacional e que serão alvo de maior estudo durante esta dissertação são: a madeira, o ferro / aço, o alumínio e o PVC.

Esta diversidade de materiais foi surgindo ao longo do tempo, pela ordem apresentada, sobretudo na tentativa de melhorar as condições de conforto e habitabilidade dos edifícios.

Nos edifícios, a caixilharia ocupa uma área significativa dos vãos e, portanto, é bastante significativo o impacto das características térmicas da caixilharia no desempenho energético dos edifícios e nas condições de conforto interiores, devendo ser alvo de um estudo cuidado nos projectos de reabilitação. Efectivamente, a caixilharia corrente tem um baixo isolamento térmico face aos elementos opacos da envolvente, sendo normalmente um dos locais privilegiados de ocorrência de condensações, bem como de excessivas infiltrações de ar e água (Pinto, 2003).

Em resultado das maiores preocupações dos intervenientes nas fases de concepção e de construção em cumprir as normas estabelecidas, assim como das crescentes exigências por parte dos utentes, as caixilharias têm vindo a satisfazer as exigências teóricas que lhes competem.

No entanto, a fim de garantir que essas exigências se verificam na prática, há que prevenir o aparecimento de problemas patológicos. É portanto necessário um plano de manutenção adequado na fase de utilização para que se possam conservar as características de qualidade do produto durante o seu período de vida útil.

Quando tal prevenção não for atempada, uma vez aparecidas as anomalias, há que as distinguir, diagnosticar correctamente as suas causas e providenciar a adequada solução de reparação a empregar.

1.2. Razões e objectivos da dissertação

A reabilitação de edifícios é actualmente reconhecida como uma necessidade nacional para a qual convergem oportunidades para: o desenvolvimento económico; a defesa / salvaguarda de bens culturais e patrimoniais; a melhoria das condições de vida e de consumos energéticos e dinamização social (Tavares, 2011).

Apesar desta preocupação crescente com a reabilitação dos centros históricos e do património edificado em geral, verifica-se que uma enorme percentagem de operações de reabilitação não é enquadrada por uma reflexão, diagnóstico ou projecto atento a cada caso. Frequentemente os resultados são desastrosos (Lopes, 2006).

Os vãos e as caixilharias são elementos fundamentais na história da arquitectura e da construção. Segundo Le Corbusier (1981), “a história da arquitectura é a história da luta pela janela”. De facto, estes elementos cumprem um papel importante na imagem e textura do edifício, contribuindo definitivamente para a manutenção dos níveis de autenticidade do mesmo.

Muito embora as novas exigências técnicas regulamentares em termos acústicos e térmicos, actualmente em discussão dadas as alterações maciças que obrigam, muita bibliografia, internacional (Roy, 1989) (Kelley *et al.*, 1996) (HUD, 1999) (Tutton e Hirst, 2007) e nacional (Lopes, 2006) (Tavares *et al.*, 2011), sugere a manutenção das portas e janelas existentes (especialmente as de madeira), mesmo que para tal venham a ser necessários outros complementos.

Apesar de se tratar um tema há muito debatido a nível internacional, a nível nacional trata-se de uma discussão relativamente recente e de reduzido destaque. Urge, contudo, que este debate seja apressado e que sejam definidas estratégias concisas, uma vez que existe um plano nacional de acção para a eficiência energética que tem como objectivo alcançar 10% de eficiência energética até 2015. Este plano pretende incentivar a substituição de vidros e caixilharia ineficientes do ponto de vista energético, por vidros duplos e caixilharia com isolamento térmico, sendo que até 2015 se prevê a reabilitação de superfícies envidraçadas em cerca de 160 000 fogos com a instalação de 1,6 milhões de m² de vidros mais eficientes (FREZITE, 2009).

Foi na defesa desta abordagem que o presente trabalho de investigação foi elaborado, acreditando que só o conhecimento aprofundado das características dos materiais e da tecnologia subjacente às caixilharias e a implementação de metodologias rigorosas de observação, registo, análise e avaliação das anomalias permitem proceder a um diagnóstico correcto das suas causas e seleccionar a adequada solução de reparação a aplicar.

Assim, a presente dissertação tem como objectivo o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à inspecção e diagnóstico de anomalias em caixilharias, através de um sistema classificativo de anomalias e causas associadas.

Para além disto, são identificadas as técnicas de diagnóstico mais adequadas a cada tipo de caixilharia e a cada anomalia detectada, sendo que as correspondentes técnicas de reparação são desenvolvidas na dissertação que complementa este trabalho e que se designa “Tecnologia e Reabilitação de Caixilharias” (Vicente, 2012).

Com a realização desta dissertação, pretende-se ainda correlacionar, através de matrizes, os diversos dados obtidos, tais como as relações: inter-anomalias, anomalias - causas e anomalias-técnicas de diagnóstico.

É ainda objectivo desta investigação a elaboração de um trabalho de campo, que possibilite a análise estatística das frequências observadas das anomalias, causas e técnicas de diagnóstico, permitindo, desse modo, a validação do sistema classificativo proposto.

1.3. Estado da arte

A importância das caixilharias no desempenho energético e habitacional e no valor arquitectónico de um edifício tem vindo a ser reconhecida, do que são prova os vários elementos bibliográficos, quer a nível internacional, quer nacional, subordinados ao tema.

1.3.1. A nível internacional

A nível internacional, os documentos que mais se aproximam dos objectivos desta dissertação são: os guias de reabilitação Norte Americanos “Standards for Preservation and Rehabilitation” (Figura 1.1, à esquerda), “The REHAB Guide - Windows and Doors” (Figura 1.1, ao centro); o livro “Windows - History, Repair and Conservation” (Figura 1.1, à direita); e os “Guides techniques” do serviço de urbanismo da província do Québec.



Figura 1.1 - “Standards for Preservation and Rehabilitation” (à esquerda), “The REHAB Guide - Windows and Doors” (ao centro) e “Windows - History, Repair and Conservation” (à direita)

O “Standards for Preservation and Rehabilitation” data de 1996 e apresenta uma colectânea de 32 artigos científicos de diferentes autores que abordam diversos métodos utilizados na inspecção, manutenção e reabilitação de habitações. Dessa colectânea, faz parte o artigo “Window Systems: Repair versus Replément” em que os autores apresentam de forma resumida um guia que estabelece métodos para comparar desempenhos, estética, custo e durabilidade de técnicas de reabilitação de janelas (Kelley *et al.*, 1996).

O “The REHAB Guide - Windows and Doors” data de 1999 e faz parte de um conjunto de nove guias elaborados pelo Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano Norte Americano. Este conjunto de guias expõe um apanhado de técnicas, materiais e tecnologias de reabilitação de edifícios, cabendo ao volume 4, “Windows and Doors”, a temática das janelas e caixilharias (HUD, 1999).

O livro **“Windows - History, Repair and Conservation”**, de entre os documentos encontrados é o mais completo; escrito por uma equipa de 15 especialistas; colecta e relaciona as abordagens de historiadores, arquitectos, engenheiros, artesãos e restauradores. Trata-se de um trabalho enciclopédico dividido em três partes: a primeira aborda a história e tecnologia da janela e do vidro, a segunda, apresenta uma análise da legislação respeitante ao tema e a terceira detalha as técnicas adequadas ao reparo e conservação (Tutton, 2007).

Os **“Guides techniques”** são um conjunto de 15 guias práticos, elaborados pelo serviço de urbanismo da província do Québec, destinados aos seus habitantes de forma a estimular hábitos de conservação e reabilitação que vão ao encontro da manutenção da autenticidade arquitectónica da região. De entre os referidos guias, três abordam o tema das caixilharias: o **“Guide technique 4 - Les Fenêtres à Battants”** (Martin, 1988), que trata das janelas de batente; o **“Guide technique 5 - Les Fenêtres à Guillotine”** (Martin, 1988b), que aborda as janelas guilhotina; e o **“Guide technique 11 - Les Portes et les Portes Cochères”**, que trata das portas e portões característicos do local (Roy, 1991).

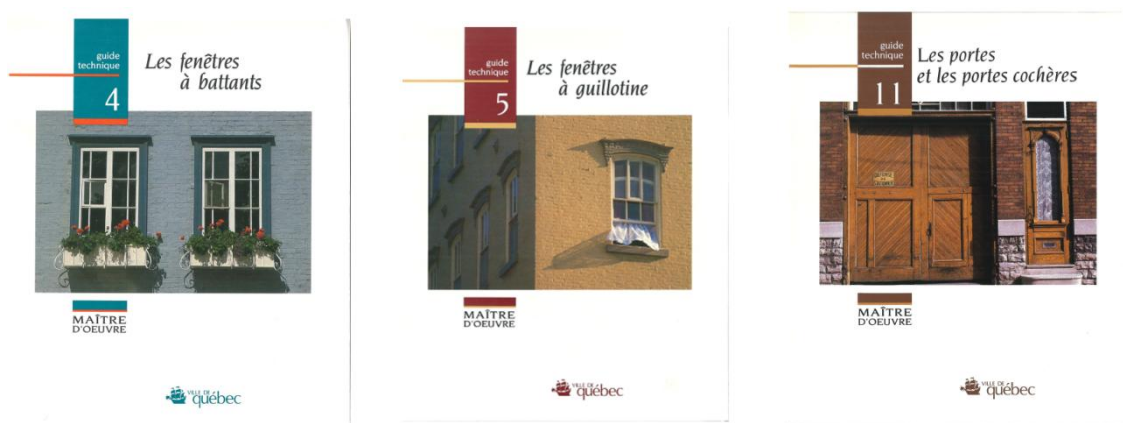


Figura 1.2 - “Guide technique 4 - Les Fenêtres à Battants” (à esquerda), “Guide technique 5 - Les Fenêtres à Guillotine” (ao centro) e “Guide technique 11 - Les Portes et les Portes Cochères”

Contudo, apesar de estes documentos fornecerem um enorme contributo para a temática em questão, nenhum apresenta um sistema de inspecção e diagnóstico de caixilharias, nem uma descrição das anomalias, respectivas causas e técnicas de diagnóstico de forma suficientemente detalhada e clara como se pretende com a presente dissertação.

1.3.2. A nível nacional

A nível nacional, a discussão em volta da reabilitação de caixilharias é ainda relativamente recente e de reduzido destaque, não se encontrando facilmente documentos exclusivos e específicos ao objecto em questão.

Contudo, encontram-se, no seio académico e científico, importantes contributos parcelares ao nível da investigação, organização e sintetização de informação relativa a este tema.

1.3.2.1. Trabalhos académicos

No âmbito da reabilitação, apesar de apresentar uma amostra bastante específica, merece destaque a dissertação de mestrado em reabilitação do património edificado, intitulada **“Reabilitação de Caixilharias**

de Madeira em Edifícios do Século XIX e Início do Século XX". Nessa, o autor debruça-se sobre o estudo do edificado corrente portuense do século XIX e analisa a caixilharia de duas folhas e bandeira, difundida de forma generalizada por toda a cidade, apresentando seis estratégias de reabilitação que nascem da análise do enquadramento exigencial e do diagnóstico da cada caso, que vão desde o restauro à selecção exigencial de uma nova caixilharia (Lopes, 2006).

No mesmo âmbito, surge a dissertação de mestrado, **"Janelas e Portadas Históricas - História, Desempenho, Reparação e Conservação"**, que trata em detalhe a história, a tecnologia e a preservação de janelas antigas, apresentando ainda, de forma breve, algumas técnicas para a sua reparação (Gomes, 2009).

Também Gonçalves (2010), com a dissertação **"Reabilitação de Caixilharias de Edifícios Antigos"**, aborda esta temática, defendendo a necessidade de compatibilização entre as exigências arquitectónicas e da física das construções, isto é, a necessidade de conservar as características arquitectónicas melhorando o comportamento energético e de conforto. Nesse sentido, o autor desenvolve e apresenta um *Modelo de Dimensionamento Exigencial de Caixilharias de Edifícios Antigos* e expõe os resultados da sua aplicação a dois casos práticos.

Embora fora da temática em questão, surgem, no domínio do desempenho energético, vários documentos merecedores de alusão. São exemplo as dissertações de mestrado: **"Influência de Vãos Envidraçados no Comportamento Térmico de Edifícios"** (Pinho, 1991); **"Optimização e Dimensionamento de Vãos Envidraçados"** (Rebello, 2009); e **"Análise do Impacte dos Vãos Envidraçados no Desempenho Térmico dos Edifícios"** (Sirgado, 2010). Nestas dissertações, são analisados os critérios que integram o processo de definição de um vão envidraçado, avaliando-se, por exemplo, o impacte da zona climática, orientação dos vãos, área de janela, condições de sombreamento, tipo de vidro e material da caixilharia no desempenho térmico dos edifícios.

Por fim, há a destacar um conjunto de documentos que, embora afastados do propósito desta dissertação, se tornaram muito úteis por apresentarem de forma organizada e sintetizada muita da informação dispersa sobre o tema das caixilharias. Neste contexto, há que destacar: os trabalhos académicos realizados no âmbito da disciplina de **Tecnologias de Fachadas**, leccionada pelo Professor Vasco Freitas, na Faculdade de Engenharia do Porto (Pereira, 2004) (Ramalheira, 2005) (Verdelho, 2005); a bibliografia e os trabalhos académicos relativos às cadeiras de **Reabilitação Não-Estrutural de Edifícios** (Brito, 2005) e **Construção de Edifícios** (Cardigos, 2012) (Pereira, 2011) (Pino, 2012) leccionadas pelo Professor Jorge de Brito, no Instituto Superior Técnico; as dissertações de mestrado de Gomes (2007), Martins (2010) e Barbosa (2010), intituladas **"Sistemas de caixilharias de PVC: um contributo para a qualidade e sustentabilidade da construção"**, **"Resistência ao Vento de Caixilharias de Alumínio - Comparação Entre Simulação Numérica e Caracterização Experimental"** e **"Controlo de qualidade em caixilharias de alumínio"**, respectivamente;

1.3.2.2. LNEC

Em Portugal o LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) tem desenvolvido um trabalho importante neste domínio, destacando-se a organização congressos e seminários diversos, bem como a publicação de diversos documentos que tem como base a investigação desenvolvida.

Ao nível dos seminários e congressos, merece destaque, por ser a mais ligada à temática em questão, a comunicação do Eng^o Armando Pinto, intitulada **"Reabilitação de Caixilharia. Melhoria das Características de Comportamento Térmico"**, no 3^o Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, realizado em 2003 (Pinto, 2003).

Neste âmbito, são também merecedores de destaque os seminários, realizados pelo LNEC, intitulados: **Aplicação da Normalização Europeia e da Marcação CE à Caixilharia Exterior**, realizado em

2010; **Marcação CE e Anomalias na Caixilharia Exterior**, realizado em 2011; e **Dimensionamento e Desempenho de Caixilharia Exterior**, realizado em 2012 (Figura 1.3).



Figura 1.3 - Seminários LNEC (LNEC, 2012)

Ao nível das publicações deste laboratório, são de destacar: o **ITE 22 - Estanqueidade à Chuva em Caixilharia de Alumínio** (Mimoso, 2008); o **ITE 51 - Componentes de Edifícios. Selecção da Caixilharia e Seu Dimensionamento Mecânico** (Viegas, 2008); o **ITE 52 - Componentes de Edifícios. Aspectos de Segurança e Resistência Mecânica do Vidro** (Pinto, 2008b); e o **ITE 56 - Janelas e Portas Pedonais Exteriores. Guia para a Marcação CE (EN 14351-1:2006+A1:2010)** (Pinto e Fernandes, 2011) (Figura 1.4).



Figura 1.4 - Publicações LNEC: ITE - Informação Técnica de Edifícios (Pinto e Fernandes, 2011)

Posteriormente, no Capítulo 3, aquele que será o capítulo base desta dissertação, far-se-á uma revisão bibliográfica mais específica, apresentando autores que abordaram o tema da patologia em caixilharias e cujos trabalhos constituíram ponto de partida para a elaboração do sistema classificativo, de anomalias e causas, aqui apresentado.

1.3.3. Linha de investigação

Para além dos referidos, a presente dissertação baseia-se ainda nas metodologias desenvolvidas noutros trabalhos de investigação, com o objectivo de se constituírem bases de dados e normalizarem os processos de inspeção e diagnóstico de elementos estruturais e não-estruturais:

Brito, Jorge de. 1992. *Desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Obras de Arte em Betão.* Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Walter, Ana. 2002. *Sistema de Classificação para a Inspeção de Impermeabilizações de Coberturas em Terraço.* Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Gonçalves, Carlos. 2004. *Anomalias Não Estruturais em Edifícios Correntes. Desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Inspeção, Registo e Classificação.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Silvestre, José. 2005. *Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Anomalias em Revestimentos Cerâmicos Aderentes.* Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Garcia, João. 2006. *Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Revestimentos Epóxicos em Pisos Industriais.* Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Delgado, Anabela. 2008. *Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Revestimentos de Pisos Lenhosos.* Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Neto, Natália. 2008. *Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Anomalias em Revestimentos em Pedra Natural.* Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Pereira, Ana. 2008. *Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Estuques Correntes em Paramentos Interiores.* Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Gaião, Carlos. 2008. *Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Anomalias em Paredes de Placas de Gesso Laminado.* Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Garcez, Nuno. 2009. *Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Revestimentos Exteriores de Coberturas Inclinadas.* Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia de Aeródromos. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Sá, João. 2011. *Sistema de Inspeção Diagnóstico de Rebocos em Paredes.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Amaro, Bárbara. 2011. *Sistemas de Inspeção e Diagnóstico de ETICS em Paredes.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Pires, Rita. 2011. *Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Pinturas em Rebocos e Estuques.* Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

1.4. Metodologia

O cumprimento dos objectivos a que esta dissertação se propõe, assenta, numa primeira fase, na investigação através de pesquisa bibliográfica e, numa segunda fase, na realização de um trabalho de campo, no qual se põe em prática e pretende validar o sistema classificativo proposto.

Neste sentido, a realização de uma pesquisa exaustiva de documentação associada ao tema da dissertação correspondeu à fase inicial do desenvolvimento da dissertação em questão. A referida documentação consistiu em teses, actas de congressos, cursos de formação profissional, documentos normativos, livros e artigos em revistas, nacionais e internacionais, assim como catálogos e sítios na *internet* de empresas especializadas. A partir desta informação, adquirem-se conhecimentos sobre as caixilharias e o estado de arte da temática em questão, assim como os dados mais relevantes para a construção do sistema teórico de apoio a inspecção e diagnóstico de caixilharias.

O trabalho de campo compreendeu a realização de inspecções a caixilharias de edifícios dispersos pelo país, em que a recolha de dados relativos a anomalias e causas associadas permitiu a validação do sistema teórico desenvolvido; incluiu ainda visita a locais de produção de caixilharias, bem como ao Laboratório de Ensaio de Caixilharia, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC/LEC), onde estas são testadas.

O objectivo do trabalho de campo consistiu na análise de caixilharias e na recolha das anomalias visíveis a olho nu, assim como no entendimento das causas associadas. Por essa razão, o princípio visual rege tanto o desenvolvimento da lista classificativa de anomalias, como a análise das mesmas em campo, levando à recomendação de ensaios auxiliares.

Finalmente, a partir do tratamento estatístico dos resultados adquiridos no trabalho de campo, foi possível validar o sistema teórico desenvolvido através da pesquisa bibliográfica, ajustar as matrizes de correlação e adquirir ou comprovar conhecimentos sobre o comportamento das caixilharias ao longo da sua vida útil.

O plano de trabalhos da inspecção pode ser dividido em três etapas principais, as quais consistem na organização da informação geral, num módulo de apoio à inspecção e num módulo de apoio à decisão no diagnóstico (Figura 1.5) [adaptado de Amaro (2011) citando Brito (1992)].



Figura 1.5 - Módulos do sistema de apoio à inspecção e diagnóstico de caixilharias [adaptado de Brito (1992)]

O primeiro passo do processo de inspecção consiste na caracterização do edifício em estudo, do tipo de envolvente em que se insere, assim como das suas caixilharias. Neste ponto, faz-se a identificação das anomalias e o seu mapeamento, assim como a análise dos registos de inspecções e acções de manutenção anteriores.

No módulo de apoio à inspecção, relacionam-se as causas mais prováveis com as anomalias, recomendam-se técnicas de diagnóstico, definem-se técnicas de reparação e preconizam-se os elementos a intervir. Este módulo está associado à metodologia de inspecção em campo e tem por base o manual de inspecção, no qual se incluem os procedimentos da inspecção para que o preenchimento do relatório provisório do inspector não dependa significativamente da subjectividade do mesmo.

Finalmente, o módulo de apoio à decisão é responsável pelas opções feitas após a inspecção e o diagnóstico, assim como pela tomada de decisão da manutenção ou reabilitação.

1.5. Estrutura / organização da dissertação

A estrutura da dissertação em questão consiste na elaboração de seis capítulos, cujo conteúdo se descreve de seguida.

Capítulo 1 - Introdução

Neste capítulo, introduz-se a temática da dissertação de uma forma generalizada, descrevendo, sinteticamente, o conceito de caixilharias e a sua evolução.

Abordam-se ainda as razões e objectivos do tema escolhido, faz-se referência aos trabalhos já realizados neste âmbito e descreve-se a metodologia e estrutura da dissertação adoptadas.

Capítulo 2 - Tecnologia das caixilharias

No segundo capítulo, faz-se uma breve descrição da tecnologia associada às caixilharias, nomeadamente quanto à sua tipologia, tipos de materiais utilizados e exigências funcionais.

Capítulo 3 - Patologia das caixilharias

No capítulo da patologia, é proposto um sistema classificativo das anomalias, tendo como base a literatura consultada, no qual se identificam e descrevem as anomalias que se verificam visualmente em caixilharias.

Neste capítulo, é ainda apresentado um sistema classificativo das causas mais prováveis de cada anomalia (directas ou indirectas) e são construídas as seguintes matrizes de correlação:

- matriz de correlação “anomalias - causas mais prováveis” - onde se discriminam as causas que geralmente estão na origem da ocorrência das anomalias, classificando as relações através de índices de correlação;
- matriz de correlação “inter-anomalias” - onde se discriminam as relações de anomalias entre si, baseadas na matriz anterior, e que traduz as relações em percentagem que quantificam a probabilidade das variáveis em questão estarem efectivamente relacionadas.

Capítulo 4 - Técnicas de diagnóstico

O quarto capítulo incide sobre as técnicas de diagnóstico a recomendar. Tal como no capítulo anterior, elabora-se e justifica-se uma lista classificativa de ensaios ou instrumentos passíveis de realizar um correcto diagnóstico das anomalias verificadas em caixilharias. No desenvolvimento do capítulo, descrevem-se os ensaios *in situ* a realizar e equipamentos a utilizar.

Adicionalmente, são elaboradas fichas de técnicas de diagnóstico e é criada uma terceira matriz de correlação, correspondente à relação “anomalias - técnicas de diagnóstico” que permite uma maior eficiência na execução destes trabalhos.

Capítulo 5 - Validação dos sistemas proposto classificativo

O capítulo 5 representa o resultado das inspecções efectuadas às caixilharias durante a realização do trabalho de campo, tendo como objectivo a validação e calibração do sistema classificativo de anomalias. É ainda neste capítulo que se apresenta um tratamento estatístico dos valores obtidos que permite formar e confirmar conclusões ou teorias, no âmbito do tema em investigação.

Capítulo 6 - Conclusões

O capítulo final da dissertação consiste na consolidação dos conhecimentos desenvolvidos ao longo do documento e nas conclusões finais.

Analisa-se ainda limitações do trabalho realizado, assim como se indicam acções futuras no domínio da temática em questão.

Referências

Nas referências, bibliográficas e webgráficas, indicam-se todas as fontes de pesquisa utilizadas na elaboração da dissertação.

Anexos

Os anexos incluem toda a documentação que foi elaborada durante a execução da dissertação, pertencente ao sistema de inspecção e diagnóstico, como as fichas de anomalias e as fichas de técnicas de diagnóstico.

Apresentam-se as fichas-tipo de inspecção e de validação a preencher no local assim como exemplos destas fichas preenchidas, pertencentes à amostra.

Inclui-se, nos anexos, a matriz de múltiplas entradas com as comparações dos valores propostos para a relação entre anomalias e causas, baseados em pesquisa bibliográfica e dos valores resultantes da aplicação do sistema em campo.

2. Tecnologia das caixilharias

2.1. Introdução

No desenrolar da História da Construção, observou-se, através dos séculos, que o Homem foi reduzindo sistematicamente a parte maciça das paredes e, com domínio da técnica e dos materiais, foi aumentando os vãos, não só para melhorar as suas condições de habitabilidade, como também numa tentativa de satisfação arquitectónica, tendência que se veio a assumir sobretudo no início do século XX, com o nascimento da arquitectura moderna.

Este aumento das aberturas nas paredes veio permitir a entrada de mais luz natural, aperfeiçoar a ventilação e melhorar a relação visual e ambiental entre o interior e o exterior do edifício. Contudo, veio também dificultar a protecção conferida à envolvente.

Estes vãos, na função de porta ou janela, são aberturas na envolvente dos edifícios, às quais se exige requisitos de desempenho múltiplos e contraditórios. Requer-se que sirvam não apenas como barreira, mas como um mediador, proporcionando o acesso, mas também impedindo a entrada, permitindo ventilação e visão para o exterior, mas também a protecção ao clima e ao ruído.

A estas exigências, complexas e contraditórias, os artesãos e a indústria da caixilharia e do vidro têm vindo a responder com novas ideias, novas técnicas e novos materiais, de forma dedicada e persistente (HUD, 1999).

A inovação no processo de fabrico das caixilharias tem vindo a evoluir, desde o fabrico artesanal das janelas de madeira para um fabrico industrializado a partir de perfis normalizados obtidos por fresagem da madeira ou extrusão do alumínio e do PVC.

Pretende-se, ao longo deste capítulo, familiarizar o leitor com o conceito de caixilharia, descrevendo os seus constituintes e requisitos funcionais e apresentando os vários tipos de caixilharia, a nível material e mecânico, assim como as principais características das mesmas.

Nesta dissertação, não se pretende abordar de forma minuciosa todos os tipos de caixilharias existentes no mercado, reservando-se o detalhe para os tipos de caixilharias de utilização mais expressiva no parque edificado nacional, ou seja, caixilharias de madeira, de ferro / aço, de alumínio, de PVC e mistas.

2.2. Vão, envidraçado e caixilharia

O termo “vão”, de muitos sentidos no vocabulário da construção, restringe-se neste estudo à ideia de abertura na envolvente vertical.

O “envidraçado”, por seu lado, define-se como uma composição de caixilharia e vidro, o que significa que nem toda a superfície é transparente ou translúcida e que o caixilho representa, portanto, uma fracção dessa área e um obstáculo à luz solar (Pinho, 1991).

O vão (Figura 2.1, à esquerda) é constituído pelas ombreiras, partes laterais do vão onde o envidraçado é instalado e sobre as quais assenta o lintel; pelo lintel, parte horizontal superior destinada a vencer o vão e a dar resposta às concentrações de tensões que resultam dessa abertura; e pelo peitoril ou soleira, parte horizontal inferior do vão onde o envidraçado é instalado e de grande importância ao nível da protecção da fachada da acção da chuva.

O preenchimento e o controlo dos vãos é conseguido recorrendo aos vãos envidraçados, geralmente sob forma de portas ou janelas, que, por sua vez, permitem, quer a ventilação quer a

iluminação dos compartimentos interiores, assim como a relação visual entre o interior e o exterior e o seu atravessamento, no caso dos vãos de porta.

A caixilharia é o elemento de transição entre as áreas opacas e as áreas envidraçadas, que permite a fixação do vidro a outros elementos da construção, como paredes e cobertura, sustentando o mesmo.

Apesar de representar uma proporção aparentemente pequena na envolvente, as funções da caixilharia são extremamente importantes para o edifício. A caixilharia suporta os painéis de vidro, garante a estanqueidade dos espaços interiores, absorve solicitações diversas (por exemplo, a força do vento) e dá um importante contributo para a optimização do desempenho energético do edifício.

Uma caixilharia (Figura 2.1, à direita) é constituída por vários elementos, os quais variam consoante o tipo de material e tipologia utilizada. Pode-se considerar como elementos base constituintes de uma caixilharia: o aro fixo, a(s) folha(s) (fixas ou móveis), o(s) vidro(s) (ou, mais comum no caso das portas, grades ou lâminas opacas), os bites, as ferragens (dobradiças, mecanismos de fecho) e as borrachas de selagem.

O vocabulário e a terminologia associada às caixilharias encontram-se normalizados pela norma **NP EN 12519**.

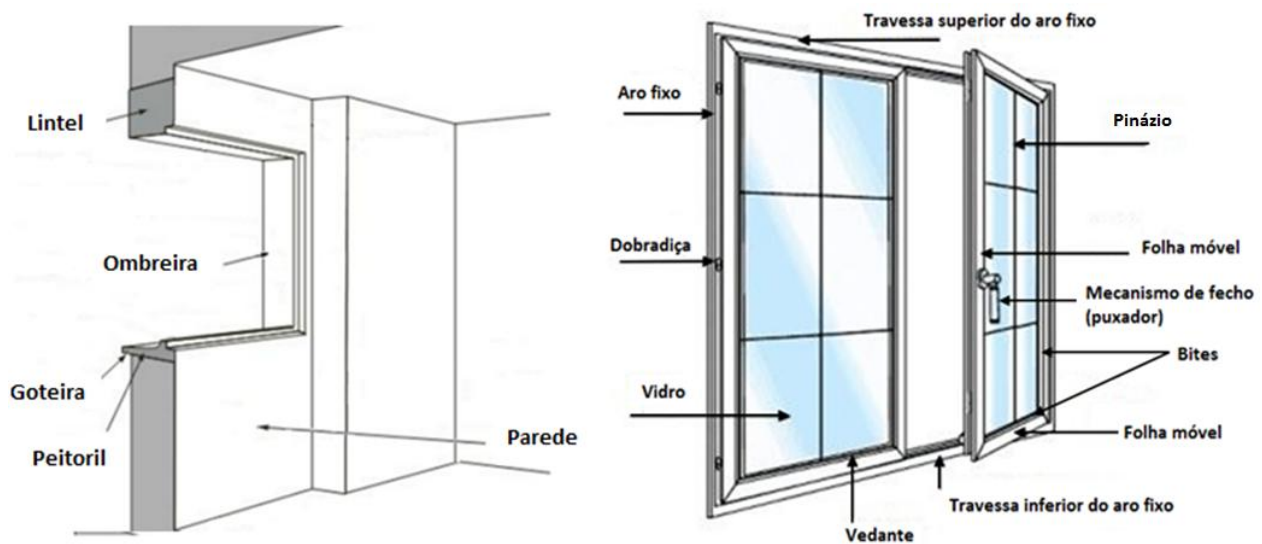


Figura 2.1 - Constituição do vão (à esquerda) e componentes de uma caixilharia (janela) de alumínio com abertura de batente [adaptado de Teixeira (1998) e Vigan (2012)]

2.3. Requisitos funcionais

O conjunto das caixilharias do edifício é considerado como um subsistema do edifício e deve atender a vários requisitos que influem no seu desempenho, como o controlo de iluminação, o isolamento térmico e acústico, a facilidade de utilização, a estabilidade estrutural, a manutenção, a estética, a segurança e a estanqueidade (Tirone, 2007).

As janelas e portas pedonais exteriores são abrangidas pelo Regulamento (UE) Nº 305/2011, JOUE L 88, de 2011-04-04, que regula a colocação no mercado de produtos de construção visando a sua livre circulação no Espaço Económico Europeu (EEE).

Este documento regula, na União Europeia, o desempenho mínimo esperado para os produtos de construção quando aplicados em obra, estabelecendo regras para que esses produtos estejam aptos ao uso a que se destinam, devendo apresentar características tais que as obras onde venham a ser incorporados cumpram requisitos de segurança, saúde, conforto, durabilidade e protecção ambiente (Pinto e Fernandes, 2011).

De acordo com o referido regulamento, os produtos de construção, onde estão incluídas as caixilharias, devem possuir a **Marca de Certificação CE** e a respectiva **Declaração de Conformidade**.

No caso particular das caixilharias, a Marcação CE deverá cumprir os requisitos definidos na norma **NP EN 14351-1:2008** (obrigatória em Portugal desde o dia **1 de Fevereiro de 2010**).

Segundo a citada norma, quer os requisitos imputados às caixilharias, quer a avaliação da sua conformidade, dependem do uso previsto para as janelas e portas em questão. No entanto, na generalidade dos casos, a avaliação da conformidade a avaliação requer (Pinto e Fernandes, 2011):

- a realização, por parte de um laboratório notificado, de ensaios de tipo iniciais (ITT) ao produto;
- a implementação pelo fabricante de um sistema de controlo interno de produção (FPC), relativo às principais características a declarar pelo fabricante na etiqueta da marcação CE do seu produto.

Os ensaios do tipo iniciais destinam-se a demonstrar que o produto cumpre os requisitos da norma harmonizada (Quadro 2.1) e que as características de desempenho declaradas traduzem o comportamento do produto.

Quadro 2.1 - ITT para janelas de peitoril e de sacada e para portas pedonais exteriores [adaptado de Pinto e Fernandes (2011)]

CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS	NORMAS DE ENSAIO / CÁLCULO	CAMPO DE APLICAÇÃO / OBSERVAÇÕES
Resistência à acção do vento	EN 12211:2000	Todo o tipo de portas e janelas
Estanqueidade à água	EN 1027:2000	Todo o tipo de portas e janelas
Resistência mecânica dos dispositivos de segurança	EN 14609:2004	Para portas e janelas com dispositivos de segurança
Desempenho acústico	EN ISO 140-3:1995 (ensaio) EN 14351-1+A1 (cálculo)	Todo o tipo de portas e janelas Tipos específicos
Coeficiente de transmissão térmica	EN ISO 12567-1:2002 (ensaio) EN ISO 12567-2:2005 (ensaio) EN ISO 10077-1:2006 (cálculo) EN ISO 10077-2 :2003 (cálculo)	Todo o tipo de portas e janelas
Permeabilidade ao ar	EN 1026:2000 EN 14351-1+A1	Todo o tipo de portas e janelas
Resistência ao impacto	EN 13049:2003	Para portas com vidro
Altura da porta	Procedimento do fabricante EN 12519:2006	Para portas com vidro
Capacidade de desbloqueio	EN 179/A1/AC:2003, EN 115, prEN 136633 ou prEN 13637	Para portas com dispositivos de saída de emergência e/ou antipânico
Força de manobra	EN 12046-2:2002	Só em portas automáticas

Além das propriedades harmonizadas abrangidas pela marcação CE, são também normalmente relevantes as restantes características previstas na norma EN 14351-1, nomeadamente (Pinto e Fernandes, 2011):

- resistência ao impacto em janelas de sacada (janela aberta até ao nível do pavimento);
- durabilidade;
- forças de manobra;
- resistência mecânica;
- resistência a manobras repetidas de abertura e fecho.

Em alguns casos, também poderão ser relevantes as características de desempenho menos correntes de (Pinto e Fernandes, 2011):

- comportamento entre ambientes diferentes (por exemplo para os perfis mistos);
- ventilação, quando as portas ou janelas incorporam grelhas de ventilação;
- resistência à bala;
- resistência à explosão;
- resistência ao arrombamento.

Os laboratórios notificados são laboratórios independentes qualificados pelas autoridades nacionais e notificados à Comissão Europeia para a realização de ensaios específicos no âmbito das directivas às quais os fabricantes devem recorrer para a realização dos ITT.

Em Portugal, é exemplo o Laboratório de Ensaio de Caixilharia, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC/LEC).

O LNEC/LEC está equipado com os meios técnicos (Figura 2.2) e humanos que permitem realizar os ensaios ou cálculos ITT para as características harmonizadas que dão apoio à marcação CE de caixilharia exterior e, de forma complementar, ensaios mecânicos aplicáveis às folhas móveis das janelas e portas pedonais (LNEC, 2012).



Figura 2.2 - Câmara de ensaios para a realização dos ensaios de permeabilidade ao ar estanqueidade à água e resistência ao vento (à esquerda) e equipamento para a realização dos ensaios mecânicos (à direita) (LNEC, 2012)

Por sua vez, o controlo de qualidade da produção é necessário para garantir que o processo de produção assegure a conformidade do produto com o protótipo submetido aos ITT e para demonstrar que a declaração do desempenho do produto, baseada nos resultados dos ensaios de tipo iniciais, se mantém válida para os produtos fabricados posteriormente (Pinto e Fernandes, 2011).

2.4. Tipologia

2.4.1. Janelas

A utilização de um determinado tipo de janela implica que se tenha um conhecimento aprofundado das suas características e da influência que esta tem na vida quotidiana do utilizador, não só pelo facto de interagir com este, mas também devido à sua importância como elemento definidor da envolvente.

As janelas têm como função permitir a entrada de luz e/ou ventilação adequada ao compartimento em questão. Estas são, geralmente, formadas pelas folhas e pelo quadro; as primeiras costumam ser móveis e o segundo fixo à cantaria.

Quanto à sua tipologia, existe uma ampla gama de janelas, quer no mercado quer instaladas no parque edificado. Apresentam-se e descrevem-se sumariamente os sistemas mais comuns.

2.4.1.1. Janela fixa

Este tipo de janelas (Figura 2.3) não possui partes móveis, pelo que a sua função se limita, quase que exclusivamente, à iluminação. A sua utilização é muitas vezes complementada por janelas móveis. Este tipo de janela é muito utilizado nas montras de superfícies comerciais e edifícios de escritórios. A limpeza da face exterior é impossível a partir do interior e não permite libertar o vão.



Figura 2.3 - Janela fixa (alçado, forma de ventilação e perspectiva)
[adaptado de HUD (1999) e ABAL (2012)]

2.4.1.2. Janela de batente

As janelas de batente (Figura 2.4) são muito utilizadas no mundo da construção. Este tipo de janela permite rotações em torno de um eixo vertical situado num dos lados do aro fixo, materializado por meio de dobradiças que unem a parte fixa à móvel. O elemento de fecho desta janela é geralmente colocado no extremo oposto ao das dobradiças e faz a ligação entre o caixilho móvel e o fixo. Este tipo de janelas pode ser composto por duas folhas móveis, unidas nos perfis centrais por pontos de fecho. Possibilita a abertura total do vão, facilitando assim operações de limpeza. No entanto, essa abertura não permite controlar a ventilação. A sua abertura tanto pode ser para dentro (à francesa) como para fora (à inglesa).

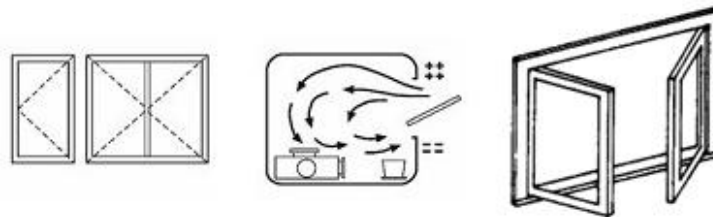


Figura 2.4 - Janela de batente (alçado, forma de ventilação e perspectiva)
[adaptado de HUD (1999) e ABAL (2012)]

2.4.1.3. Janelas basculantes

Estas janelas têm um funcionamento em tudo semelhante às anteriores, excepto no eixo de rotação, neste caso horizontal. Este tipo de janelas tanto abre para fora como para dentro; as que abrem para dentro e têm eixo inferior são vulgarmente chamadas de “janelas basculantes” (Figura 2.5) e as que abrem para fora e têm eixo superior, de “janelas projectantes” (Figura 2.6). Têm como vantagem o facto de proporcionarem boa ventilação, mesmo com chuva. No entanto, existe uma grande dificuldade de limpeza pela parte exterior, não permitindo a abertura completa do vão.

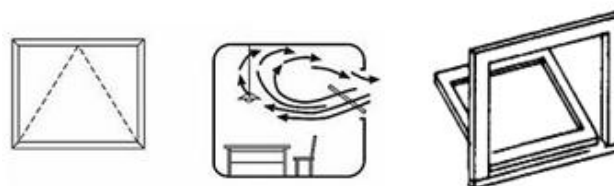


Figura 2.5 - Janela basculante de eixo inferior (alçado, forma de ventilação e perspectiva)
[adaptado de HUD (1999) e ABAL (2012)]

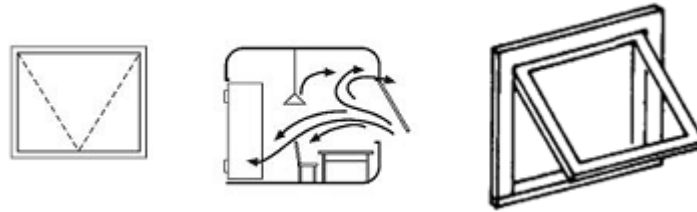


Figura 2.6 - Janela basculante de eixo superior (ou projectante) (alçado, forma de ventilação e perspectiva) [adaptado de HUD (1999) e ABAL (2012)]

2.4.1.4. Janela oscilo-batente

A janela oscilo-batente (Figura 2.7) resulta da conjugação das últimas duas formas de abertura apresentadas, ou seja, permite a abertura das suas folhas por rotação, quer em torno do eixo vertical (janela de abrir), coincidente com as laterais da folha, quer em torno do eixo horizontal inferior (janela basculante).

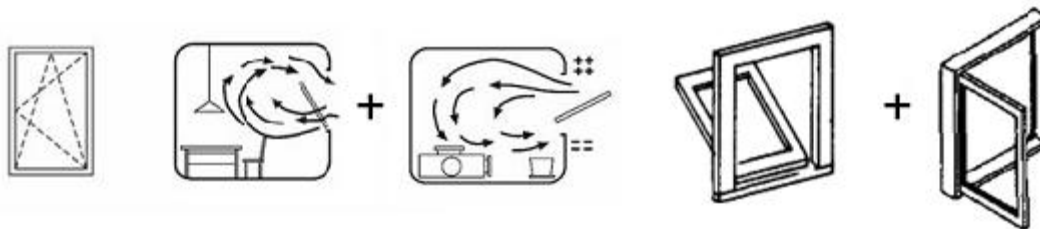


Figura 2.7 - Janela oscilo-batente (alçado, formas de ventilação e perspectivas) [adaptado de HUD (1999) e ABAL (2012)]

2.4.1.5. Janelas pivotantes

As janelas pivotantes são geralmente constituídas por uma única folha que abre por rotação. As janelas pivotantes podem ser classificadas em verticais (Figura 2.8) ou horizontais (Figura 2.9), consoante a rotação se faça em torno do eixo vertical ou do eixo horizontal (geralmente situados a meio vão ou a meia altura, respectivamente). O facto de haver uma parte que se projecta para o exterior faz com que se torne inviável a colocação de grades e persianas exteriores.

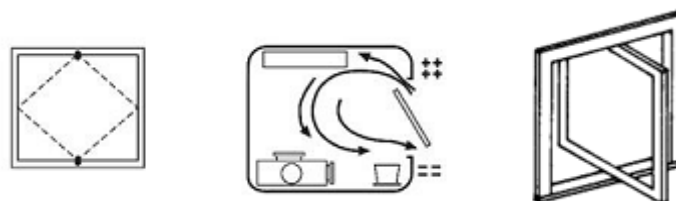


Figura 2.8 - Janela pivotante vertical (alçado, forma de ventilação e perspectiva) [adaptado de HUD (1999) e ABAL (2012)]



Figura 2.9 - Janela pivotante horizontal (alçado, forma de ventilação e perspectiva) [adaptado de HUD (1999) e ABAL (2012)]

2.4.1.6. Janela de correr

As janelas de correr (Figura 2.10) são constituídas por uma ou mais folhas móveis que se movimentam sobre rodízios, na direcção horizontal. Caso seja necessário aproveitar o vão da janela, este tipo de janelas pode ser embutido nas paredes. É uma janela que geralmente apresenta um pior desempenho a nível de permeabilidade ao ar e que, por isso, necessita de componentes que diminuam esses efeitos. As janelas de correr apenas conseguem libertar uma percentagem do vão, dependendo do número de folhas e de carris, mas não se prolongam para além do plano de acção, permitindo a implantação de grades e persianas do lado exterior.

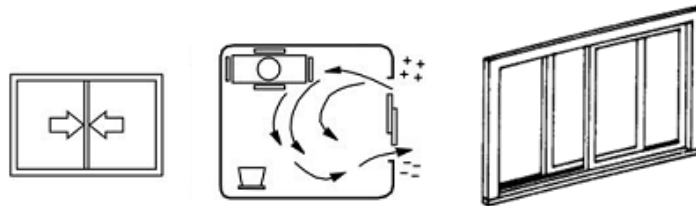


Figura 2.10 - Janelas de correr (alçado, forma de ventilação e perspectiva)
[adaptado de HUD (1999) e ABAL (2012)]

2.4.1.7. Janela de guilhotina

Como o seu nome indica, esta janela (Figura 2.11) tem uma forma de funcionamento semelhante ao movimento de uma guilhotina. São janelas com uma ou mais folhas (sobrepostas) que se movimentam por deslizamento vertical no plano da janela. A janela de guilhotina comum abre-se manualmente, recorrendo à força humana, e fixa-se no vão com dois apoios laterais semelhantes a borboletas. No entanto, quando se tem janelas com o mesmo tipo de funcionamento mas com dimensões superiores que não tornem viável recorrer à força humana para as abrir, estas são dotadas de sistemas de contrapeso. O sistema de contrapeso fica escondido lateralmente e consiste em dois pesos, que somados, têm peso igual à janela. Este sistema permite graduar a abertura em qualquer posição. As principais vantagens deste tipo de janelas são a regulação do caudal de ventilação, economia de espaço no processo de abertura e a possibilidade de colocação de elementos exteriores.



Figura 2.11 - Janela de guilhotina (alçado, forma de ventilação e perspectiva)
[adaptado de HUD (1999) e ABAL (2012)]

2.4.1.8. Janela *vitro* (ou gelosia)

As janelas *vitro* (Figura 2.12) são constituídas por lâminas orientáveis, geralmente dispostas horizontalmente, que se justapõem umas sobre as outras como forma de fecho. A sua abertura permite uma boa regulação do caudal de ventilação e facilidade de limpeza. Quando se encontram abertas, ocupam espaço no interior e exterior do compartimento, podendo assim comprometer a colocação de grades e persianas.



Figura 2.12 - Janela vitrô (alçado, forma de ventilação e perspectiva) [adaptado de HUD (1999) e ABAL (2012)]

2.4.1.9. Janelas especiais ou compostas

Classificam-se com esta designação as janelas constituídas por combinação de duas ou mais janelas dos tipos anteriores (Figura 2.13).

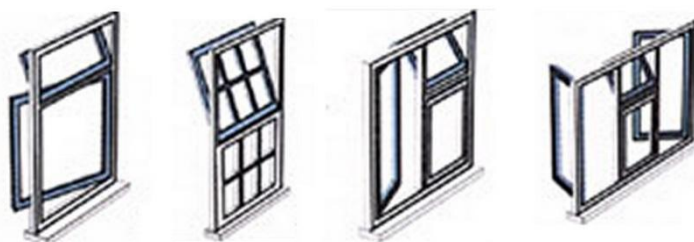


Figura 2.13 - Exemplos de janelas especiais ou compostas [adaptado de DomusObra (2012)]

2.4.2. Portas

A principal função das portas passa pelo controlo do acesso entre o exterior e o interior do edifício. Esse controlo é geralmente feito, no caso das portas pedonais exterior, recorrendo a portas de abrir.

No caso das portas, a gama de tipologias utilizadas é efectivamente muito menor. Contudo e à semelhança do que foi feito para as janelas, apresentam-se e descrevem-se sumariamente os tipos de portas pedonais exteriores mais comuns.

2.4.2.1. Porta de batente

É efectivamente o tipo de porta pedonal mais utilizada no controlo do acesso entre o exterior e o interior do edifício.

Apresenta um funcionamento em tudo semelhante ao enunciado para a janela de batente, ou seja, trata-se de uma porta que se abre ou fecha por rotação em torno de um eixo vertical, através de dobradiças ou articulações localizadas numas das extremidades (Figura 2.14).

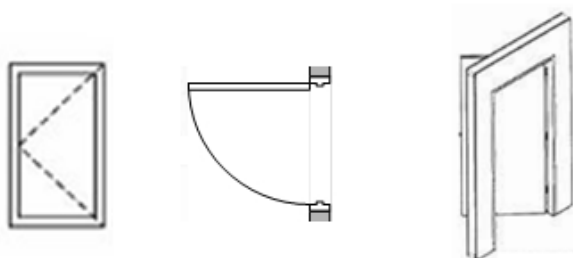


Figura 2.14 - Porta de batente (alçado, planta e perspectiva) [adaptado de HUD (1999) e ABAL (2012)]

2.4.2.2. Outras

Como referido, não é comum encontrar portas pedonais exteriores de tipologia que não seja de abrir (2.4.2.1). Exceptuando as portas de abrir, as tipologias mais comuns são as portas em harmónio, as portas de correr (embutidas ou não embutidas) e as portas rotativas. Estas portas podem ainda ser classificadas como de abertura manual ou de abertura automática.

A porta em harmónio (Figura 2.15, à esquerda), como o seu nome indica, tem uma forma de funcionamento semelhante ao movimento de um harmónio. É formada por folhas múltiplas articuladas entre si que, ao se abrirem, dobram-se umas sobre as outras, por deslizamento horizontal de seus eixos de rotação.

As portas de correr (Figura 2.15, ao centro) são formadas por uma ou várias folhas móveis que se deslocam através de translação horizontal no seu próprio plano. Estas portas dizem-se embutidas (Figura 2.15, ao centro direito), quando as folhas deslizam através de uma calha com continuação para dentro de uma abertura na parede.

As portas rotativas (Figura 2.15, à direita) são geralmente constituídas por três ou quatro folhas giratórias que se deslocam por rotação em torno do eixo vertical cêntrico.

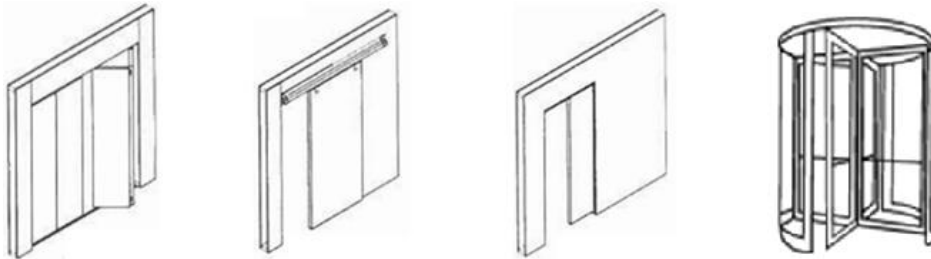


Figura 2.15 - Porta em harmónio (à esquerda), porta de correr (ao centro) e porta de correr embutida (à direita) [adaptado de HUD (1999) e ABAL (2012)]

2.5. Materiais

As caixilharias podem ser constituídas por diferentes materiais. Os mais comuns no parque edificado nacional e que serão alvo de maior estudo durante esta dissertação são: a madeira, o ferro / aço, o alumínio e o PVC.

Esta diversidade de materiais foi surgindo ao longo do tempo, pela ordem apresentada, sobretudo na tentativa de melhorar as condições de conforto e habitabilidade dos edifícios.

O processo de melhoria é contínuo e está longe de estar terminado. Mais recentemente, tem-se assistido ao esforço da indústria da caixilharia na introdução de novos materiais ou tipos de caixilharia. São exemplo as caixilharias híbridas e a utilização de materiais como os compósitos de madeira, fibras de vidro, PRFV (poliéster reforçado com fibra de vidro), poliuretano, entre outros.

2.5.1. Caixilharia de madeira

A madeira é um material orgânico com origem no tecido formado pelas plantas lenhosas.

Relativamente a outros materiais utilizados na construção civil, a madeira apresenta maior complexidade e, quanto à sua utilização, esta requer conhecimentos técnicos e científicos específicos. É

necessário ter em conta o grau de variabilidade dentro da própria espécie e as propriedades distintas que condicionam aplicações específicas.

Certas propriedades, como a cor, a textura, o desenho, o odor, o brilho e o peso são variáveis de espécie para espécie. Ao mesmo nível, existem propriedades físicas, como a densidade, a dureza, a resistência mecânica, a permeabilidade e a trabalhabilidade, que também são características da espécie de madeira (Sousa, 1999).

Enumeram-se no Quadro 2.2 as espécies mais apropriadas e mais frequentemente usadas no fabrico de caixilharias.

Quadro 2.2 - Espécies recomendadas para o fabrico de caixilharias (Sousa, 1999)

NOMENCLATURA COMERCIAL	DESIGNAÇÃO BOTÂNICA
Casquinha	<i>Pinus sylvestris</i>
Castanho	<i>Castanea sativa</i>
Carvalho Americano	<i>Quercus rubra</i>
Riga Nova	<i>Pinus larice</i>
Afzélia Doussié	<i>Afzelia bipindensis</i>
Kambala Iroko	<i>Chlorophora excelsa</i>
Cerejeira Brasileira	<i>Amburana cearensis</i>
Sipo	<i>Entandrophragma utile</i>

Pela sua disponibilidade e características, a madeira foi sendo sempre utilizada pelo Homem. De facto, este foi o primeiro material a dar forma às caixilharias tal como são conhecidas (HUD, 1999).

Na construção tradicional, houve sempre uma ampla utilização da madeira para o encerramento de vãos, nomeadamente vãos exteriores como portas e janelas. No entanto, o alumínio e, mais recentemente, o PVC têm vindo a substituir a madeira na realização de caixilharias. Para além de estes materiais proporcionarem, na sua generalidade, soluções mais económicas, foi sobretudo o mau desempenho das caixilharias de madeira tradicionais que contribuiu para esta situação (Sousa, 2003).

A frequente falta de qualidade das portas e janelas, traduzida na incorrecta concepção da caixilharia, na utilização de madeira de má qualidade, na sua aplicação com um teor em água inadequado, na insuficiente durabilidade do material face à falta de tratamentos e/ou revestimentos adequados, estavam na origem dos principais problemas deste tipo de caixilharias (Ferreira, 2004).

Muito embora os seus defeitos e o surgimento de caixilharias de muitos outros materiais, o aspecto estético e tradicional da caixilharia de madeira aliado ao despontar do apreço pela autenticidade arquitectónica fizeram reemergir o uso massivo deste tipo de caixilharia (Figura 2.16).

Face a esta procura, começam a surgir no mercado soluções de caixilharias de madeira de muito boa qualidade, capazes de suprimir os problemas que estavam associados e caracterizavam este tipo de material (Ferreira, 2004).



Figura 2.16 - Caixilharia de madeira (MCMurta, 2012)

Algumas características negativas que a madeira apresentava no seu estado natural, que condicionavam o desempenho das caixilharias, foram anuladas em resultado da evolução de conhecimentos e do avanço tecnológica (Bauer, 1994):

- a degradação das suas propriedades e a ocorrência de tensões internas decorrentes de alterações na quantidade da humidade interna foram anuladas pelos processos de secagem artificial controlada;
- a deterioração, quando em ambientes que favorecem o desenvolvimento de agentes biológicos, foi contornada com tratamentos de preservação e acabamentos de protecção;
- a acentuada heterogeneidade e anisotropia, devida à sua constituição fibrosa orientada, foram resolvidas pelos processos de transformação em laminados (Figura 2.17), contraplacados e aglomerados de madeira.



Figura 2.17 - Caixilharia de madeira lamelada: tem um comportamento mais homogéneo e mais isotrópico, permitindo variações dimensionais muito pequenas (evita o empenamento) [adaptado de MCMurta (2012)]

Como referido, grande parte da durabilidade, que actualmente caracteriza as caixilharias de madeira, é da responsabilidade dos tratamentos e revestimentos que se aplicam à madeira.

Os tratamentos preventivos destinam-se a assegurar à madeira uma maior resistência à deterioração por organismos vivos. Por outras palavras, têm a finalidade de evitar ataques biológicos por parte de fungos xilófagos, insectos lenhívoros ou xilófagos marinhos.

Já a aplicação de um revestimento a qualquer superfície é feita com a finalidade de decorar ou proteger o substrato ou ainda por razões especiais, como o melhoramento das condições ambientais ou de segurança, ou a introdução de características intrínsecas específicas (resistência a microorganismos, resistência mecânica ou química, entre outras) (Eusébio e Rodrigues, 2009).

Devido ao elevado número de tratamentos preservadores e revestimentos existentes, torna-se pouco prático fazer uma descrição do funcionamento ou composição dos produtos utilizados nos mesmos (informações disponíveis, respectivamente, na NP 2080:1985 e na *Ficha M 10, Madeira para Construção - Revestimento por Pintura de Madeira para Exteriores do LNEC*), pelo que apenas se enumeram os mais comuns.

São exemplo de tratamentos preventivos, a pincelagem e aspersão, a imersão rápida, a imersão prolongada, a imersão a quente-frio, o autoclave e o termotratamento da madeira. Quanto ao revestimento, são três os tipos de produtos adequados para pintura de madeira em exteriores: tintas,

vernizes e velaturas (Figura 2.18). Destes, apenas os dois últimos preservam o aspecto natural da madeira aplicada.



Figura 2.18 - Tipos de revestimentos: janela em madeira pintada (à esquerda), janela e portadas envernizadas (ao centro) e porta tradicional com aplicação de velatura (à direita) (Ferreira, 2004)

2.5.2. Caixilharia de ferro / aço

As primeiras janelas metálicas conhecidas datam da época medieval e eram formadas por ferro forjado por ferreiros da época. No século XVII, as janelas de ferro forjado, quer pela rareza da matéria-prima, quer pela evolução tecnológica que representavam, eram sinónimo de requinte e sofisticação, sendo sobretudo utilizadas em edifícios eclesiásticos e em casas de famílias abastadas (Clement, 1997).

No início do século XVIII, as janelas de ferro caíram em desuso face ao surgimento da arquitectura Palladiana, tendência que reelegia a caixilharia de madeira como a mais elegante e aquela que mais se adequava à arquitectura doméstica. As caixilharias de ferro continuaram, contudo, a ser utilizadas, desta feita nos edifícios residenciais mais humildes. Nessa época, o fabrico das caixilharias de ferro laminado passou de artesanal a industrializado, passando a ser feito em fábricas (Clement, 1997).

Esta massificação do uso do ferro (fundido e laminado) no fabrico das caixilharias apenas se fez sentir nos países mais ricos nesta matéria-prima (nomeadamente EUA).

Em Portugal, o ferro nunca foi um material muito usado em caixilharias, tendo a sua utilização ficado sobretudo limitada à serralharia artística (Figura 2.19, à esquerda).

Mais tarde, a invenção de fornos que permitiam não só corrigir as impurezas do ferro, como adicionar-lhes propriedades como resistência ao desgaste, ao impacto, à corrosão, entre outras, levou ao desuso do ferro e à sua substituição pelo aço.

No início do século XIX, as caixilharias de aço laminado (Figura 2.19, à direita), devido à sua esbelteza e boa resistência ao fogo (comparativamente às de madeira), tiveram um auge de popularidade, sobretudo ao nível dos edifícios industriais (HUD, 1999).

Contudo, a grande susceptibilidade à corrosão deste material, o fraco desempenho térmico deste tipo de caixilharia e o surgimento de novos materiais, mais eficazes e mais económicos, fizeram cair em desuso este tipo de caixilharias.

Actualmente, dificilmente se observa a utilização do aço laminado, no âmbito do preenchimento de vãos de edifícios habitacionais. É excepção, o meio rural, onde ainda existem ferreiros locais que trabalham e comercializam caixilharias deste material (Figura 2.20, à esquerda).



Figura 2.19 - Caixilharia e gradeamento em ferro forjado - Lapa, Portugal (à esquerda) (fotografia gentilmente cedida pelo fotógrafo David Ramalho) e janela de aço (à direita) (Tutton e Hirst, 2007)

Não obstante o aparecimento de novas formas de melhorar o aço (face à sua susceptibilidade à corrosão), como a galvanização ou o aço inox, a pior relação qualidade-preço, face ao alumínio e ao PVC, não permitiu que o seu uso como caixilharia corrente se massificasse.

Contudo, o aço galvanizado e o aço inox, sobretudo pela sua boa resistência ao fogo, tornaram-se materiais frequentemente usados em portas corta-fogo (Figura 2.20, à direita) (HUD, 1999).



Figura 2.20 - Porta pedonal exterior de aço laminado pintada (à esquerda) e porta corta-fogo, concebida em dupla chapa de aço galvanizado (à direita)

2.5.3. Caixilharia de alumínio

O alumínio é o elemento metálico mais abundante na crosta terrestre mas a dificuldade da sua extracção fez com que somente no século XIX se tenha começado a utilizar.

O alumínio tem vindo, com o passar dos anos, a assumir um papel cada vez mais importante no seio da indústria da construção civil.

O elevado sucesso do alumínio é resultado da qualidade intrínseca do material, do progresso incessante registado na sua transformação e do avanço tecnológico de sistemas de acabamento que lhe são empregues (HUD, 1999).

A caixilharia de alumínio tornou-se uma das grandes aplicações deste metal na construção. A sua qualidade estética e a grande variedade de cores, acabamentos, formas e usos associados à sua resistência

e durabilidade fizeram-na conquistar a preferência de arquitectos, projectistas e donos de obra em obras de todo o tipo (Barbosa, 2010).

De facto, estima-se que, em Portugal, a caixilharia de alumínio corresponda a 70% do actual mercado de caixilharias (Gomes, 2011).

São apontadas como desvantagens da caixilharia de alumínio a elevada quantidade de energia dispendida na produção do alumínio e a sua elevada condutibilidade térmica.

Contudo, em resultado dos desenvolvimentos tecnológicos mais recentes, estas desvantagens têm vindo a ser suprimidas. A produção de alumínio tem sido evitada e substituída pela reciclagem deste material, processo que consome apenas o equivalente a 5% da energia dispendida na sua produção. Quanto à elevada condutibilidade térmica, foi solucionada pela adopção do chamado corte térmico nas caixilharias (Figura 2.21).

Um perfil com corte térmico é na realidade constituído por dois perfis independentes, unidos por peças de poliamida, garantindo-se desta forma um melhor isolamento térmico. A utilização de caixilharia em alumínio com corte térmico não só melhora o desempenho térmico da janela, como evita problemas de condensações no interior do caixilho em regiões onde o clima é mais frio (Sirgado, 2010).



Figura 2.21 - Caixilharia de alumínio com corte térmico (Rusco, 2012)

O principal processo de degradação do alumínio é a corrosão. O alumínio é quimicamente activo perante os metais alcalinos, e daí resulta que o cimento, o gesso e a cal atacam o alumínio durante o endurecimento e, mesmo depois de endurecidos, se estes materiais se mantiverem constantemente húmidos. É portanto conveniente proteger as superfícies em contacto com revestimentos adequados (Fontinha e Salta, 2007).

Existem dois processos bastante utilizados para o tratamento da superfície dos caixilhos de alumínio: a anodização (criação de uma camada superficial de óxido de alumínio através de um processo electroquímico) (Figura 2.22, à esquerda) e a termolacagem (protecção do alumínio com uma película de polímero termo-endurecível) (Figura 2.22, à direita). Ambos conferem ao alumínio uma elevada durabilidade, com reduzida manutenção, e possibilitam a criação de caixilharias de várias cores, sendo muito comum a utilização do termolacado em branco, castanho, verde ou imitação em madeira (Ferreira, 2004).



Figura 2.22 - Caixilharia de alumínio anodizado (à esquerda) e caixilharia de alumínio termolacado (à direita)

2.5.4. Caixilharia de PVC

O PVC (policloreto de vinilo) é um material sintético que, pelas suas propriedades e excelente relação custo / benefício, tem vindo a adquirir uma importância crescente para a qualidade de vida da sociedade moderna, apresentando-se numa vasta gama de produtos e aplicações, quer no sector da construção (tubagens, revestimentos, caixilharias, entre outras) quer no dos bens de consumo (calçado, embalagens, entre outros). Um dos domínios de aplicação mais importantes do PVC em edifícios é o das caixilharias, que constitui o tema desta dissertação.

Quando surgiu, o PVC era um material que se degradava facilmente e, devido ao seu elevado coeficiente de dilatação térmica, quando sujeito a grandes amplitudes térmicas, sofria variações dimensionais bastante significativas (HUD, 1999).

Actualmente, devido a avanços na produção deste material, os caixilhos em PVC conseguem ter estabilidade dimensional e resistência à degradação, provocada principalmente pela radiação solar, mas também pelas temperaturas extremas a que estão sujeitos, não necessitando de uma manutenção periódica muito elevada. Os caixilhos em PVC são também bastante resistentes à humidade (Sirgado, 2010).

De uma forma similar às caixilharias de alumínio, os caixilhos em PVC são fabricados através de um processo de extrusão: o material, após ser extrudido, é cortado em peças lineares que, depois de montados, dão forma à caixilharia. De forma a conferir à caixilharia de PVC uma boa rigidez estrutural, as secções dos caixilhos são geralmente menos esbeltas do que as de alumínio (com dimensões semelhantes às secções da caixilharia em madeira), sendo-lhe ainda, frequentemente, incorporados reforços de metal ou madeira (Figura 2.23) (Sirgado, 2010).

Os perfis de PVC, quando começaram a ser comercializados como caixilharia, apenas estavam disponíveis na cor da matéria-prima (geralmente branco, cinza e bege). No entanto, com as crescentes necessidades do mercado de construção de dar novas respostas a exigências estéticas, surgiram novos tipos de acabamentos, de que se destacam os processos de lacagem e de aplicação de películas (Figura 2.24).

As suas boas características isolantes, térmicas e acústicas, a qualidade estética e grande variedade de cores, aliadas ao seu preço mais acessível face aos outros tipos de caixilharia, são as razões apontadas para o sucesso das caixilharias de PVC no mercado Europeu, onde, segundo os dados da ASOVEN (2004), detêm uma posição dominante de cerca de 40% do mercado de caixilharias. Contudo, segundo a mesma fonte, a sua difusão em Portugal é ainda embrionária, representado apenas cerca de 10% do mercado actual.

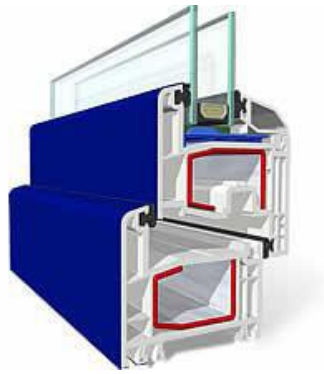


Figura 2.23 - Perfil de PVC com reforços metálicos (representados a vermelho) (Gomes, 2011)



Figura 2.24 - Lacagem (à esquerda), aplicação de película (ao centro) e tipos de películas (à direita) (Gomes, 2011)

2.5.5. Caixilharias mistas

As caixilharias mistas são a mais recente tendência do mercado de caixilharias.

Estas caixilharias surgem com o objectivo de otimizar as propriedades da caixilharia, conciliando diferentes materiais, combinando as vantagens e suprimindo as desvantagens individuais de cada um. Actualmente, já existem vários modelos no mercado, de que são exemplo as caixilharias mistas de madeira / alumínio (Figura 2.25, à esquerda), madeira / PVC (Figura 2.25, ao centro), PVC / alumínio (Figura 2.25, à direita), madeira / cortiça, madeira / fibra-de-vidro, entre outros (Martins, 2010).

Este tipo de caixilho é bastante útil quando se pretende obter, por um lado, uma boa resistência aos agentes agressivos, utilizando-se, por exemplo, na parte do caixilho em contacto com o exterior, alumínio ou PVC, aumentando desta forma a durabilidade da janela e, por outro lado, um resultado estético melhorado no interior das habitações, colocando-se madeira na parte do caixilho exposta ao interior.



Figura 2.25 - Exemplos de caixilharias mista: madeira / alumínio (à esquerda) (MCMurta, 2012); madeira / PVC (ao centro) (Finstral, 2012) e PVC / alumínio (à direita) (Finstral, 2012)

2.5.6. Repartição de mercado

Na Figura 2.26, mostra-se a repartição do volume de caixilharias pelos diferentes materiais no mercado Europeu em 2004.

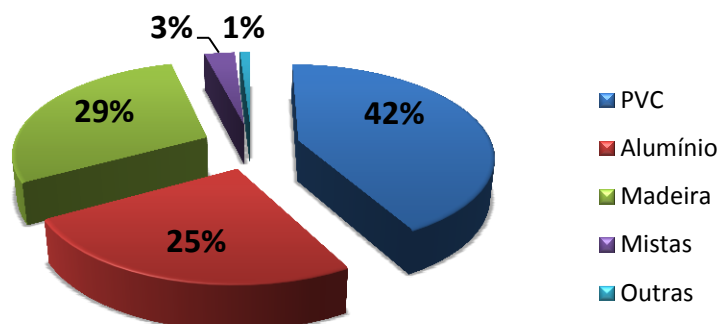


Figura 2.26 - Repartição relativa dos materiais das caixilharias no mercado Europeu [Gomes (2011) citando ASEFAVE (2004)]

Na Figura 2.27, mostra-se a repartição do volume de caixilharias pelos diferentes materiais no mercado Ibérico em 2004.

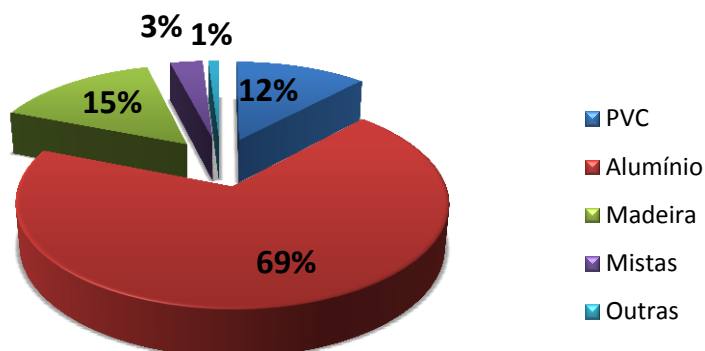


Figura 2.27 - Repartição relativa dos materiais das caixilharias no mercado Ibérico [Gomes (2011) citando ASEFAVE (2004)]

Na Figura 2.28, mostra-se uma estimativa da repartição do volume de caixilharias pelas tipologias dominantes (de batente e de correr) no mercado Português em 2011.

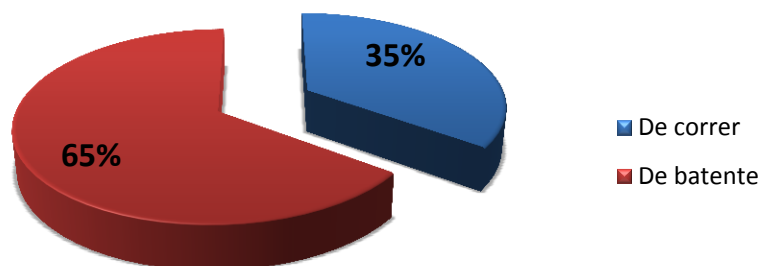


Figura 2.28 - Estimativa da repartição e relativa do volume de caixilharias pelas tipologias dominantes (de batente e de correr) no mercado Português (NAICI, 2011)

Da leitura dos dados apresentados referentes ao mercado em volume, pode concluir-se que, quanto ao material, a caixilharia de PVC apresenta-se como o material mais em voga na Europa.

No entanto, no mercado Ibérico, onde se inclui Portugal, é a caixilharia de alumínio que domina o mercado. Prevê-se no entanto uma tendência de decréscimo do consumo deste material nos próximos anos, em substituição por caixilharias de PVC e mistas, face à melhoria da relação qualidade-preço destes e ao elevado custo dos perfis de alumínio com corte térmico (Gomes, 2011).

Quanto à sua tipologia, estima-se que cerca de dois terços das portas e janelas sejam de batente e apenas um terço seja de correr. Tal facto deve-se, provavelmente, ao incremento das exigências de isolamento sonoro das fachadas, uma vez que as janelas giratórias têm, normalmente, uma permeabilidade ao ar mais baixa e um melhor isolamento sonoro (NAICI, 2011).

2.6. Síntese

Neste capítulo, abordou-se o conceito de caixilharias, descrevendo-as tecnologicamente e apresentando os requisitos funcionais a ser satisfeitos pelas mesmas. Abordou-se, ainda, a avaliação da sua conformidade e certificação.

A exposição da tecnologia associada às caixilharias constitui uma breve descrição dos tipos de abertura, dos materiais e das suas características.

Através da consulta de bibliografia especializada e de catálogos de empresas que comercializam caixilharias, verifica-se que a diversidade de tipologia e materiais é vasta.

As várias tipologias e materiais apresentam vantagens e inconvenientes, pelo que a adopção de uma solução depende sobretudo da durabilidade, economia, exigências funcionais e valor estético pretendidos.

O facto de existirem soluções diferenciadoras em termos tecnológicos e económicos, aliado ao desconhecimento das suas características, pode influenciar directamente o comportamento das caixilharias e contribuir para a ocorrência de anomalias, que serão apresentadas no capítulo seguinte.

3. Patologia das caixilharias

3.1. Introdução

Muito embora a actual e crescente preocupação em conceber edifícios duráveis e com qualidade, verifica-se que os edifícios construídos nos últimos anos não apresentam a qualidade esperada (Freitas, 2006).

O deficiente comportamento dos edifícios, em particular da sua envolvente, deve-se em parte a uma ausência de compatibilização das diversas exigências e à falta de pormenorização construtiva apropriada. Por outro lado, também os erros de execução são múltiplos, quer pela insuficiente qualificação das equipas que executam os diversos trabalhos, quer pela forma como está organizado o sector da construção (Rosa e Martins, 2005). De facto, estima-se que 40 a 50% das anomalias sejam originadas por deficiências no projecto e que 25 a 35% se devam a erros de execução (Argilés *et al.*, 2000).

A envolvente tem uma extrema importância na valorização do edifício, quer do ponto de vista arquitectónico quer ao nível da durabilidade e qualidade, já que constitui o “invólucro” que garante a protecção dos mesmos contra as acções agressivas de natureza física, química ou biológica do exterior (Rosa e Martins, 2005).

A caixilharia é o elemento de transição entre a área envidraçada e a área opaca da envolvente e, para além de estar continuamente exposta às acções climatéricas, é alvo de manuseamento rotineiro, o que acelera a sua deterioração, levando à manifestação prematura de anomalias que condicionam a durabilidade, qualidade, aspecto e conseqüente valor do edifício.

É portanto importante um conhecimento mais aprofundado das anomalias que ocorrem nestes elementos para que se possam distinguir entre si, sejam diagnosticadas correctamente as suas causas e providenciadas as soluções mais adequadas a empregar.

Como forma de otimizar a inspecção e o diagnóstico da patologia das caixilharias, é essencial a criação de um sistema classificativo que concentre e sistematize a informação dispersa sobre a temática em questão e que permita estabelecer conexões entre anomalias, causas, efeitos, materiais e técnicas de diagnóstico.

Neste capítulo, começa-se por apresentar uma breve revisão bibliográfica, apresentando-se as principais classificações de anomalias em caixilharias encontradas durante o levantamento bibliográfico conduzido para a preparação do presente capítulo.

Em seguida, apresenta-se uma proposta de sistema classificativo de anomalias em caixilharias, com base na literatura estudada e no contacto com firmas especializadas, com o objectivo de normalizar a designação e descrição das anomalias neste tipo de elemento.

Posteriormente, é apresentado um sistema classificativo das suas causas prováveis e, recorrendo a esses dados, são apresentadas, na forma de matriz, as correlações mais relevantes, nomeadamente inter-anomalias, anomalias-causas e anomalias-técnicas de diagnóstico.

Por último, apresenta-se o conceito de ficha de anomalia e descrevem-se as principais informações que nela deverão constar.

3.2. Revisão bibliográfica

Quando se pesquisam investigações relacionadas com anomalias em caixilharias os resultados são escassos e muitas vezes específicos para um determinado tipo de caixilharia (material) ou abrangendo os vãos envidraçados no seu todo.

De facto, encontram-se alguns casos de estudo para as anomalias mais frequentes, mas não de forma sistematizada e organizada que estabeleça e analise as relações entre anomalias, causas, efeitos, materiais e técnicas de diagnóstico.

Aguiar *et al.* (2011), por exemplo, apresentam uma breve classificação de anomalias nas janelas, focando sobretudo as que têm **caixilharia de madeira**. Nesta classificação, as anomalias são organizadas, de acordo com as acções que lhe deram origem, em três grupos principais: anomalias nas janelas devidas à acção da humidade (infiltrações, inchamento, empenos, apodrecimento, corrosão do material e condensações); anomalias nas janelas devidas a envelhecimento e degradação dos materiais não imputáveis à humidade (envelhecimento dos materiais devido à acção dos agentes atmosféricos, degradação dos fechos e ferragens devida ao uso e fractura de caixilhos e de vidros); e anomalias em elementos secundários de preenchimento de vãos exteriores devidas a desajustamentos face a determinadas exigências (caixilhos com secção insuficiente, vidros com secção insuficiente, deformabilidade exagerada e deficiente isolamento térmico).

Também Sousa (2003), com base na inspecção a 116 caixilharias do Palácio Nacional de Sintra, apresenta uma classificação de anomalias em **caixilharias de madeira** (Quadro 3.1), enumerando e descrevendo as suas possíveis causas (Quadro 3.2).

Quadro 3.1 - Principais anomalias das caixilharias do Palácio Nacional de Sintra (Sousa, 2003)

ANOMALIAS
-Degradação dos esquemas de pintura
-Degradação dos elementos de madeira
-Vidros partidos e massas estaladas
-Defeitos e corrosão das ferragens
-Desajustamento face às exigências:
- isolamento térmico
- protecção ao mobiliário existente do interior
- estanqueidade
- segurança contra acções acidentais e intrusão
- funcionamento

Quadro 3.2 - Causas possíveis das anomalias em caixilharia (Sousa, 2003)

CONDIÇÕES AMBIENTAIS
- Humidade
- Temperatura
- Radiação
- Vento
AGENTES BIOLÓGICOS
- Bolores
- Fungos de podridão
- Bactérias
- Insectos xilófagos
ACÇÃO DO HOMEM
- Manutenção
- Utilização / turismo
- Vandalismo
- Poluição

Gomes (2011), citando a ASEFAVE (2004), aborda a **caixilharia de PVC**, enumerando algumas das anomalias mais comuns e as suas possíveis causas (Quadro 3.3).

Quadro 3.3 - Anomalias mais comuns em caixilharias de PVC e as suas possíveis causas (Gomes, 2011)

ANOMALIAS	CAUSAS POSSÍVEIS
Varição das juntas de dilatação	-Movimento anormal de paredes por causas várias -Movimento anormal por assentamento do terreno -Carga excessiva em determinadas lajes -Movimento anormal das juntas de dilatação do edifício
Rotura de vidros	-Por acidente -Por variação das juntas de dilatação -Por variação térmica devida ao factor sol-sombra -Por incorporação de algum elemento estranho ao vidro -Por colocação de mobiliário interior próximo da fachada -Por defeitos nos rebordos dos vidros -Pelos produtos utilizados durante a limpeza -Por causa extraordinária (meteorológica ou sísmica)
Perda de brilho e riscos nos vidros	-Falta de limpeza em ambientes contaminantes -Limpeza com utensílios ou líquidos não adequados -Abrasão por fenómenos naturais
Deterioração da junta de estanqueidade exterior	-Falta de limpeza em ambientes contaminantes -Limpeza com utensílios ou líquidos não adequados -Abrasão por fenómenos naturais -Limpeza com água sob pressão ou com máquinas de vapor -Movimento anormal das juntas de dilatação do edifício
Falta de aderência na junta de estanqueidade exterior	-Falta de limpeza no momento de aplicar a junta -Movimentos anormais da junta -Cortes durante a limpeza
Perda de estanqueidade das janelas	-Deterioração da junta de estanqueidade exterior -Falha na conexão dos montantes com as travessas -Perda de estanqueidade nas juntas de dilatação -Perda de funcionalidade nos elementos móveis -Movimento anormal das uniões das janelas com outros elementos -Obstrução dos furos de drenagem
Perda da funcionalidade de janelas de batente / oscilobatentes	-Deterioração por causas várias das juntas de estanqueidade -Pontos de fecho deteriorados por mau uso

Por sua vez, Pereira (2004) apresenta uma síntese das principais anomalias e respectivas causas, desta feita relativamente à **caixilharia de alumínio** (Quadro 3.4).

De uma forma mais generalista, Gonçalves *et al.* (2005) apresentam uma lista das anomalias dos vãos exteriores no seu todo (Quadro 3.5).

Já Ramos (2009), recorrendo à base de dados criada pelo Professor Doutor Romeu Vicente, relativa à inspeção de 770 edifícios da Baixa de Coimbra, apresenta uma classificação e a respectiva frequência das anomalias observadas nas 1021 caixilharias vistoriadas (Figura 3.1).

Quadro 3.4 - Anomalias mais comuns em caixilharias de alumínio e as suas possíveis causas (Pereira, 2004)

ANOMALIAS	CAUSAS POSSÍVEIS
Perda de estanqueidade à água	-Vedação deficiente -Furos de drenagem da barreira exterior que limite o caudal de água infiltrado -Inexistência de barreira exterior que limite o caudal de água infiltrado -Inexistência de câmara para recolha e drenagem de água entre as duas linhas de vedação -Utilização de um vedante de baixa permeabilidade ao ar na linha exterior de vedação -Ausência de pingadeira na face externa. -Inexistência de lacrimais que evitem a progressão das gotas de água aderentes às superfícies -Utilização de aros incompletos
Deformações excessivas	-Deficiência de projecto -Fixações à envolvente insuficientes ou mal distribuídas -Vidros mal calçados -Ferragens de fecho mal afinadas ou pontos de fecho em número insuficiente
Fractura de vidros	-Calçamento deficiente -Folga insuficiente na junta dos vidros -Dilatações diferenciais devidas ao efeito de sombreamento -Juntas de dilatação da caixilharia mal concebidas
Condensações	-Isolamento térmico insuficiente -Elevada humidade ambiente
Condensações no interior de vidros isolantes	-Deficiência de fabrico -Calçamento deficiente
Degradação da anodização	-Espessura insuficiente -Colmatagem insuficiente
Degradação da termolacagem	-Espessura insuficiente -Aderência deficiente -Utilização incorrecta de acessórios do caixilho que, por contacto deslizante, podem desgastar o revestimento
Diferenças de cor	-Processo de fabrico deficiente (principalmente nos anodizados)
Oxidação dos acessórios	-Retenção de água no interior dos caixilhos -Revestimento superficial de protecção dos acessórios deficiente

Quadro 3.5 - Anomalias mais comuns em vãos exteriores (Gonçalves *et al.*, 2005)

ANOMALIAS
-Deterioração de vedantes
-Humidade de infiltração
-Deterioração de vedações de vidros
-Fissuração e fractura de vidros
-Fissuração / fragmentação / esboroamento em peitoris
-Fissuração em soleiras
-Criptoflorescências
-Eflorescências
-Deterioração de fechos e dobradiças
-Deterioração de estores
-Deterioração do lacado / anodizado
-Deterioração de pinturas
-Corrosão por picagem
-Delaminação do contraplacado das faces exteriores da madeira
-Ataque de xilófagos
-Apodrecimento
-Empenos e deficiência de funcionamento



Figura 3.1 - Frequência das anomalias das caixilharias dos edifícios da Baixa de Coimbra (Ramos, 2009)

3.3. Classificação das anomalias

As anomalias nas caixilharias em paredes têm carácter não estrutural. Este tipo de anomalias pode manifestar-se sob formas muito variadas dependendo da natureza dos materiais, das técnicas de construção utilizadas, da origem das causas e dos períodos de ocorrência (Aguiar *et al.*, 2011).

Muita da bibliografia subordinada a este tipo de anomalias sugere que estas sejam classificadas em grupos de acordo com o local de ocorrência ou com as acções que lhes deram origem (Aguiar *et al.*, 2011) (Gonçalves *et al.*, 2005). Contudo, colocando o primeiro tipo de classificação em prática, verifica-se que as mesmas anomalias ocorrem em componentes diferentes da caixilharia, tratando-se por isso de uma classificação pouco útil para este tipo de elementos. De outro modo, classificar as anomalias de acordo com as acções que lhes deram origem levanta alguma dificuldade e inexactidão na sua definição, uma vez que muitas das anomalias podem ter origem em várias acções conjugadas e não apenas numa perfeitamente definível.

Por estes motivos, propõe-se nesta dissertação um agrupamento de anomalias por tipologia e aspecto visual. Este sistema classificativo evita os referidos inconvenientes dos apresentados anteriormente pelo que tem vindo a ser usado em dissertações enquadradas nesta linha de investigação (Garcez, 2009) (Amaro, 2011).

Da aplicação da referida classificação resultam oito grupos de anomalias que se apresentam no Quadro 3.6. Estes grupos dividem-se em subgrupos, perfazendo um total de 15 anomalias.

Do primeiro grupo de anomalias fazem parte as condensações. O segundo grupo concentra as anomalias que se manifestam por descolamentos e desprendimentos dos vários elementos integrantes da caixilharia. As deformações excessivas são integradas no grupo três, ficando as folgas e frestas entre os elementos para o quarto grupo de anomalias. As anomalias do quinto grupo são referentes às quebras, estragos ou lacunas dos elementos mais frágeis, tais como o vidro, dobradiças ou mecanismo de fecho. Do sexto grupo constam as anomalias ligadas a acumulação de detritos. O sétimo grupo comporta o processo de degradação, optando-se por distinguir o facto de ocorrer no revestimento ou no material propriamente dito (madeira, metais e PVC). Por último, o oitavo grupo é relativo às infiltrações.

Quadro 3.6 - Classificação proposta de anomalias em caixilharias

A-C CONDENSAÇÕES
A-C1 - condensações no exterior dos vidros
A-C2 - condensações no interior dos vidros (quando múltiplos)
A-D DESCOLAMENTOS / DESPRENDIMENTOS / AUSÊNCIAS
A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro
A-D2 - desprendimento / ausência de peças (caixilhos/ bites/ pingadeiras)
A-O DEFORMAÇÕES
A-O1 - deformações (distorções / empenos / dilatações / mossas)
A-F FOLGAS / FRESTAS
A-F1 - folgas entre aro e vão / entre aro e folha (excessiva ou insuficiente)
A-F2 - juntas abertas / frestas
A-F3 - desnivelamento entre folhas
A-Q ELEMENTOS DANIFICADOS
A-Q1 - vidros quebrados
A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes
A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes
A-M ACUMULAÇÃO DE DETRITOS
A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica
A-E DEGRADAÇÃO
A-E1 - degradação do revestimento / acabamento
A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos
A-I INFILTRAÇÕES
A-I1 – infiltrações de água

3.4. Caracterização das anomalias

Caracteriza-se, de seguida, cada uma das anomalias em caixilharias do sistema classificativo proposto.

3.4.1. Condensações

A condensação de vapor de água no interior é uma mais das “modernas” causas de degradação dos edifícios e, particularmente das caixilharias (Mendonça, 2005).

As condensações tornaram-se um problema actual, essencialmente devido a uma mudança de carácter económico e tecnológico. O aumento do custo da energia colocou restrições económicas à quantidade de aquecimento que os utentes dos edifícios podem utilizar e encorajou o aumento da eficiência energética dos mesmos (Mendonça, 2005).

Cada vez mais se aumentam as características de estanqueidade e impermeabilidade. São exemplos disso as janelas com caixilharia dupla e vidros duplos, que atingem praticamente a estanqueidade total, a fim de evitar transferências térmicas com o exterior, bem como aumentar o isolamento sonoro, o que provoca, em certos casos, a total anulação de ventilação através destes elementos (Mendonça, 2005).

As condensações ocorrem sempre que o vapor de água existente no ambiente entra em contacto com uma superfície cuja temperatura seja igual ou inferior à temperatura do ponto de orvalho correspondente à concentração do vapor de água no ar (Figura 3.2, à esquerda). Nesse ponto, a água passa do estado gasoso para o estado líquido (AQC, 2012a).

Com efeito, tendo em conta os mecanismos de formação das condensações, será nas vidraças das janelas que as condensações superficiais ocorrerão com maior intensidade mais frequentemente (Aguiar *et al.*, 2011).

Salienta-se que a ocorrência de condensações nos envidraçados por vezes advém de uma ventilação e de um aquecimento insuficientes do edifício. Por isso, além da especificação adequada do isolamento térmico da caixilharia, é necessário assegurar a existência de ventilação e aquecimento satisfatórios (temperatura interior de 20°C e humidade relativa inferior a 70%) (Freitas, 2002).

O fenómeno da condensação superficial sobre os vidros duplos pode ocorrer na face exterior [1], na face interior [4] ou nas faces interiores dos vidros [2 e 3] (Figura 3.2, à direita). No caso do vidro simples, apenas se verificam as duas primeiras situações.

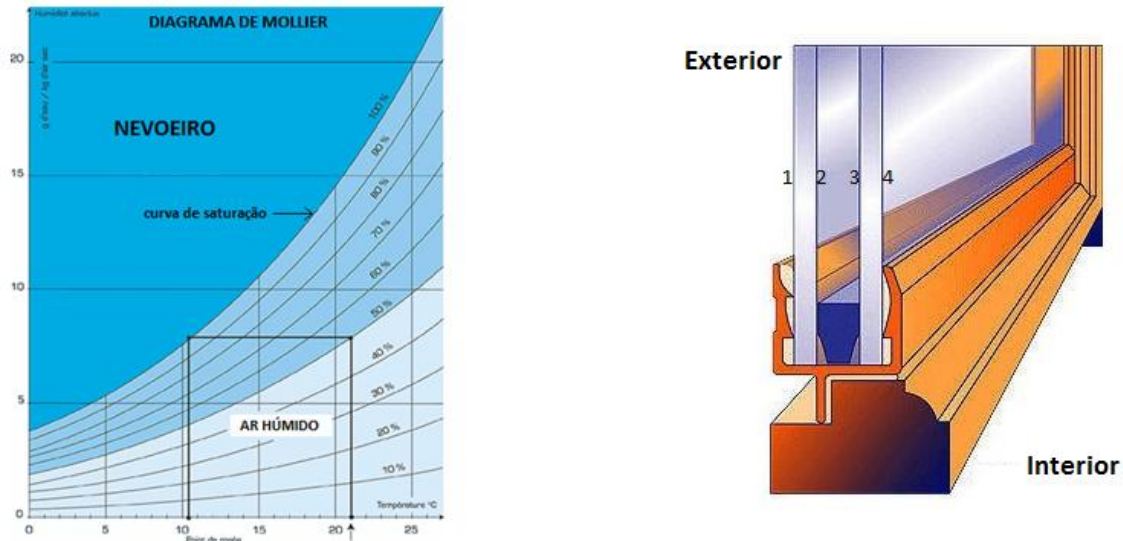


Figura 3.2 - Diagrama de Mollier (à esquerda) [adaptado de AQC (2012a)] e representação esquemática do vidro duplo (à direita) [adaptado de Dyverglass (2012)]

3.4.1.1. Condensações no exterior dos vidros

Este tipo de condensação, que ocorre sobretudo na face [4] (Figura 3.3, à esquerda), não constitui por si só um problema, mas as suas consequências sim. Após condensar, a água escorre para a parte inferior da janela podendo vir a humedificar o caixilho ou até os peitoris, potenciando assim a sua deterioração e mau funcionamento. Por esse motivo, as janelas devem comportar, sobre toda a sua largura, uma travessa de apoio de peitoril para garantir a recuperação das águas e a eficaz evacuação até ao exterior (Figura 3.3, à direita) (Gama, 2005).

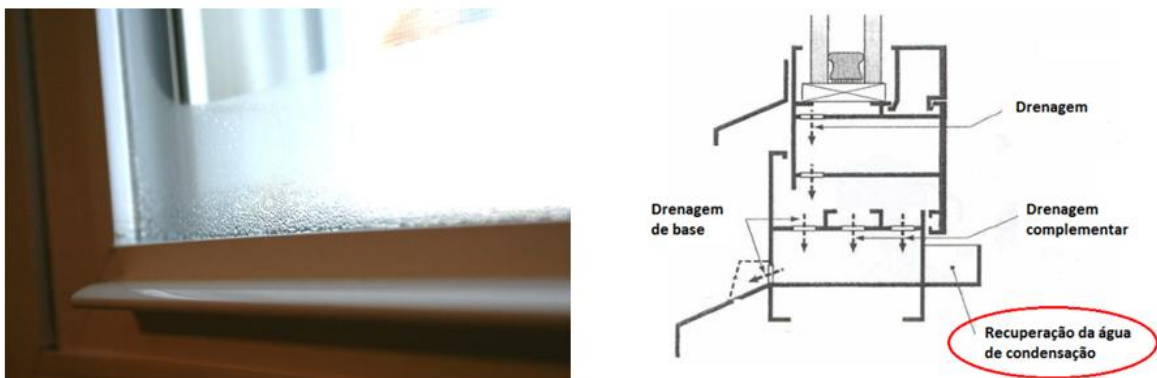


Figura 3.3 - Condensação no exterior dos vidros (face 4) (à esquerda) e exemplo de drenagem num caixilho alumínio (à direita) (Verdelho, 2005)

No caso da caixilharia de madeira, a existência de ambientes húmidos pode dar origem a inchamentos que prejudicam o funcionamento das suas partes móveis (Aguiar *et al.*, 2011) e, quando a

madeira permanece em condições de humidade elevada por longos períodos, tal pode levar a ataques por fungos ou térmitas (Cruz, 2001).

No caso da caixilharia metálica, a sua humedificação pode dar origem à corrosão do material, especialmente quando este se encontra desprovido de revestimento (Aguiar *et al.*, 2011).

3.4.1.2. Condensações no interior dos vidros (quando múltiplos)

A formação de condensações nas faces interiores, faces 2 e 3 (Figura 3.4, à esquerda), é uma indicação de que a lâmina de ar ou de gás perdeu a sua estanqueidade. Os agentes de desidratação ficam assim rapidamente saturados e todo o ar húmido que consiga penetrar através da junta periférica diminui a visibilidade por formação de condensações nas referidas faces. Este processo implica uma perda de capacidade isolante e é difícil de reverter, apresentando-se a substituição do vidro, geralmente, como a solução mais viável (Saint-Gobain Glass, 2012a).

Além da ocorrência de condensações no interior dos vidros, também podem ocorrer condensações no interior dos perfis (Figura 3.4, à direita). Estas condensações podem ter consequências graves na durabilidade da caixilharia, pois a presença prolongada de água no estado líquido em zonas não protegidas (revestidas) da caixilharia pode conduzir à degradação dos materiais, bem como à deterioração precoce da selagem da lâmina de ar dos vidros duplos (Pinto, 2010).

A condensação de vapor de água no interior dos perfis é por vezes inevitável, sendo por isso recomendada a execução de rasgos de ventilação e drenagem para o exterior. Estes rasgos colocam em contacto o interior dos perfis com o exterior, possibilitando a drenagem e facilitando a sua secagem.

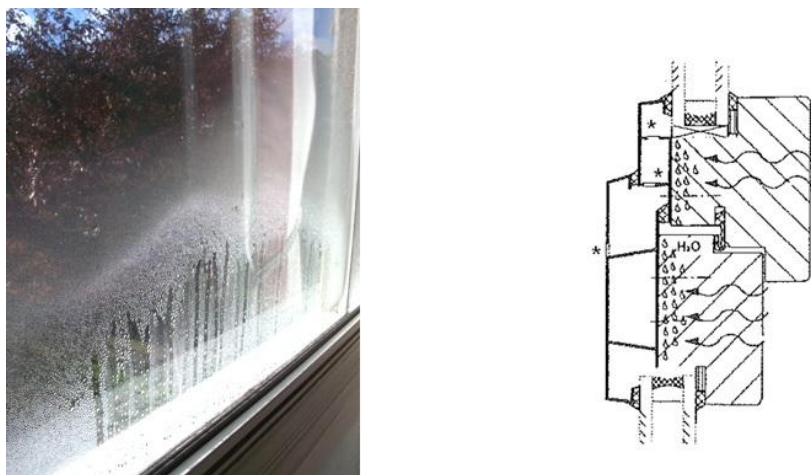


Figura 3.4 - Condensação no interior dos vidros (à esquerda) (Sanderson, 2012) e condensação no interior dos caixilhos (à direita) (Pinto, 2010)

3.4.2. Descolamentos

Entende-se por descolamento o processo pelo qual um elemento se descola ou desprende da sua disposição original.

3.4.2.1. Descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro

Os mastiques, cordões de estanqueidade, ou massa de vidraceiro são elementos preponderantes no bom desempenho de uma caixilharia. Do seu bom funcionamento depende o cumprimento de certos

requisitos imputados às caixilharias, nomeadamente a permeabilidade limitada ao ar, a estanqueidade à água e a estanqueidade ao som.

Estes elementos são colocados voltados quer para o interior quer para o exterior do edifício, estando sujeitos a acções agressivas de natureza física, química ou biológica que lhe fazem perder as suas propriedades, nomeadamente a aderência, podendo levar ao seu descolamento (Figura 3.5, à esquerda).

Resumem-se, no Quadro 3.7, os principais factores agressivos, a sua forma de actuação e o seu efeito no desempenho dos mastiques.

Quadro 3.7 - Principais causas de deterioração dos mastiques (Martins e Pereira, 2006)

AGENTE	EFEITO
Temperatura	A temperatura pode exercer sobre o maticques o efeito de retracção e/ou endurecimento, assim como a modificação do comportamento à deformação (os mastiques suportam, na sua maioria, temperaturas entre -20 e +70 °C).
Água	A água pode apresentar-se sob a forma de precipitação, vapor de água ou água estagnada. Pode ter uma acção física, química ou corrosiva sobre o mastique, provocando determinadas anomalias tais como: erosão, dissolução, endurecimento, perda da aderência por corrosão, infiltrações, formação de bolhas, entre outras.
Sol	Os raios ultravioletas podem provocar degradação química no mastique, assim como alteração da sua cor.
Químicos	A acção dos gases atmosféricos (oxigénio, azoto, anídrico sulfuroso, nitratos e hidrocarbonetos) e/ou dos produtos de limpeza pode provocar transformações químicas no mastique. A acção dos cloretos pode levar a uma saponificação do mastique ou primário na presença de água, causando falta de aderência.
Microrganismos	Os microrganismos podem provocar alterações dos mastiques como, por exemplo, descolorações.
Movimentos da junta	Devido às variações dimensionais da junta, o mastique é exposto a deformações de tracção / compressão que o podem levar à descolagem ou rotura.
Deterioração mecânica	O mastique pode ser afectado por efeitos mecânicos, tais como deteriorações provocadas pelas aves ou mesmo actos de vandalismo.

De referir que o potencial de deterioração dos mencionados agentes é muitas vezes ampliado devido à incorrecta aplicação dos vedantes (Figura 3.5, ao centro). Por exemplo, verifica-se que, frequentemente, a folga existente entre o aro e o vão é exagerada ou insuficiente para a aplicação correta do mastique ou que a superfície não é adequadamente preparada (limpa e seca) antes da aplicação (Mimoso, 1989).



Figura 3.5 - Descolamento de mastiques (à esquerda), cordão de estanqueidade mal colocado (ao centro) e desprendimento da massa de vidraceiro à direita

3.4.2.2. Desprendimento / ausência de peças (caixilhos/ bites/ pingadeiras)

O processo de descolagem / desprendimento pode ainda verificar-se noutros elementos. Para além dos referidos no ponto anterior, os elementos mais passíveis de desprendimento são os bites (Figura 3.6, à esquerda) e as pingadeiras (Figura 3.6, à direita).



Figura 3.6 - Ausência de bite (à esquerda) e ausência de pingadeira (à direita)

Os bites são geralmente colocados pelo lado de dentro e têm a função de fixar o vidro garantindo o seu adequado posicionamento quando solicitado pela força do vento. Apesar de a sua função última ser fixar, tal acção não pode ser irreversível uma vez que deve ser permitida uma eventual substituição do vidro. Os bites devem portanto ser desmontáveis, facto que os torna susceptíveis de desprendimento (Martins e Pinto, 2004).

Tanto os bites (Figura 3.7) como as pingadeiras são geralmente fixos por colagem, pregagem, aparafusagem ou encaixe.

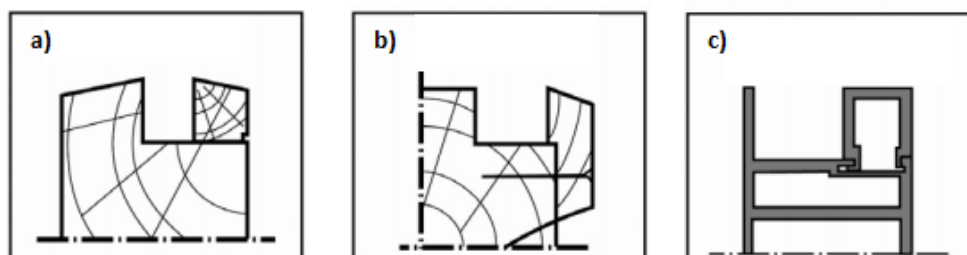


Figura 3.7 - Formas de fixação dos bites: a) colagem; b) pregagem ou aparafusagem; c) encaixe [adaptado de (Saint-Gobain Glass, 2012b)]

3.4.3. Deformações excessivas

As deformações na caixilharia devem-se, sobretudo, ao facto de estarem continuamente exposta às condições atmosféricas e às suas variações, destacando-se a variação de temperatura e a variação de humidade.

A variação de temperatura, uniforme e/ou diferencial, pode provocar em todos os materiais, embora com amplitudes diferentes, distorções, retracções e dilatações (Figura 3.8, à esquerda). Já a variação de humidade afecta, sobretudo, as caixilharias de madeira.

Estas variações de humidade, e a conseqüente alteração do teor em água da madeira, provocam variações dimensionais, nomeadamente inchamentos, empenos (Figura 3.8, à direita) e retracções (Cruz, 2001). Estas deformações podem vir a comprometer o correcto funcionamento das partes móveis da caixilharia (Aguiar *et al.*, 2011).

As deformações podem ainda ser resultado da execução incorrecta do caixilho, da sua defeituosa instalação ou deficiente utilização.



Figura 3.8 - Porta encravada por dilatação do caixilho (à esquerda) (Brito, 2005) e empeno em caixilharia de madeira (à direita) (Gomes, 2009)

3.4.4. Folgas / frestas

Entende-se como folga ou fresta o espaço livre, diminuto, existente entre duas peças contíguas.

As folgas ou frestas das caixilharias, embora possibilitem a ventilação natural, contribuem significativamente para o mau desempenho acústico, térmico e isolante das caixilharias.

Segue-se uma divisão de folgas ou frestas mediante o local e/ou componente da caixilharia onde ocorrem.

3.4.4.1. Folgas entre aro e vão ou entre aro e folha(s) (excessiva ou insuficiente)

A **folga entre aro e o vão** corresponde ao espaço existente entre a alvenaria acabada e o caixilho, o qual posteriormente é preenchido com argamassa, silicone ou poliuretano expandido. Trata-se de uma folga necessária ao processo construtivo e ao bom funcionamento da caixilharia. As folgas a prever deverão considerar as tolerâncias de fabrico dos caixilhos, as dilatações ou contracções recíprocas destes e dos vidros e, no caso de caixilhos directamente solidários com a estrutura do edifício, as deformações toleradas por esta, nomeadamente as flechas admissíveis às vigas (Martins e Pinto, 2004).

Uma vez devidamente preenchida com os materiais já referidos, esta folga não acarreta problemas. Esta folga pode, no entanto, constituir-se como anomalia quando o referido preenchimento é disfuncional (Figura 3.9, à esquerda) ou inexistente como, por exemplo, quando o cordão de mastique que efectua a vedação descola (3.4.2.1), contribuindo para o surgimento de infiltrações e deficiente desempenho acústico e térmico da caixilharia (Pereira, 2004).

Outro tipo de folgas observáveis com frequência são **as folgas entre o aro e folha(s)**. Este tipo de folga acontece entre o aro e as folhas da caixilharia. É também necessário ao bom funcionamento da caixilharia, viabilizando o desprendimento das folhas, quando móveis, do arco que as compreende.

Quando insuficiente, dificulta ou impede mobilidade das folhas, impedindo que fechem ou abram correctamente.

Quando excessiva, permite infiltrações e compromete o desempenho acústico e térmico da caixilharia (Figura 3.9, à direita).



Figura 3.9 - Folga entre aro e vão excessiva (à esquerda) (InspectAPedia, 2012); imagem termográfica - transmissão elevada de calor através da junta entre aro e folha (à direita) (Thermography, 2012)

3.4.4.2. Juntas abertas / frestas

Entende-se como junta o plano que define a união entre dois elementos justapostos.

Nas caixilharias, as juntas são uma consequência do processo de montagem. Estas juntas materializam uma descontinuidade no material, apresentando-se por isso como uma zona de fragilidade aumentada. Por esse facto, muitas vezes quando se verificam deformações na caixilharia, observa-se que estas juntas acabam por ceder (Figura 3.10).

A abertura destas juntas, à imagem das anomalias deste grupo, é também comprometedora do desempenho acústico e térmico da caixilharia.

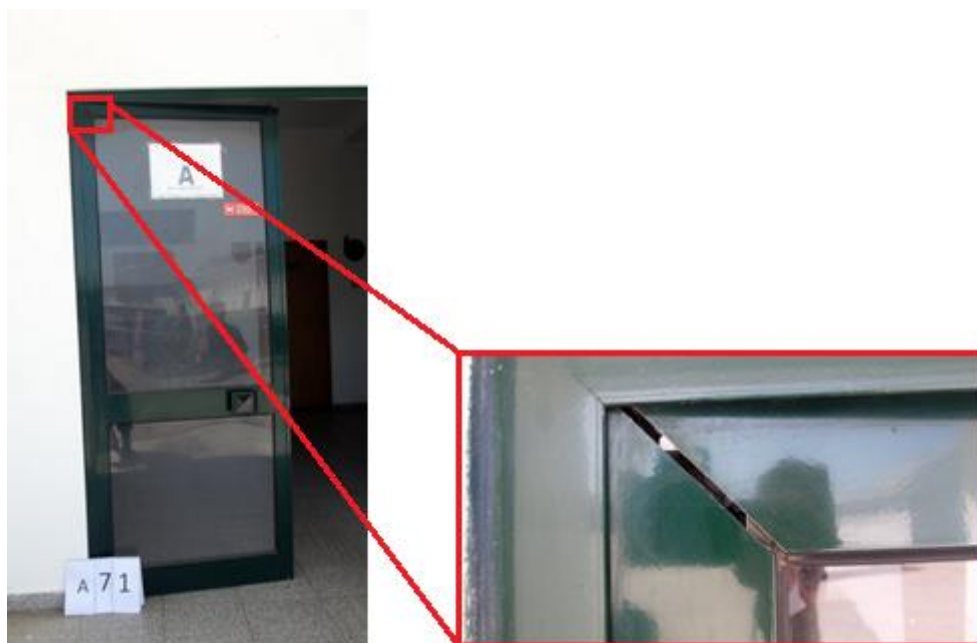


Figura 3.10 - Junta aberta de ligação entre caixilhos (caixilharia de alumínio)

3.4.4.3. Desnivelamento entre folhas

O processo de montagem da caixilharia prevê que se faça, numa fase final, um ajuste entre as folhas. Este ajuste é conseguido através da regulação vertical das dobradiças, desaparafusando-as do aro fixo e movendo-as até que as folhas fiquem na posição ideal (Anicolor, 2012).

Apesar do cuidado e precisão inicial em alinhar as folhas, é habitual que, com o passar do tempo, por acção de distorções nos diferentes elementos da caixilharia, uso incorrecto ou desgaste das peças, esse nivelamento se vá perdendo, devendo proceder-se ao reajuste das folhas quando tal se verifique.

É de considerável importância que as folhas se mantenham niveladas. O seu desalinhamento, para além de inestético, pode dificultar ou impedir a manobra das folhas e criar frestas para o exterior, comprometendo desse modo o desempenho acústico e térmico da caixilharia (Figura 3.11).



Figura 3.11 - Desnivelamento entre folhas

3.4.5. Elementos partidos / danificados

3.4.5.1. Vidros partidos

O caixilho é a estrutura, esquadria ou aro que sustenta, garante e permite a fixação do vidro à zona opaca da construção. Como tal, apesar de o objecto de estudo desta dissertação ser a caixilharia, torna-se inexequível uma total dissociação destes elementos.

Geralmente, o vidro usado no preenchimento dos vãos das construções é do tipo *plano liso*, um dos tipos mais frágeis de vidro, pelo que é também função da caixilharia prevenir a sua quebra, nomeadamente evitando que as deformações da zona opaca da construção se lhe transmitam significativamente (Martins e Pinto, 2004).

As causas mais comuns da quebra de vidros são a acção do vento (pressão ou sucção), acções de choque resultante do impacto acidental ou propositado de objectos contundentes, por choque térmico

(caso limitado na prática a vidros especiais coloridos) ou por efeito de deformações das estruturas ou das paredes de alvenaria em que as caixilharias de alvenaria se enquadram (Aguiar *et al.*, 2011).

Para além de inestético, um vidro partido expõe (Figura 3.12) o interior da construção às acções climáticas exteriores, comprometendo a "protecção" exigida à envolvente.



Figura 3.12 - Janelas com vidros partidos

3.4.5.2. Dobradiças danificadas / ausentes

As dobradiças são dispositivos mecânicos que unem o aro da caixilharia às partes / folhas móveis, permitindo a sua articulação. São geralmente de metal (aço, latão, alumínio, entre outros) mas também em PVC.

Do seu bom estado e funcionamento depende a manobra das partes móveis.

Na origem do seu estrago ou inoperacionalidade, poderão estar as distorções nos diferentes elementos da caixilharia, o uso incorrecto, desgaste das peças pelo uso, deterioração dos elementos de fixação, deficiente montagem ou simplesmente a falta de manutenção (Figura 3.13).

De modo a garantir o seu bom funcionamento, é recomendável que se verifique, frequentemente, o seu correcto andamento e, sempre que se justifique, se proceda à sua lubrificação com óleo fino (Verdelho, 2005).



Figura 3.13 - Dobradiças danificadas

3.4.5.3. Mecanismos de fecho danificados / ausentes

Os mecanismos de fechos são dispositivos mecânicos que permitem a fixação das partes / folhas móveis.

Existem diversos sistemas de fecho. A sua forma e funcionamento variam mediante o tipo de abertura pretendido, material utilizado ou opção do fabricante. À semelhança do referido para as

dobradiças, a origem do seu estrago ou inoperacionalidade (Figura 3.14) poderá estar nas distorções dos diferentes elementos da caixilharia, no uso incorrecto ou forçado, no desgaste das peças pelo uso, na deterioração dos elementos de fixação, na deficiente montagem ou na falta de manutenção.



Figura 3.14 - Mecanismos de fecho danificados

3.4.6. Acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica

A acumulação de detritos e outros materiais (folhas, aranhas e teias, excrementos de aves, respingos de tinta ou argamassa, entre outros) sobre a caixilharia e/ou peitoris pode levar ao mau funcionamento do sistema de evacuação de águas, potenciando a formação de zonas de acumulação de água de onde poderão resultar infiltrações (Figura 3.15).



Figura 3.15 - Acumulação de folhas no caixilho (à esquerda) e obturação dos rasgos drenantes (à direita)

Por outro lado, a humedificação dos elementos que constituem a caixilharia estimula alterações físicas, químicas e mecânicas nos mesmos.

No caso da madeira, o material mais sensível a estas condições, a humedificação pode provocar alterações físicas consideráveis, que poderão pôr em causa a operacionalidade da caixilharia, ao mesmo tempo que potencia a acção dos lenhívoros mais destruidores.

De referir que a acumulação de detritos pode resultar da presença de aves nos parapeitos das janelas (Figura 3.16), cuja acção (fezes, cadáveres e resto de ninhos), para além de prejudicar o funcionamento do sistema de evacuação de águas, inclui também uma componente química (que também se verifica no caso dos respingos de argamassa), que se traduz em reacções entre os ácidos produzidos pelo metabolismo dos agentes biológicos (presentes nas fezes) e o material que constitui a caixilharia [adaptado de Garcez (2009)].



Figura 3.16 - Acção das aves na acumulação de detritos

Outra forma de acumulação de sujidade acontece por meio da colonização biológica. Esta, quando na face exterior (Figura 3.17, à esquerda e ao centro), está directamente relacionada com a presença de água, tendo a radiação solar como fonte de energia. Quando na face interior (Figura 3.17, à direita), está relacionada com a humidade elevada do meio e consequentes condensações. Após condensar, a água escorre para a parte inferior da janela podendo vir a humidificar o caixilho ou até os peitoris, criando assim as condições de humidade necessárias ao desenvolvimento dos microrganismos biológicos.



Figura 3.17 - Colonização biológica na face exterior da caixilharia (à esquerda e ao centro) e no mastique da face interior da caixilharia (à direita)

De modo a minimizar a acumulação de detritos e garantir a durabilidade e o bom funcionamento da caixilharia e sistema de evacuação de águas, torna-se necessária a realização de acções de manutenção regulares, que consistirão na limpeza dos detritos. Geralmente, as empresas especializadas recomendam que se faça uma limpeza pelo menos trimestral através de escovagem com água e detergente neutro (Extrusal, 2012).

3.4.7. Degradação

Entende-se como degradação a alteração indesejável das propriedades dos materiais.

A degradação dos materiais resulta da acção de vários factores, que podem ser agrupados em três grandes grupos (Quadro 3.8): factores físico-químicos, factores de localização e factores biológicos.

A intervenção destes factores no processo de degradação pode traduzir-se em alterações físicas ou químicas do material, superficial ou internamente.

O grau de intensidade e de frequência dessas alterações depende principalmente do tempo de actuação dos diversos factores definidos (Eusébio e Rodrigues, 2009).

3.4.7.1. Degradação do revestimento / acabamento

O processo de degradação dos materiais pode ser evitado ou minimizado através do uso de revestimentos. Contudo, mesmo esses revestimentos não estão imunes à degradação.

A degradação do revestimento, para além dos factores referidos no Quadro 3.8, pode ser consequência da selecção inadequada da tinta, verniz ou incorrecta preparação da superfície (Eusébio e Rodrigues, 2009).

Nas caixilharias, esta anomalia manifesta-se geralmente por descamação (exfoliação ou descasque) ou empolamento da película de tinta (ou verniz) (Figura 3.18).

Quadro 3.8 - Factores de degradação de revestimentos por pintura (Eusébio e Rodrigues, 2009)

FACTORES FÍSICO-QUÍMICOS	FACTORES DE LOCALIZAÇÃO	FACTORES BIOLÓGICOS
<p>Constituintes atmosféricos: oxigénio, ozono, anidrido carbónico;</p> <p>Água: líquida (chuva, orvalho), sólida (neve, gelo), gasosa (vapor);</p> <p>Temperatura: valores absolutos e amplitude de variação;</p> <p>Radiação solar: luminosa e térmica;</p> <p>Contaminantes atmosféricos: gasosos (SO₂, NO_x), líquidos (soluções salinas, ácidas ou alcalinas), sólidos (areia, poeiras, sujidade);</p> <p>Outros produtos químicos: indústrias químicas, petroquímicas ou alimentares.</p>	<p>Geográficos: latitude, longitude, altitude;</p> <p>Posição relativa: vertical, horizontal, orientação (sul, norte, entre outros);</p> <p>Ambiental: marítimo, urbano, rural, industrial.</p>	<p>Microorganismos: bactérias, fungos, musgos;</p> <p>Flora e fauna: marítima ou terrestre.</p>



Figura 3.18 - Descamação da pintura - caixilharia de madeira (à esquerda) (Freitas, 2006) e empolamento da lacagem - caixilharia de alumínio (à direita) (Amtec, 2012)

3.4.7.2. Degradação dos materiais dos caixilhos

Uma vez desprovidos da capa protectora conferida pelo revestimento (por degradação ou não utilização desta), os materiais ficam directamente expostos aos factores de degradação. Tal promove a celeridade na degradação da caixilharia, atendendo a que estes materiais são geralmente mais vulneráveis do que os revestimentos, comprometendo decisivamente a funcionalidade, estética e durabilidade.

Os factores de degradação não actuam isoladamente, nem actuam com a mesma intensidade, ou durante o mesmo tempo, e cada um deles agirá de modo diferente para cada tipo de material.

Descrevem-se de seguida, de forma breve, os principais agentes e mecanismos de degradação associados aos principais materiais usados nas caixilharias.

i) Degradação da madeira

A constituição química (celulose, lenhina e hemicelulose) e a natureza permeável da madeira tornam-na vulnerável a diversos agentes agressivos, de que se destacam os **agentes atmosféricos** e os **agentes biológicos**.

Agentes atmosféricos

Radiação solar - a radiação solar provoca alterações físicas e químicas confinadas principalmente à superfície da madeira. A luz solar, em particular a radiação gama ultravioleta, provoca a decomposição química da lenhina. Daí resulta o escurecimento da madeira e subsequentemente a progressiva mudança para uma tonalidade cinzenta que é associada frequentemente a madeira “velha” (Cruz, 2001).

Água - a absorção de água, cujas moléculas vão ficando localizadas entre as microfibrilas, causa um enfraquecimento da ligação entre elas diminuindo as propriedades mecânicas da madeira (Eusébio e Rodrigues, 2009). Além disso, como referido, a humidade é um importante catalisador dos principais agentes biológicos responsáveis pela degradação da madeira.

Agentes biológicos

A eventual susceptibilidade de uma madeira é uma característica intrínseca da espécie de madeira em causa (durabilidade natural). Essa caracterização consta da norma NP EN 350-2:2000. No entanto, ainda que uma espécie seja susceptível de ataque por determinado agente, esse ataque só se verifica se existirem condições favoráveis ao seu desenvolvimento (temperatura ambiente, ar e humidade), razão pela qual foram definidas classes de risco biológico em função das condições de aplicação da madeira (Quadro 3.9) (Cruz, 2001).

Segundo a norma NP EN 335-2:1994, a caixilharia enquadra-se na classe de risco 3, apresentado propensão a desenvolver carunchos, térmitas e podridões.

ii) Degradação de metais

A degradação dos metais deve-se sobretudo à corrosão. Esta afecta não apenas o aspecto estético do material mas também a sua resistência mecânica e vida útil. A corrosão manifesta-se através de anomalias superficiais (embranquecimento, alteração da cor, manchas, escorrimentos, empolamentos e destacamentos) e/ou anomalias profundas (picadas / perfurações, diminuição da espessura do elemento, perda de elementos ou de partes destes e fissuras / fracturas) (Fontinha e Salta, 2004).

A corrosão é um processo complexo e a sua ocorrência e intensidade dependem de diversos factores, frequentemente interligados, os quais se prendem com as características do próprio elemento: do material que o constitui, características do meio a que se encontra exposto e, ainda, condições de utilização / funcionamento (Fontinha, 2002).

Quadro 3.9 - Classe de risco de ataque biológico segundo NP EN 335-2:1994

CLASSES DE RISCO	SITUAÇÕES GERAIS DE SERVIÇO	EXPOSIÇÃO À HUMIDADE	TEOR EM ÁGUA DA MADEIRA	PRINCIPAIS AGENTES BIOLÓGICOS
1	sem contacto com o solo, sob coberto (ex.: pavimentos)	nenhuma	20% no máximo	carunchos térmitas
2	sem contacto com o solo, sob cobertos mas com risco de humedecimento (ex.: estruturas de cobertura)	ocasional	ocasionalmente >20%	carunchos térmitas podridão castanha
3	sem contacto com o solo, não coberto (ex.: caixilharia)	frequente	frequentemente >20%	carunchos térmitas podridão castanha podridão branca
4	em contacto com o solo ou água doce (ex.: fundações)	permanente	permanentemente >20%	carunchos térmitas podridão castanha podridão branca podridão mole
5	na água salgada (ex.: pontões)	permanente	permanentemente >20%	CR 4 + xilófagos marinhos

Material

O comportamento à corrosão varia de metal para metal. Os metais vulgarmente usados na caixilharia são o ferro fundido, o aço e o alumínio. Estes metais apresentam distinta resistência à corrosão, sendo que, geralmente, o aço e o ferro fundido são menos resistentes à corrosão do que o alumínio. A resistência destes metais à corrosão vai depender ainda do estado da superfície do metal como, por exemplo, da existência de camadas de produtos de corrosão e da natureza destes produtos ou do tipo de acabamento mecânico da superfície (rugoso, polido, entre outros) (Fontinha e Salta, 2004).

Meio

São muitos os factores que determinam a corrosividade do meio a que os componentes metálicos são expostos. Os meios mais relevantes na construção civil são o ar, a água (tubagens) e o solo (tubagens e estacas). No caso particular da caixilharia, apenas os primeiros têm significado.

Ao ar livre, o metal pode sofrer corrosão quando existe sobre a sua superfície uma película de água, resultante da condensação da humidade atmosférica ou da chuva, sendo que a magnitude da corrosão do metal na atmosfera vai depender essencialmente da acção do tempo de permanência da película de água e da sua composição química (Fontinha e Salta, 2004).

Condições de funcionamento / utilização

O modo como o componente metálico ou as suas superfícies estão expostas à atmosfera influencia a intensidade da corrosão, uma vez que pode condicionar o acesso dos agentes corrosivos à superfície ou o tempo de humedecimento. Exemplos dessas condicionantes que afectam as caixilharias são a orientação da superfície e o ângulo de exposição.

A orientação das superfícies influencia a intensidade da corrosão: no hemisfério Norte, a corrosão é geralmente mais significativa nas superfícies viradas a Sul (e em Portugal também a

Oeste, junto do litoral Oeste). Da mesma forma, as que estiverem orientadas para uma fonte local de agressividade (zona industrial, mar, entre outros), sofrerão maior corrosão do que as mais abrigadas.

O ângulo de exposição das superfícies metálicas pode influenciar a corrosão na medida em que as superfícies verticais secam mais rapidamente e estão menos sujeitas à deposição e acumulação de substâncias corrosivas, sendo por isso, geralmente, as menos afectadas pela corrosão (Fontinha e Salta, 2004).

iii) Degradação de plásticos

Os materiais plásticos, categoria de materiais nas quais se encaixa a caixilharia de PVC, apesar de devidamente estabilizados, estão sujeitos a sofrer degradação por envelhecimento, principalmente aqueles que são aplicados no exterior, como é o caso. Isto porque ficam expostos a uma grande variedade de variáveis climáticas, as quais afectam as suas propriedades e as suas características a longo prazo.

O envelhecimento dos plásticos, devido a exposição ao ambiente exterior, consiste num complexo conjunto de processos, nos quais é predominante a acção combinada da radiação ultravioleta, do calor, do oxigénio e da humidade.

A degradação dos plásticos envolve mecanismos de oxidação e, à semelhança do que acontece nos metais, manifesta-se através de anomalias superficiais (amarelecimento, perda de transparência, aparecimento de riscos, corrosão localizada e erosão) e, quando a exposição é prolongada, por perda das suas propriedades mecânicas (diminuição da resistência à flexão, à tracção e ao impacto).

A velocidade de oxidação depende de vários factores, tal como da temperatura, acções mecânicas durante o processamento, da radiação ultravioleta, das substâncias químicas em presença do polímero e do grau de ramificação das moléculas poliméricas envolvidas no processo (Real, 2001).

A lista dos factores potenciadores da degradação dos plásticos (Quadro 3.10) é bastante exaustiva. No entanto, desta lista, é merecedora de especial destaque a radiação solar.

Quadro 3.10 - Factores de degradação dos plásticos (Real, 2001)

Factores associados ao ambiente e ao clima do local em que o material é utilizado
Temperatura, humidade, radiação, salinidade, depósitos ácidos, entre outros.
Factores associados às propriedades e à estrutura do material plástico ou dos seus diferentes componentes
Factores associados às condições de processamento do produto acabado
Factores associados a defeitos estruturais introduzidos no polímero durante o processo de polimerização e durante o processo de transformação
Factores associados a certos arranjos estereoquímicos específicos de átomos ao longo da cadeia e ao grau de cristalinidade

Radiação solar

A radiação solar é o factor mais importante na deterioração do PVC (Real, 2001) e dos mastiques (Martins e Pereira, 2006). A esta constatação acresce o inconveniente de Portugal se apresentar como um dos países da Europa com maior disponibilidade de radiação solar. Em média, o número anual de horas de sol em Portugal varia entre 2 200 e 3 000, ao passo que, por exemplo, na Alemanha não ultrapassa as 1700 horas (Energias Renováveis, 2012).

Por sua vez, em Portugal, é no Sul que a radiação solar é superior, atingindo máximos na região do Algarve (Figura 3.19).

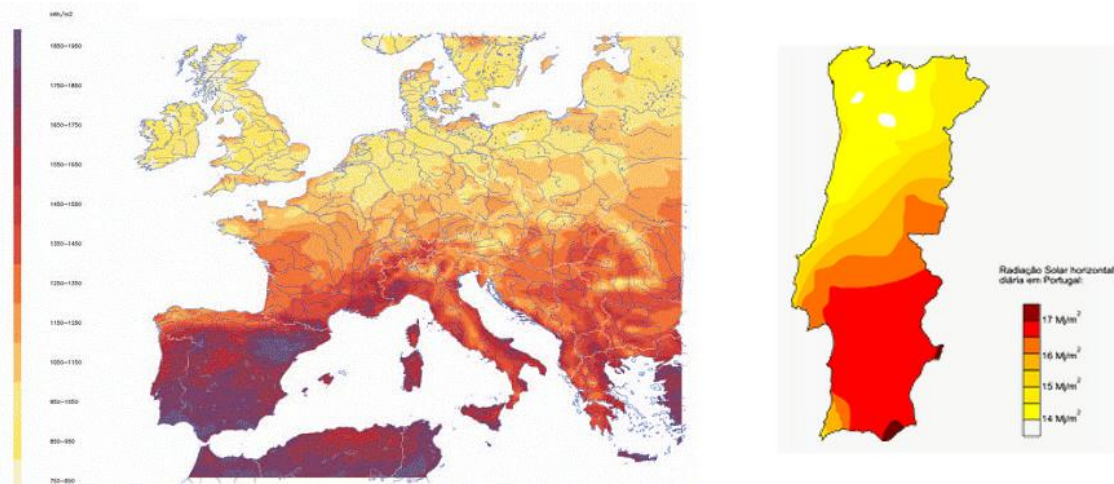


Figura 3.19 - Radiação solar na Europa (à esquerda) e em Portugal (à direita) (Energias Renováveis, 2012)

3.4.8. Infiltrações

As anomalias mais frequentemente assinaladas como estando associadas à caixilharia correspondem, normalmente, a indícios relacionados com a infiltração de água, seja pela sua visualização directa, seja pelo desenvolvimento de fungos ou bolores devido a humedificação dos materiais higroscópicos (Pereira, 2004).

A humidade de precipitação atinge e afecta predominantemente as janelas orientadas para o quadrante S-W, que é o mais exposto à chuva batida pelo vento, provocando infiltrações de água para o interior dos edifícios através das folgas e frestas (Figura 3.20) e através dos vidros partidos, sempre que tal se verifique (Aguiar *et al.*, 2011).

Segundo a AQC (2012b), as principais causas de infiltração pelas janelas são o emprego de folgas incorrectas entre o aro e o vão, esquadrias erradas e a concepção imperfeita do sistema de evacuação de águas.

As infiltrações são provavelmente um dos piores prenúncios quanto ao funcionamento da caixilharia. Se por um lado, significam que se está na presença de outras anomalias, por outro, significam que mais anomalias, nomeadamente as associadas aos processos de degradação, poderão estar iminentes.

Em suma, as infiltrações poderão ser vistas quer como causas quer como efeitos de outras anomalias. É uma materialização clara do conceito de interpenetração entre causas e efeitos enunciado por Aguiar *et al.* (2011), em que um mesmo acontecimento é consequência de um ou mais fenómenos a montante e, ao mesmo tempo, é causa de outros fenómenos a jusante.

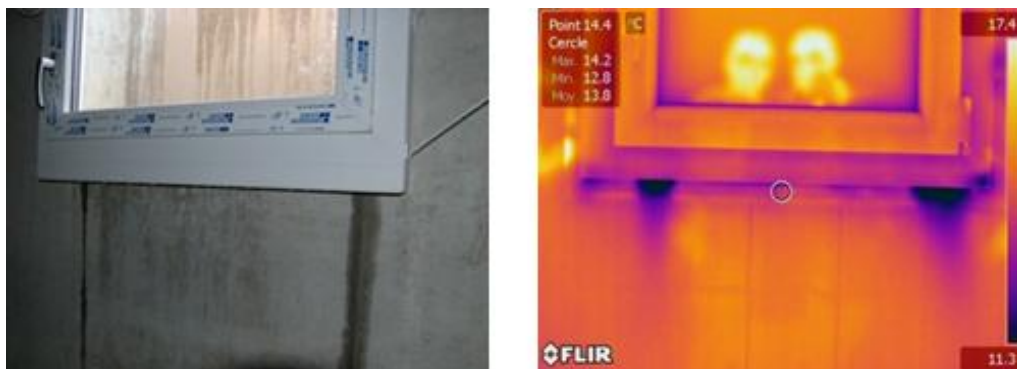


Figura 3.20 - Infiltração através da folga entre o aro e o vão (à esquerda) e visão termográfica de uma janela que padece de infiltrações (à direita) (Thermography, 2012)

As infiltrações manifestam-se sobretudo na parte inferior da janela mas tal não implica que esteja nessa zona a origem do problema. De facto, verifica-se que o aparecimento de infiltrações na parte inferior resulta frequentemente de uma vedação incorrecta do caixilho superior (Figura 3.21) (AQC, 2012b).

A manifestação desta anomalia é um incumprimento claro e directo dos requisitos requeridos à caixilharia, nomeadamente da exigência de *estanqueidade à água* regulamentada pela norma EN 1027:2000.

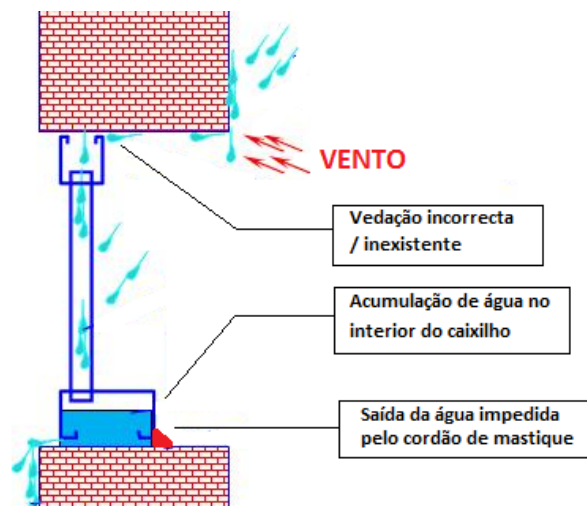


Figura 3.21 - Corte esquemático [adaptado de Watanabe (2012)]

3.5. Classificação das causas associadas

Sempre que uma caixilharia apresenta anomalias, não desempenha as características para as quais foi concebida, sejam elas de natureza estética ou funcional. A identificação das causas associadas pode permitir a reparação eficaz dessa mesma anomalia e evitar problemas similares em trabalhos futuros.

Desenvolver uma tipificação de causas de anomalias em caixilharias, tal como em outros sistemas, revela dificuldades e, possivelmente, não é alcançável de forma unânime. Esta dificuldade resulta, entre outros, dos seguintes aspectos [adaptado de Aguiar *et al.*, (2011)]:

- a grande variedade de materiais (vários tipos de metais, plásticos ou madeiras);
- o ainda reduzido conhecimento efectivo da realidade construtiva, no que se refere a esses materiais;
- a grande complexidade do meio ambiente que envolve o edifício e a diversidade de tipos de actuação dos seus utentes;
- a frequente e simultânea inter-relação entre causas e efeitos dos vários fenómenos que se podem desenvolver, o que gera situações em que um mesmo acontecimento é consequência de um ou mais fenómenos;
- a forte influência da componente humana, por acção ou inacção, nas várias fases do processo de degradação.

As anomalias decorrem frequentemente da conjugação de vários factores adversos, conjugação que pode dar-se simultaneamente no tempo ou surgir na sequência da acumulação de efeitos, provocando ou potenciando o processo de degradação.

Na bibliografia consultada, não foram encontradas outras classificações para este tipo de sistemas, estando a informação limitada à listagem de causas de casos isolados ou a pequenos agrupamentos de anomalias e respectivas causas.

Neste ponto, apresenta-se uma proposta de um sistema classificativo das causas associadas às anomalias em caixilharias, organizada de acordo com a ordem cronológica de ocorrência (Quadro 3.11), à imagem do que tem vindo a ser feito ao longo desta linha de investigação. Assim, são primeiro apresentados os erros de projecto, seguindo-se os erros de execução, as acções de origem mecânica, as acções ambientais ou biológicas e erros de utilização ou manutenção.

Quadro 3.11 - Classificação proposta das causas das anomalias em caixilharia

C-P - ERROS DE PROJECTO / CONCEPÇÃO	
C-P1 - concepção / pormenorização incorrecta do sistema de evacuação de águas	
C-P2 - concepção / pormenorização incorrecta do peitoril	
C-P3 - concepção de número insuficiente de fixações	
C-P4 - concepção incorrecta / inexistência de elementos de ventilação	
C-P5 - concepção incorrecta do suporte	
C-P6 - consideração incorrecta ou inexistente da agressividade do meio	
C-P7 - escolha inadequada do perfil, materiais, geometria ou sistema de caixilho em função do vão	
C-P8 - escolha / preparação / espessura incorrecta do revestimento	
C-P9 - especificação inadequada das folgas entre aro e vão	
C-P10 - especificação inadequada das folgas entre aro e folha	
C-P11 - inexistência ou pormenorização incorrecta da pingadeira;	
C-P12 - pontos de fecho insuficientes ou mal distribuídos	
C-E - ERROS DE EXECUÇÃO E DE MONTAGEM	
C-E1 - concepção deficiente do caixilho e/ou componentes (em fábrica)	
C-E2 - colocação / fixação incorrecta do aro no vão	
C-E3 - colocação / fixação incorrecta do vidro	
C-E4 - colocação incorrecta dos elementos de vedação	
C-E5 - execução incorrecta do peitoril	
C-E6 - execução incorrecta do sistema de evacuação de águas	
C-E7 - falta de rigor na execução de trabalhos posteriores	
C-E8 - falta de rigor na execução do nivelamento das folhas	
C-E9 - fixação incorrecta das peças	
C-E10 - incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem	
C-E11 - montagem / instalação incorrecta da caixilharia	
C-E12 - execução incorrecta do revestimento	
C-E13 - manuseamento incorrecto dos materiais ou utilização de ferramentas inadequadas	
C-E14 - preenchimento incompleto da folga entre aro e vão	
C-E15 - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada	
C-E16 - utilização de materiais de baixa qualidade, inadequados e/ou não certificados ou homologados	
C-M - ACÇÕES DE ORIGEM MECÂNICA	
C-M1 - arrombamento	C-M4 vandalismo
C-M2 - deformação do suporte	C-M5 vibrações
C-M3 - colisão de objectos	
C-A - ACÇÕES AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS	
C-A1 - poluição atmosférica	C-A5 - radiação solar
C-A2 - acção química dos detritos / sujidade acumulada	C-A6 - temperatura (ou variação)
C-A3 - acção biológica	C-A7 - ventos fortes
C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve)	
C-U - ERROS DE UTILIZAÇÃO E DE MANUTENÇÃO	
C-U1 - alteração das condições de utilização inicialmente previstas	
C-U2 - lavagens excessivas ou com produtos de limpeza inadequados	
C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis	
C-U4 - manuseamento incorrecto do mecanismo de fecho	
C-U5 - manutenção inexistente	

3.5.1. Erros de projecto

São vários os estudos que apontam os erros de projecto como a principal causa de anomalias nas construções (Argillés *et al.*, 2000) (Ravara *et al.*, 2000) (Arnaldo, 2006) (Figura 3.22), não constituindo excepção o sistema de caixilharias.

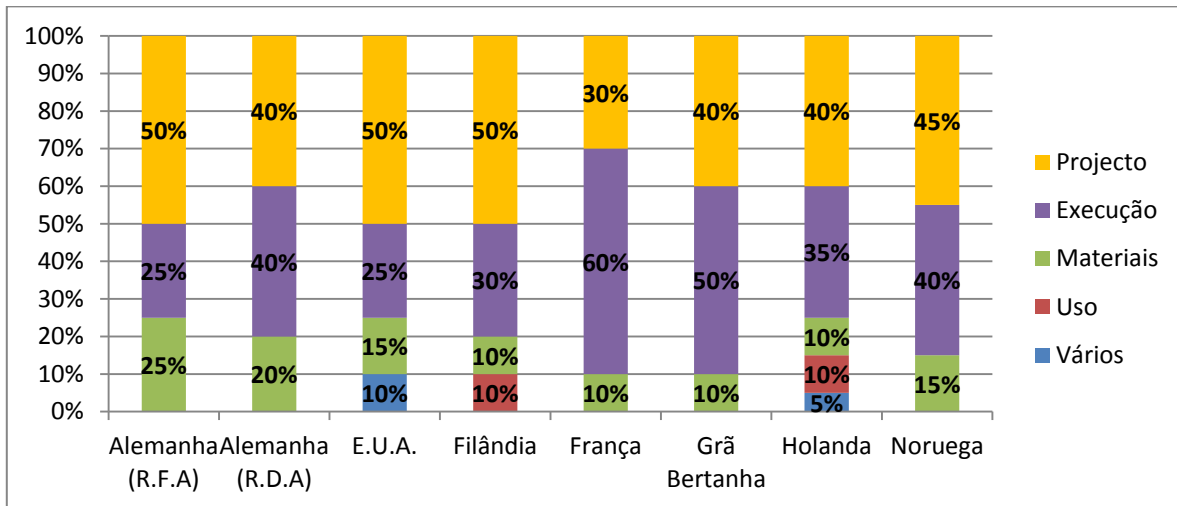


Figura 3.22 - Valores europeus das principais causas de anomalias na construção (Ravara *et al.*, 2000).

Para assegurar o bom desempenho do sistema de caixilharias não basta garantir a qualidade do seu processo de produção. É necessário que, ao nível do projecto, em vez de uma formulação prescritiva, exista uma formulação exigencial dos sistemas de caixilharia, pelo que é fundamental que sejam especificadas correctamente as exigências e os respectivos níveis de desempenho que os mesmos devem cumprir, tendo em conta a normalização existente e o contexto das acções a que vai ficar sujeita durante a sua vida útil (Gomes, 2011). De facto, em muitos casos, as anomalias das caixilharias devem-se a deficiências e/ou omissões de projecto ou mesmo à completa inexistência de projecto de execução (Gomes, 2011).

Na construção corrente, a elaboração de um caderno de encargos para estes elementos peca, na maioria das vezes, por ser pouco descritiva. Não é raro encontrar projectos onde as especificações são anexadas aos desenhos da caixilharia, na forma de “caixilharia tipo, nome dum modelo ou marca do sistema” (Gomes, 2011).

Nestas situações, verifica-se que, por vezes, não são tidos em conta factores como a localização, condições de exposição e condições de uso. Este procedimento leva muitas vezes ao desajuste entre a qualidade especificada para a caixilharia e as necessidades reais de desempenho.

Deste facto pode resultar uma caixilharia de capacidade sobredimensionada para as funções que vai desempenhar, existindo neste caso um sobrecusto que poderia ser evitado, ou uma caixilharia que fica aquém do necessário, o que pode potenciar anomalias funcionais importantes quer para a caixilharia quer para o edifício onde está instalada (Gomes, 2011). São exemplos dessas anomalias as deformações excessivas verificadas na caixilharia. Estas anomalias podem ter a sua origem no dimensionamento desajustado da caixilharia face à acção do vento, na adopção de pontos de fecho insuficientes ou na escolha inadequada do perfil, materiais, geometria ou sistema de caixilho em função do vão (Pereira, 2004).

Adicionalmente, quando não são tidos em conta factores como a localização e condições de exposição, corre-se o risco de fazer-se uma escolha de materiais inadequada ou de espessura de

revestimento insuficientes face à agressividade do meio que, quando não conservativa, vulnerabiliza a caixilharia aos mecanismos de degradação (Pereira, 2004).

As anomalias verificadas nas caixilharias podem também dever-se a uma deficiente concepção dos seus constituintes. As folgas (excessivas ou insuficientes), assim como as infiltrações, podem ter a sua origem na especificação inadequada das mesmas, na concepção incorrecta do suporte, pormenorização incorrecta do peitoril e/ou na disposição incorrecta do sistema de evacuação de águas (Pereira, 2004).

O facto de não existirem normas portuguesas relativamente à instalação das caixilharias (Gomes, 2011) acaba também por potenciar os problemas patológicos nas mesmas. Um exemplo desta desconformidade são as folgas dadas entre o aro e o vão. Segundo um estudo feito no âmbito do controlo de qualidade em caixilharias de alumínio (Barbosa, 2010), verificou-se uma considerável dispersão nos valores avançados pelas 17 empresas entrevistadas relativamente à folga dada entre o aro e o vão de uma série específica, como se observa na Figura 3.23.

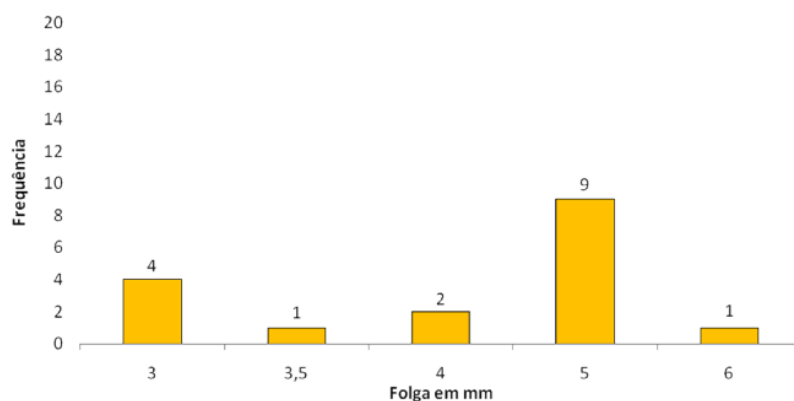


Figura 3.23 - Folga dada pelos entrevistados à caixilharia de alumínio da série PR.60 (Barbosa, 2010)

3.5.2. Erros de execução e montagem

Apesar de a fase de projecto ser de extrema importância, existem ainda etapas do processo que se revestem de enorme importância para a qualidade e desempenho da caixilharia, designadamente as fases de execução e montagem (Gomes, 2011).

Como se pode observar no Quadro 3.11, são muitas e diversas as causas de anomalias nas caixilharias relacionadas com a execução e montagem destas. De facto, tal como acontece com a maioria dos produtos da construção, o factor humano influi bastante no sucesso e desempenho dos materiais. A utilização de mão-de-obra inexperiente, a frequente falta de formação e informação sobre os produtos e a inexistência de normas de relativas à instalação das caixilharias, influenciam significativamente a qualidade na aplicação e conseqüente desempenho da caixilharia.

Uma das principais causas associadas aos erros de execução de muitos dos produtos da construção, não sendo excepção a caixilharia, prende-se com a má interpretação dos dados do projecto. De facto, a falta de comunicação entre projectistas, aplicadores e fabricantes resulta, em muitos casos, em erros que podem vir a comprometer o desempenho da caixilharia.

Outra fonte de erros nesta fase é resultante da falta de rigor, ou distrações dos técnicos, na fase de corte e maquinação dos perfis e dos vidros (Barbosa, 2010).

Uma das anomalias passíveis de ser imputada a estes erros é a condensação no interior dos vidros, uma indicação de que poderá não ter sido garantida a estanqueidade da lâmina de ar ou gás de entre os vidros (Saint-Gobain Glass, 2012a).

Outro erro comum, sobretudo no caso da caixilharia de madeira, é a execução incorrecta do revestimento. Por exemplo, verifica-se que, frequentemente, só são pintadas as superfícies que ficam à vista, ficando a face inferior (em contacto com o parapeito) desprovida de qualquer protecção (Ferreira, 2004).

Também a execução incorrecta do sistema de evacuação de águas poderá dar azo ao surgimento de anomalias, tais como infiltrações ou à degradação dos materiais ou revestimentos pelo contacto constante com água.

Para além dos referidos erros na execução da caixilharia, estes erros de execução podem ainda verificar-se na preparação do vão em que a caixilharia assenta. São exemplos a esquadria imperfeita do vão, que poderá dar origem a folgas entre aro e vão, ou a inclinação errada da soleira (excessiva ou insuficiente), de onde poderá resultar o deficiente funcionamento do sistema de evacuação de águas (Pereira, 2004).

Um outro importante grupo de causas está relacionado com a própria aplicação da caixilharia. De facto, a frequente utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco rigorosa e a inexistência de normas relativas à instalação das caixilharias fazem desta fase uma etapa crítica.

Da utilização de mão-de-obra inexperiente resulta muitas vezes a falta de cuidado no manuseamento dos materiais ou ferramentas, causando-se os mais variados danos nas caixilharias (queimaduras devido a soldaduras menos cuidadas, mossas, distorções, entre outros) que poderão vir a comprometer o seu desempenho (Barbosa, 2010).

A montagem incorrecta do aro (folga excessiva / insuficiente, falta de esquadria ou fixação incorrecta), fixação incorrecta dos bites, colocação incorrecta do vidro no aro (deficiente calçamento ou folga excessiva / insuficiente) e a colocação incorrecta dos elementos de vedação (mastiques e cordões de estanqueidade) são exemplos de erros que acontecem nesta fase e que comprometem fortemente a estanqueidade da caixilharia (AQC, 2012b).

3.5.3. Acções de origem mecânica

As acções de origem mecânica englobam um conjunto de causas variadas e, muitas vezes, difíceis de prever ou evitar. São exemplos destas acções as deformações do suporte onde a caixilharia se encaixa (Figura 3.24), a colisão de objectos, as vibrações, vandalismo e arrobamentos.

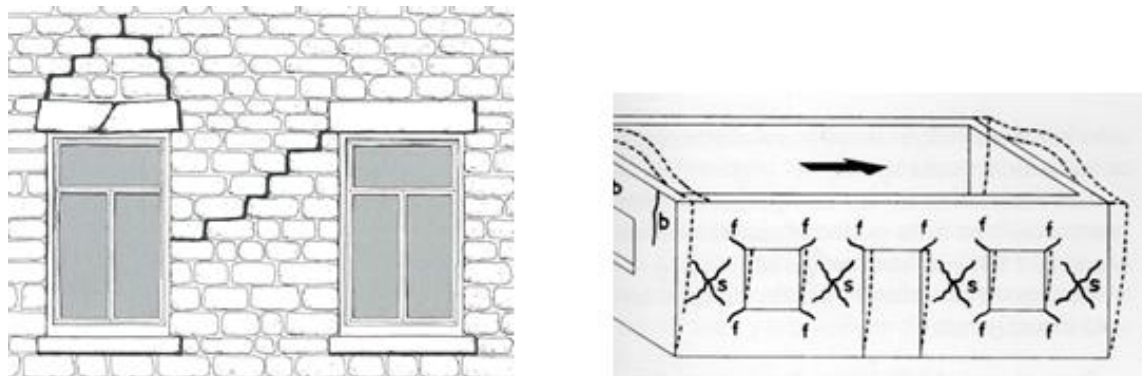


Figura 3.24 - À esquerda, deformação do suporte: por incorrecta capacidade resistente do lintel (na janela esquerda) e por assentamento diferencial (na janela à direita) (Roy, 1989); à direita, deformação do suporte por acção sísmica (Argillés *et al.*, 2000)

A imprevisibilidade verifica-se sobretudo quanto aos actos de vandalismo, às deformações do suporte (nomeadamente devidas a assentamentos diferenciais e sismos) e à colisão de objectos. Esta,

associada à inexactidão na avaliação dos esforços que causam e à probabilidade de ocorrência reduzida, fazem com que estas acções não sejam muitas vezes contabilizadas aquando da concepção e escolha da caixilharia.

No extremo oposto, estão as acções devidas aos arrobamentos (ou tentativas). Segundo um estudo divulgado no sítio *segurancaonline* (2012), em média são registados por ano cerca de 25 000 furtos a residências recorrendo a arrombamento. A segurança à intrusão é geralmente um dos primeiros requisitos exigidos pelo utilizador (particularmente em pisos inferiores). É portanto vulgar as caixilharias serem muito resistentes a intrusões mas, quando sujeitas a esses actos, acabam por ficar gravemente danificadas (Figura 3.25).



Figura 3.25 - Caixilharias danificadas por arrombamento

Outra grande preocupação dos utilizadores prende-se com as vibrações. Segundo Schiappa e Patrício (2003), é cada vez maior o número de queixas de vibrações ambientais. A multiplicidade crescente de máquinas, equipamentos e veículos motorizados gera cada vez mais vibrações mecânicas, um problema quer para os edifícios antigos, quer para as construções mais recentes, que por serem geralmente mais rígidas as amortecem pior. Esta situação é não só factor de incomodidade para as pessoas mas também de degradação do património.

Pela sua fragilidade, os envidraçados são dos elementos mais passíveis de dano por acção das vibrações. É função da caixilharia absorver parte dessas acções, evitando que se transmitam de forma prejudicial ao vidro. No entanto, tal protecção nem sempre se verifica suficiente ou eficaz, podendo conduzir ao desenganche ou quebra dos vidros e/ou a danos na caixilharia (Martins e Pinto, 2004).

3.5.4. Acções ambientais e biológicas

A envolvente das construções está sujeita a acções várias, devidas à sua exposição directa aos agentes atmosféricos, funcionando como “interface” entre o exterior e o interior dos edifícios. A exposição à chuva, ao vento, aos diferenciais de temperatura, à influência da radiação solar e à humidade do ar, de forma isolada ou em conjunto, está na origem de grande parte das anomalias das caixilharias, quer de forma directa quer agravando ou potenciando outros problemas patológicos

i) Chuva

De entre os agentes referidos, a chuva é provavelmente a acção que está na origem de mais problemas patológicos (Sousa, 2003).

A chuva, por si só, não constitui uma acção especialmente gravosa para as fachadas dos edifícios, desde que a componente vento não lhe esteja associada. No entanto, o facto de o vento lhe estar associado, origina a que seja a principal fonte de humidades de infiltração pelas fachadas (Sousa, 1996).

Este problema adquire maior expressão quando a fachada está orientada segundo o quadrante S-W, direcção em que os ventos e as chuvas incidem mais intensamente (Figura 3.26) (Aguiar *et al.*, 2011) (Argillés *et al.*, 2000). Para além de poder provocar infiltrações, a água da chuva pode gerar inchamentos, empenos e retracções quando absorvida pela caixilharia de madeira desprovida de protecção.

A água da chuva tem ainda um importante significado na degradação dos materiais e revestimentos da caixilharia. Potencia a degradação da madeira por determinados agentes biológicos, estimula a corrosão dos metais e, associada à acção da radiação solar, pode levar a descoloração dos revestimentos ou materiais. Estes efeitos são agravados caso se esteja na presença de atmosferas poluídas das quais podem resultar chuvas ácidas (Aguiar *et al.*, 2011) (Fontinha e Salta, 2007).

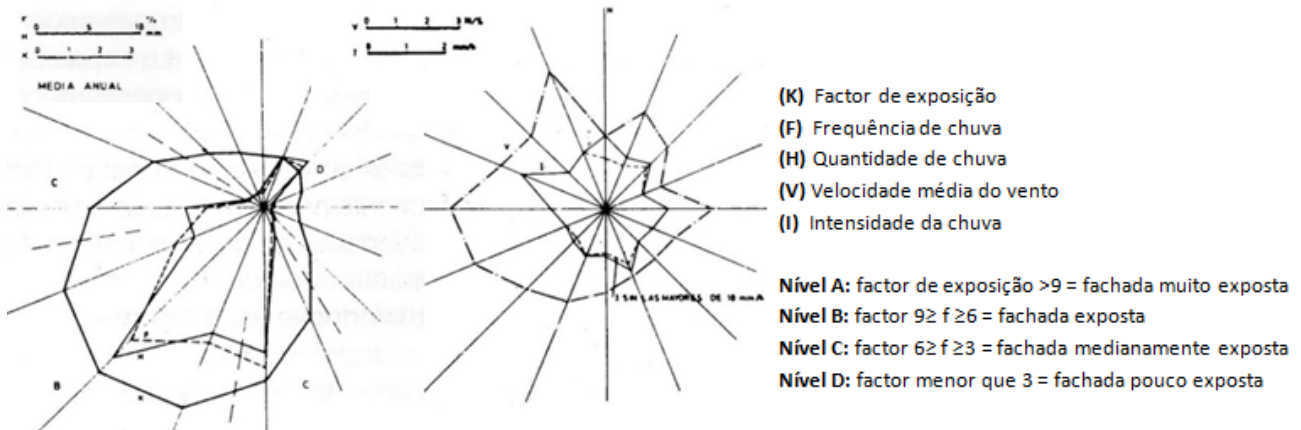


Figura 3.26 - Níveis de exposição das fachadas face à sua orientação - Espanha [adaptado de Argillés *et al.* (2000)]

ii) Vento

A acção do vento, para além de potenciar a acção da chuva, pode, de forma isolada, levar ao descaixeiamento ou quebra dos vidros e originar deformações na caixilharia, mas apenas em casos extremos, quando a caixilharia é mal afixada, se encontra já bastante danificada ou na ocorrência de ventos invulgarmente fortes. Estes, apesar de serem pouco vulgares em Portugal, podem ser frequentes noutros países. Por exemplo, em certos estados dos EUA, é comum proteger e reforçar os vidros e caixilharias contra este tipo de acção (Figura 3.27).

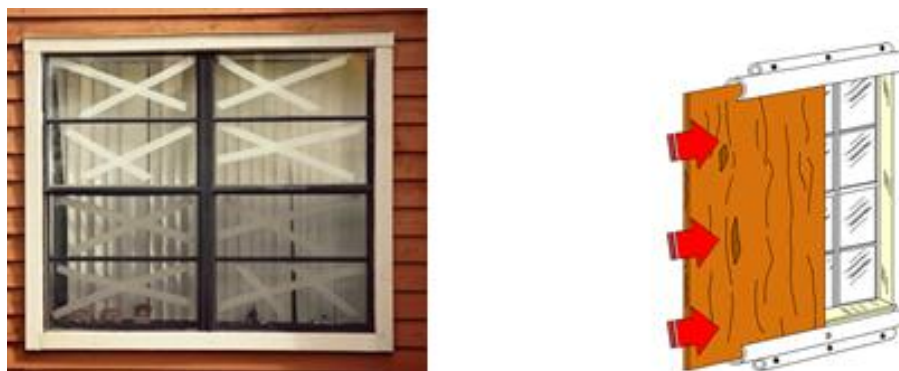


Figura 3.27 - Reforço do vidro (à esquerda) (Timecapsule, 2012) e protecção da caixilharia (à direita) (Panel Channels, 2012)

A acção do vento provoca também o envelhecimento e desgaste do revestimento da caixilharia, assim como riscos e perda de brilho do vidro, por abrasão devido ao arrastamento de poeiras e areias (Sousa, 2003).

iii) Radiação solar

Como aludido em 3.4.7.2, em Portugal, as fachadas, com excepção das expostas a Norte, estão sujeitas a radiação solar incidente de valor considerável grande parte do ano. O aumento da temperatura que daí resulta pode dar origem a variações dimensionais consideráveis nas caixilharias e sujeitá-las também ao prejudicial choque térmico (o qual pode resultar de altas temperaturas numa fachada virada a Sul ou Oeste num dia de Verão, seguida de ocorrência de chuva).

A radiação solar é também factor potenciador de degradação, especialmente para as caixilharias de madeira e PVC, para as tintas (ou vernizes) usadas como revestimento e para os mastiques ou cordões de estanqueidade [adaptado de Cruz (2001), Real (2001), Eusébio e Rodrigues (2009) e Martins e Pereira (2006)].

iv) Humidade do ar

Como referido, a humedificação dos materiais que constituem a caixilharia pode provocar-lhes distorções consideráveis ao mesmo tempo que fomenta a sua degradação (Figura 3.28, à esquerda).

Por exemplo, no caso da caixilharia de madeira, a existência de ambientes húmidos pode dar origem à humedificação da caixilharia por higroscopicidade do material e a consequentes inchamentos que prejudicam o funcionamento das suas partes móveis (Aguiar *et al.*, 2011).

No caso da caixilharia metálica, a sua humedificação pode dar origem à consequente corrosão do material, em especial quando se trate de caixilharia de ferro cuja metalização e revestimento por pintura se tenham revelado deficientes, por má qualidade intrínseca, ou por falta de conservação, ou quando, tratando-se de caixilharia de alumínio anodizado, a respectiva anodização apresente uma espessura insuficiente face à agressividade do meio ambiente e o conjunto da protecção apresente deficiências de uniformidade ou de colmatagem (Aguiar *et al.*, 2011).

A fonte de humedificação pode ser exterior, por acção da água da chuva, ou interior, por efeito da condensação do vapor de água existente no ambiente.

As condensações ocorrem quando a habitação apresenta uma ventilação deficiente, produção de vapor elevada ou isolamento térmico diminuto ou inexistente.

Ocorrem mais frequentemente nas janelas (por serem geralmente as superfícies mais frias), junto às principais fontes de vapor de água (Figura 3.28, à direita), sendo as mais afectadas as que estão voltadas a Norte (DAAUM, 2006).



Figura 3.28 - Condensação e consequente humedificação da madeira (à esquerda) (Engenharia Civil, 2012) e principais fontes de vapor de água numa habitação (Velux, 2012)

v) Acção biológica

Outra acção ambiental que deve ser considerada é a acção de lenhívoros (carunchos e térmitas) e a formação de microorganismos (fungos e musgos), estes últimos principalmente em zonas húmidas e pouco soalheiras. Também os danos provocados pelos excrementos corrosivos das aves podem ser considerados agentes de deterioração de origem biológica dos caixilhos ou dos mastiques e cordões de estanqueidade.

3.5.5. Erros de utilização e manutenção

Os factores relacionados com a utilização propriamente dita da caixilharia podem igualmente condicionar o seu desempenho. Não é contudo uma acção com grande contributo para a estrago da caixilharia, salvo casos pontuais de manuseamento realmente incorrecto dos mecanismos e partes móveis (Figura 3.29).

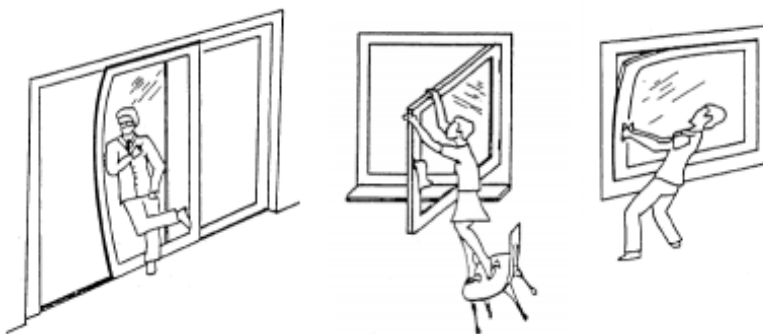


Figura 3.29 - Exemplos de manuseamento incorrecto dos mecanismos e partes móveis (Ramalheira, 2005).

Pelo contrário, a ausência de operações de manutenção contribui, geralmente, para a ocorrência de diversas anomalias nas caixilharias.

Uma adequada manutenção, além de prevenir possíveis anomalias, impede que os processos patológicos, uma vez iniciados, progridam livremente e através dos seus efeitos provoquem o aparecimento de novas anomalias, contribuindo deste modo para o agravamento dos fenómenos de degradação.

O proprietário / utilizador final deverá portanto assegurar o bom uso e conservação da caixilharia durante toda a vida útil do edifício. Para este fim, deverá proceder à limpeza regular (trimestral) e cuidada, com especial atenção aos caixilhos, calhas e orifícios de drenagem de águas. É igualmente aconselhável a aplicação, com regularidade, de óleo fino em dobradiças, fechaduras e outros elementos móveis (Figura 3.30) (Gomes, 2011) (Verdelho, 2005) (Cype, 2012).

A limpeza, quando correctamente executada (Figura 3.30), impede acumulação considerável de detritos, acautelando-se assim outras anomalias, nomeadamente a colonização biológica (fungos, líquenes, verdetes, musgos) ou o mau funcionamento do sistema de evacuação de águas, que por sua vez teria repercussões ao nível da humedificação e conseqüente degradação dos materiais.

Em zonas de agressividade alta, tais como marítima (cloretos) e industrial (enxofre), a regularidade na limpeza é merecedora de importância acrescida, uma vez que nestas zonas a deterioração é ainda potenciada pela deposição de partículas de enxofre ou cloretos (Gomes, 2011) (Verdelho, 2005).

Contudo, a limpeza quando incorrectamente executada pode ser ela própria uma causa de anomalias. É o que acontece quando se usam materiais abrasivos e/ou produtos agressivos (ex.: ácido muriático), cuja utilização pode provocar abrasão dos materiais e/ou potenciar os mecanismos de degradação (Fontinha e Salta, 2007).



Figura 3.30 - Operações de manutenção: à esquerda, lubrificação dos mecanismos (Cleaning Winnipeg, 2012); à direita, limpeza de restos de cimento em caixilho lacado (nestes casos devem ser utilizados produtos de limpeza recomendados pelos respectivos fabricantes) (Gomes, 2011)

3.6. Matrizes de correlação

3.6.1. Introdução

Uma vez apresentadas e caracterizadas as principais anomalias e respectivas causas associadas às caixilharias, apresenta-se nos próximos dois subcapítulos as correlações, sob a forma de matriz, das anomalias com as causas prováveis e das anomalias entre si.

A construção deste tipo de matrizes auxilia o diagnóstico a efectuar em obra pelo inspector, dado que permite verificar a real contribuição das causas prováveis enunciadas e determinar o índice de simultaneidade das anomalias (Silvestre, 2005).

Estas matrizes foram elaboradas à imagem de trabalhos anteriores (Brito, 1992) (Walter, 2002) (Silvestre, 2005) (Garcia, 2006) (Pereira, 2008) (Garcez, 2009).

3.6.2. Matriz de correlação “anomalias - causas mais prováveis”

Esta matriz foi construída com base nas listagens apresentadas nos Quadros 3.6 e 3.11. Para o seu preenchimento, dividiram-se as causas prováveis de ocorrência das anomalias em causas próximas e causas primeiras.

As causas próximas são as que imediatamente precedem o aparecimento da anomalia à vista desarmada, sendo também caracterizadas por poderem ser eliminadas através de soluções apropriadas de reparação. Não são em geral a raiz do problema, sendo precedidas pelas causas primeiras que desencadearam o processo. As causas primeiras podem ser bastante distantes da anomalia e a sua relação é por vezes indirecta, correspondendo às causas que necessitam da conjunção de uma causa directa para que se inicie o processo patológico, como por exemplo erros humanos na fase de concepção e projecto, na fase de execução em obra ou ainda na fase de utilização do edifício (Garcia, 2006).

Apresenta-se no Quadro 3.12 um exemplo desta classificação associada às caixilharias, neste caso relativa à anomalia *A-F2 - juntas abertas / frestas*.

Neste caso, por exemplo, a anomalia pode ser resultado directo da **incorrecta montagem / instalação da caixilharia (C-E11)**. No entanto, esta incorrecta montagem pode ser devida à **incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem (C-E10)** e/ou à **utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada (C-E15)**. Neste exemplo, a **incorrecta montagem / instalação da caixilharia (C-E11)** é então considerada a causa próxima da anomalia, enquanto que a **incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem (C-E10)** e a **utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada (C-E15)** são consideradas como causas primeiras da ocorrência da mesma.

Quadro 3.12 - Classificação das causas associadas à anomalia A-F2 - juntas abertas / frestas

A-F2 - JUNTAS ABERTAS / FRESTAS	
CAUSAS DIRECTAS	C-E11 - montagem / instalação incorrecta da caixilharia
CAUSAS INDIRECTAS	C-E1 - concepção deficiente do caixilho e/ou componentes (em fábrica)
	C-E9 - fixação incorrecta das peças
	C-E10 - incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem
	C-E15 - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada
	C-M1 - arrombamento
	C-M2 - deformação do suporte

A lista de causas primeiras de uma anomalia deve ser entendida como um grupo de factores que contribuem sinergeticamente para o desenvolvimento da anomalia (Brito, 1992).

O Quadro 3.13 apresenta a matriz de correlação elaborada com base no exposto anteriormente, sendo que as anomalias aparecem nas linhas e as causas nas respectivas colunas. O preenchimento é baseado no grau de correlação entre estas duas entidades. Na intersecção de cada linha com cada coluna, é inscrito um número, que pode ser 0, 1 ou 2, tendo em conta o significado seguinte (Brito, 1992):

0 - SEM RELAÇÃO - não existe qualquer correlação (directa ou indirecta) entre a anomalia e a causa;

1 - PEQUENA CORRELAÇÃO - causa indirecta (primeira) da anomalia relacionada com o início do processo de deterioração; causa secundária do processo de deterioração, não necessária para o seu desenvolvimento;

2 - GRANDE CORRELAÇÃO - causa directa (próxima) da anomalia, associada à fase final do processo de deterioração; quando ocorre, constitui uma das principais razões do processo de deterioração e é indispensável ao seu desenvolvimento.

Quadro 3.13 - Matriz de correlação “anomalias - causas mais prováveis” (1/4)

	C-P1	C-P2	C-P3	C-P4	C-P5	C-P6	C-P7	C-P8	C-P9	C-P10	C-P11	C-P12
A-C1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
A-C2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
A-D1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A-D2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-O1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A-F1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
A-F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-F3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
A-Q1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-Q2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A-Q3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
A-M1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-E1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
A-E2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
A-I1	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; **A-C2** - condensações no interior dos vidros; **A-D1** - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; **A-D2** -desprendimento / ausência de peças; **A-O1** - deformações; **A-F1** - folgas entre aro e vão ou entre aro folha; **A-F2** - juntas abertas / frestas; **A-F3** - desnivelamento entre folhas; **A-Q1** - vidros quebrados; **A-Q2** - dobradiças danificadas ou ausentes; **A-Q3** - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; **A-M1** - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; **A-E1** - degradação do revestimento; **A-E2** - degradação dos materiais dos caixilhos; **A-I1** - infiltrações

C-P1 - concepção / pormenorização incorrecta do sistema de evacuação de águas; **C-P2** - concepção / pormenorização incorrecta do peitoril; **C-P3** - concepção de número insuficiente de fixações; **C-P4** - concepção incorrecta / inexistência de elementos de ventilação; **C-P5** - concepção incorrecta do suporte; **C-P6** - consideração incorrecta ou inexistente da agressividade do meio; **C-P7** - escolha inadequada do perfil, materiais, geometria ou sistema de caixilho em função do vão; **C-P8** - escolha / preparação / espessura incorrecta do revestimento; **C-P9** - especificação inadequada das folgas entre aro e vão; **C-P10** - especificação inadequada das folgas entre aro e folha; **C-P11** - inexistência ou pormenorização incorrecta da pingadeira; **C-P12** - pontos de fecho insuficientes ou mal distribuídos

Alterações à matriz teórica

Quadro 3.13 - Matriz de correlação "anomalias - causas mais prováveis" (2/4)

	C-E1	C-E2	C-E3	C-E4	C-E5	C-E6	C-E7	C-E8	C-E9	C-E10	C-E11	C-E12
A-C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-C2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-D1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
A-D2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0
A-O1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
A-F1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0
A-F2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0
A-F3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0
A-Q1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A-Q2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
A-Q3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
A-M1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
A-E1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
A-E2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-I1	0	1	0	1	2	2	0	0	0	0	1	0

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; A-C2 - condensações no interior dos vidros; A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; A-D2 -desprendimento / ausência de peças; A-O1 - deformações; A-F1 - folgas entre aro e vão ou entre aro folha; A-F2 - juntas abertas / frestas; A-F3 - desnivelamento entre folhas; A-Q1 - vidros quebrados; A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes; A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; A-E1 - degradação do revestimento; A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos; A-I1 - infiltrações

Alterações à matriz teórica

Quadro 3.13 - Matriz de correlação "anomalias - causas mais prováveis" (3/4)

	C-E13	C-E14	C-E15	C-E16	C-M1	C-M2	C-M3	C-M4	C-M5	C-A1	C-A2	C-A3
A-C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-C2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A-D1	0	2	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0
A-D2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A-O1	0	0	0	0	2	2	2	1	0	0	0	0
A-F1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A-F2	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
A-F3	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
A-Q1	1	0	0	0	2	2	2	0	2	0	0	0
A-Q2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A-Q3	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0
A-M1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
A-E1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
A-E2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2
A-I1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; A-C2 - condensações no interior dos vidros; A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; A-D2 -desprendimento / ausência de peças; A-O1 - deformações; A-F1 - folgas entre aro e vão ou entre aro folha; A-F2 - juntas abertas / frestas; A-F3 - desnivelamento entre folhas; A-Q1 - vidros quebrados; A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes; A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; A-E1 - degradação do revestimento; A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos; A-I1 - infiltrações

C-E13 - manuseamento incorrecto dos materiais ou utilização de ferramentas inadequadas; C-E14 - preenchimento incompleto da folga entre aro e vão; C-E15 - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada; C-E16 - utilização de materiais de baixa qualidade, inadequados e/ou não certificados ou homologados; C-M1 - arrombamento; C-M2 - deformação do suporte; C-M3 - colisão de objectos; C-M4 - vandalismo; C-M5 - vibrações C-A1 - poluição atmosférica; C-A2 - acção química dos detritos / sujidade acumulada; C-A3 - acção biológica

Alterações à matriz teórica

Quadro 3.13 - Matriz de correlação “anomalias - causas mais prováveis” (4/4)

	C-A4	C-A5	C-A6	C-A7	C-U1	C-U2	C-U3	C-U4	C-U5
A-C1	2	0	2	0	0	0	0	0	0
A-C2	1	0	1	0	0	0	0	0	0
A-D1	0	2	0	0	0	0	0	0	1
A-D2	0	0	0	1	0	0	1	0	0
A-O1	0	0	1	1	0	0	2	0	0
A-F1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
A-F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-F3	0	0	0	0	0	0	1	0	1
A-Q1	0	0	1	1	0	0	2	0	0
A-Q2	1	0	0	0	0	0	2	0	2
A-Q3	1	0	0	0	0	0	0	2	1
A-M1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
A-E1	2	2	0	0	0	1	0	0	1
A-E2	2	2	0	0	0	1	0	0	0
A-I1	2	0	0	0	0	0	1	0	0

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; A-C2 - condensações no interior dos vidros; A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; A-D2 -desprendimento / ausência de peças; A-O1 - deformações; A-F1 - folgas entre aro e vão ou entre aro folha; A-F2 - juntas abertas / frestas; A-F3 - desnivelamento entre folhas; A-Q1 - vidros quebrados; A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes; A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; A-E1 - degradação do revestimento; A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos; A-I1 - infiltrações

C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve); C-A5 - radiação solar; C-A6 - temperatura (ou variação); C-A7 - ventos fortes; C-U1 - alteração das condições de utilização inicialmente previstas; C-U2 - lavagens excessivas ou com produtos de limpeza inadequados; C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis; C-U4 - manuseamento incorrecto do mecanismo de fecho; C-U5 - manutenção inexistente

Alterações à matriz teórica

A matriz de correlação teórica entre as anomalias em caixilharias e as causas prováveis das mesmas foi validada no Capítulo 5, tendo em conta os dados resultantes das inspecções desenvolvidas. Desta validação resultaram alterações em alguns dos índices de correlação propostos inicialmente, sendo que estas se encontram destacadas na matriz de correlação apresentada.

3.6.3. Matriz de correlação “inter-anomalias”

As anomalias identificadas em caixilharias podem ocorrer isoladamente ou estar associadas à ocorrência de uma ou mais anomalias apresentadas nesta dissertação. As infiltrações são exemplo desta interpenetração entre anomalias, uma vez que estas são, frequentemente, consequência de uma ou mais anomalias a montante (folgas / frestas, elementos partidos, entre outras) e, ao mesmo tempo, causas de anomalias a jusante (degradação, distorções, entre outras).

Assim sendo, propõe-se o estabelecimento de um índice de correlação entre anomalias, com o objectivo de estabelecer probabilidades de ocorrências de outras anomalias quando uma delas se manifesta. Desta forma, estabelece-se uma matriz baseada na matriz de correlação anomalias-causas.

O índice de correlação entre a anomalia k e a anomalia j é obtido segundo um método anteriormente aplicado por Brito (1992) e que tem vindo a ser seguido ao longo desta linha de investigação, da seguinte forma:

- por cada anomalia detectada (anomalia k), lê-se a linha correspondente na matriz de correlação anomalias-causas;
- por cada anomalia detectada (anomalia j), lê-se a linha correspondente na matriz de correlação anomalias-causas;
- calcula-se por coluna, o produto dos índices destas duas linhas correspondentes às anomalias k e j da matriz de correlação anomalias-causas;

- adicionam-se os vários produtos, de forma a obter o índice de correlação de cada anomalia CI_{kj} , traduzido na seguinte expressão:

$$CI_{kj} = \sum_{i=1}^N c_{ki} c_{ji}, \text{ sendo } N \text{ o n.º total de causas possíveis.} \quad (3.1)$$

Da aplicação deste procedimento, resultam os valores apresentados no Quadro 3.14.

Quadro 3.14 - Matriz de correlação "inter-anomalias"

	A-C1	A-C2	A-D1	A-D2	A-O1	A-F1	A-F2	A-F3	A-Q1	A-Q2	A-Q3	A-M1	A-E1	A-E2	A-I1
A-C1		7	0	0	2	4	0	0	2	2	2	2	5	5	4
A-C2	7		3	0	3	3	3	1	1	2	4	1	3	5	2
A-D1	0	3		1	1	6	1	2	0	4	2	2	6	4	5
A-D2	0	0	1		9	4	6	3	5	5	3	0	2	1	6
A-O1	2	3	1	9		6	8	9	19	10	10	2	4	3	6
A-F1	4	3	6	4	6		6	4	3	3	4	1	2	2	9
A-F2	0	3	1	6	8	6		6	4	4	7	0	0	1	2
A-F3	0	1	2	3	9	4	6		6	10	9	2	1	0	2
A-Q1	2	1	0	5	19	3	4	6		6	6	2	3	2	6
A-Q2	2	2	4	5	10	3	4	10	6		8	5	4	2	5
A-Q3	2	4	2	3	10	4	7	9	6	8		3	4	4	4
A-M1	2	1	2	0	2	1	0	2	2	5	3		8	5	2
A-E1	5	3	6	2	4	2	0	1	3	4	4	8		16	5
A-E2	5	5	4	1	3	2	1	0	2	2	4	5	16		5
A-I1	4	2	5	6	6	9	2	2	6	5	4	2	5	5	

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; A-C2 - condensações no interior dos vidros; A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; A-D2 - desprendimento / ausência de peças; A-O1 - deformações; A-F1 - folgas entre aro e vão ou entre aro folha; A-F2 - juntas abertas / frestas; A-F3 - desnivelamento entre folhas; A-Q1 - vidros quebrados; A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes; A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; A-E1 - degradação do revestimento; A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos; A-I1 - infiltrações

Verifica-se, no entanto, que o índice de correlação inter-anomalias obtido não é suficientemente elucidativo, tendo em conta as seguintes razões (Brito, 1992):

- por um lado, o valor absoluto do índice não tem significado físico para o utilizador;
- a análise da matriz de correlação permite verificar que todas as anomalias estão relacionadas entre si, não se tornando porém muito claro o respectivo grau de correlação;
- finalmente, um índice de valor absoluto mais baixo pode identificar uma anomalia com maior probabilidade de ocorrência simultânea com a que foi detectada do que um índice mais alto.

Tornou-se assim necessário estabelecer uma correlação percentual entre anomalias, através da determinação da percentagem do índice de correlação real em relação a um índice de correlação teórico máximo possível, o qual tem o significado físico de uma probabilidade de ocorrência de uma determinada anomalia em face da detecção de uma outra. A matriz de correlação passa assim a ser assimétrica, dado que a probabilidade de ocorrência da anomalia j quando se verifica a anomalia k, não é obrigatoriamente idêntica à probabilidade da situação inversa. O índice de correlação teórico percentual é assim obtido da seguinte forma (Silvestre, 2005):

- por cada anomalia k detectada, lê-se a linha correspondente na matriz de correlação anomalias-causas, multiplicando-se por 2 todos os índices de correlação da anomalia k com as causas e efectuando-se a soma desses produtos, de forma a obter o índice de correlação teórico máximo possível de qualquer anomalia em relação à anomalia k, I_{Mk} :

$$I_{Mk} = \sum_{i=1}^N (c_{ki} * 2), \text{ sendo } N \text{ o n.º total de causas possíveis; } \quad (3.2)$$

- para se determinar o índice de correlação teórico percentual da anomalia k com a anomalia j, $CI_{\%kj}$, correspondente à probabilidade de ocorrência da anomalia j (coluna j) quando se verifica a anomalia k (linha k), calcula-se o quociente entre o índice de correlação entre anomalias (anomalia de referência k e anomalia associada j) e o índice de correlação teórico máximo da anomalia k:

$$CI_{\%kj} = \frac{CI_{kj}}{I_{Mk}} \times 100 \quad (3.3)$$

Da aplicação deste procedimento, resultam os valores apresentados no Quadro 3.15.

Quadro 3.15 - Matriz de correlação percentual "inter-anomalias"

	A-C1	A-C2	A-D1	A-D2	A-O1	A-F1	A-F2	A-F3	A-Q1	A-Q2	A-Q3	A-M1	A-E1	A-E2	A-I1
A-C1		50%	0%	0%	14%	29%	0%	0%	14%	14%	14%	14%	36%	36%	29%
A-C2	44%		19%	0%	19%	19%	19%	6%	6%	13%	25%	6%	19%	31%	13%
A-D1	0%	13%		4%	4%	25%	4%	8%	0%	17%	8%	8%	25%	17%	21%
A-D2	0%	0%	5%		41%	18%	27%	14%	23%	23%	14%	0%	9%	5%	27%
A-O1	6%	8%	3%	25%		17%	22%	25%	53%	28%	28%	6%	11%	8%	17%
A-F1	18%	14%	27%	18%	27%		27%	18%	14%	14%	18%	5%	9%	9%	41%
A-F2	0%	19%	6%	38%	50%	38%		38%	25%	25%	44%	0%	0%	6%	13%
A-F3	0%	5%	9%	14%	41%	18%	27%		27%	45%	41%	9%	5%	0%	9%
A-Q1	7%	3%	0%	17%	63%	10%	13%	20%		20%	20%	7%	10%	7%	20%
A-Q2	8%	8%	17%	21%	42%	13%	17%	42%	25%		33%	21%	17%	8%	21%
A-Q3	7%	14%	7%	11%	36%	14%	25%	32%	21%	29%		11%	14%	14%	14%
A-M1	14%	7%	14%	0%	14%	7%	0%	14%	14%	36%	21%		57%	36%	14%
A-E1	16%	9%	19%	6%	13%	6%	0%	3%	9%	13%	13%	25%		50%	16%
A-E2	19%	19%	15%	4%	12%	8%	4%	0%	8%	8%	15%	19%	62%		19%
A-I1	10%	5%	13%	15%	15%	23%	5%	5%	15%	13%	10%	5%	13%	13%	

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; A-C2 - condensações no interior dos vidros; A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; A-D2 -desprendimento / ausência de peças; A-O1 - deformações; A-F1 - folgas entre aro e vão ou entre aro folha; A-F2 - juntas abertas / frestas; A-F3 - desnivelamento entre folhas; A-Q1 - vidros quebrados; A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes; A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; A-E1 - degradação do revestimento; A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos; A-I1 - infiltrações

3.7. Fichas de anomalias

A partir da informação apresentada até ao momento, nomeadamente as anomalias, respectivas causas associadas às caixilharias e as relações entre estas (anomalias-causas e inter-anomalias), constituíram-se fichas individuais para cada uma das anomalias.

Estas fichas constituem uma ferramenta essencial deste sistema, uma vez que resumem grande parte da informação que consta nesta dissertação, devendo por isso fazer parte integrante do manual de inspeção.

O formato e conteúdo destas fichas são baseados em trabalhos anteriores (Brito, 1992) (Walter, 2002) (Silvestre, 2005) (Garcia, 2006) (Pereira, 2008) (Garcez, 2009) e nelas constam as seguintes informações:

- cabeçalho com a designação e o nome da anomalia, de acordo com o Quadro 3.6;
- apresentação de uma fotografia representativa de um caso real onde esta anomalia foi identificada;

- descrição sumária das manifestações patológicas características da anomalia;
- causas prováveis para a ocorrência da anomalia (de acordo com a matriz de correlação anomalias-causas prováveis; as causas são identificadas por uma descrição sumária e pela designação em código de acordo com o Quadro 3.11; as causas próximas aparecem sublinhadas);
- consequências possíveis da anomalia, em função do tipo de aplicação do PIRE, as quais podem constituir por si só outras anomalias;
- aspectos a inspecionar (características relacionadas com a anomalia detectada que podem vir a ter interesse no diagnóstico da mesma ou constituir por si mesmo novas anomalias);
- ensaios a realizar *in situ*, de acordo com o Quadro 4.1 (de forma a caracterizar a anomalia em termos de extensão, gravidade e estado de evolução; de acordo com a matriz de correlação anomalias-métodos de diagnóstico apresentada no Quadro 4.2, aparecem sublinhados os métodos de grande relação com a anomalia);
- técnicas de reabilitação associadas, com base no trabalho desenvolvido por Vicente (2012), paralelamente à presente dissertação
- parâmetros de classificação (os quais podem ser resultantes dos ensaios efectuados e permitem aferir o nível de gravidade da anomalia);
- nível de gravidade / urgência da intervenção:
 - valor 0** - necessidade de intervenção imediata, até seis meses;
 - valor 1** - necessidade de intervenção a médio prazo, até um ano;
 - valor 2** - necessidade de monitorizar a evolução da anomalia, em particular na próxima inspecção;

No Quadro 3.16, é apresentado um exemplo de uma ficha de anomalia sendo as restantes apresentadas no Anexo 3.I.

3.8. Síntese


Neste capítulo, apresentou-se um sistema classificativo de anomalias e respectivas causas associadas às caixilharias, com o objectivo de normalizar e otimizar a inspecção e o diagnóstico destes elementos construtivos.

O sistema classificativo apresentado é constituído por 8 grupos de anomalias, num total de 15 anomalias principais, agrupadas de acordo com a sua tipologia e aspecto visual, e por 5 grupos de causas possíveis, num total de 45 causas.

Das relações entre as anomalias e causas, resultaram matrizes de correlação anomalias-causas e anomalias entre si, elaboradas numa primeira fase antes da realização das inspecções e, portanto, dependentes de informações recolhidas durante a pesquisa bibliográfica e mais tarde aferidas, após o trabalho de campo desenvolvido, que permitiu a validação do sistema, apresentado no Capítulo 5.

Neste capítulo, foi ainda apresentado o modelo para as fichas de anomalias constituintes do sistema e, no Anexo 3.I, as restantes fichas individuais para cada uma das anomalias propostas. Além das causas prováveis, estes documentos apresentam informações específicas como sejam consequências possíveis, aspectos a inspecionar, parâmetros de classificação e técnicas de diagnóstico adequadas para cada situação, sendo estas técnicas apresentadas e caracterizadas no Capítulo 4.

Quadro 3.16 - Ficha de anomalia A-C1 - condensações no exterior dos vidros

FICHA DE ANOMALIA A-C1	CONDENSAÇÕES NO EXTERIOR DOS VIDROS
<p>DESCRIÇÃO: formação de gotículas de água à superfície dos vidros e/ou caixilharia, em consequência da passagem do vapor de água interior, do estado gasoso para o estado líquido</p>	
<p>CAUSAS PROVÁVEIS: Causas directas (próximas) C-P4 concepção incorrecta de elementos de ventilação C-A4 presença de água (condensações / chuva / neve) C-A6 temperatura (ou variação) Causas indirectas (primeiras) C-P6 consideração incorrecta ou inexistente da agressividade do meio C-E16 utilização de materiais de baixa qualidade e/ou não certificados ou homologados</p>	
<p>CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aspecto estético afectado - acumulação / retenção de poeiras - degradação do revestimento - degradação do material dos caixilhos (corrosão e apodrecimento) - desenvolvimento de microrganismos - deformações 	
<p>ASPECTOS A INSPECCIONAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> - vidro duplo (S/N) - temperatura e condições higrotérmicas interiores e exteriores - comportamento térmico do vão (caixilharia e vidro) - produção excessiva de vapor de água (S/N) - ventilação insuficiente (S/N) 	
<p>ENSAIOS A REALIZAR: D-T1 - medição da temperatura D-T2 - medição da humidade D-T3 - termografia de infravermelhos</p>	
<p>TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012): R-V3 - Instalação de sistemas de ventilação R-A1 - Reparação, introdução ou substituição de borrachas vedantes R-A2 - Reparação, introdução ou substituição de mastiques isolantes R-P10 - Aplicação de hidrofugantes e anti-fúngicos R-V1 - Substituição do envidraçado (por dano ou melhor performance)</p>	
<p>PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tipo de utilização dos espaços subjacentes à caixilharia em análise - provoca degradação dos revestimentos e/ou materiais (S/N) - intervalo de tempo em que as condensações se observam 	
<p>NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:</p> <p>1 - quando o fenómeno ocorrer nas divisões de diminuta produção de vapor de água (quarto, sala, entre outras) ou provoque a degradação dos revestimentos e/ou materiais e /ou se verifiquem durante um grande intervalo de tempo</p> <p>2 - quando o fenómeno estiver circunscrito às divisões com as maiores fontes de vapor de água (cozinha e casa de banho) e não provoque a degradação dos revestimentos e/ou materiais</p> <p style="text-align: center;"><u>sublinhado</u> - grande correlação</p>	

4. Técnicas de diagnóstico

4.1. Introdução

O processo de diagnóstico, isto é, a determinação das causas das anomalias a partir das suas manifestações e consequências é tarefa fundamental para a correcta reparação das anomalias detectadas. Este processo poderá possibilitar a eliminação da causa ou causas ou, no caso de esta não ser removível, permitirá a adequação da construção ou de alguns dos seus elementos às acções actuantes e, por conseguinte, atenuar o desenvolvimento dos fenómenos patológicos (Martins e Rosa, 2005).

O diagnóstico em caixilharias apresenta-se, por vezes, como um processo de elevada complexidade. Isto sucede quer pela dificuldade em estabelecer relações biunívocas entre causas e efeitos, quer pela coexistência de diversas causas e de diversas anomalias que, por vezes, se condicionam mutuamente [adaptado de Aguiar *et al.* (2011)].

Sendo assim, muitas vezes um diagnóstico é feito por aproximações sucessivas, integrando os diferentes dados recolhidos durante a investigação. A recolha de informação tem, neste processo, uma importância crucial e compreende essencialmente os seguintes passos: recolha de dados técnicos sobre as caixilharias (projectos, idade, material, características originais, relatos de anomalias anteriores, entre outros), recolha de elementos sobre a envolvente (características do meio, condições de funcionamento / utilização, modo de instalação, materiais em contacto, entre outros) e na observação *in situ* para definição da situação concreta existente [adaptado de Fontinha e Salta (2004) e Martins e Rosa (2005)].

Durante o processo de inspecção a um edifício, o desejável é obter dados conclusivos sobre o estado dos seus elementos e danificar o menos possível, tanto as caixilharias como os vãos nos quais elas estão inseridas. Assim, o objectivo é proceder à sua avaliação, nomeadamente das suas características mecânicas e estado de conservação, sem recorrer ao seu desmantelamento, sempre que tal seja possível [adaptado de Costa (2009)].

O recurso a ensaios laboratoriais é pouco frequente, sobretudo por implicar o referido desmantelamento das caixilharias, mas também devido à relativa complexidade e morosidade na obtenção de resultados, aos quais estão ainda associados os custos inerentes à sua reabilitação. Privilegiam-se, portanto, os ensaios que possam ser realizados *in situ*, com menor grau de complexidade e destruição possíveis, assumindo a inspecção visual importância capital na recolha e análise de informação e diagnóstico das anomalias [adaptado de Garcia (2006)].

Em consequência do referido, na secção relativa aos “ensaios a realizar” das fichas de anomalias, serão apenas incluídos os ensaios *in situ*, os quais serão parte integrante da actividade do inspector no decurso das inspecções correntes e detalhadas. Estes ensaios podem ser necessários para caracterizar a gravidade, extensão e estabilidade das anomalias, assim como meio de confirmação das causas que lhes deram origem.

No presente capítulo, propõe-se um sistema classificativo das técnicas de diagnóstico associadas à interpretação de anomalias em caixilharias. Estas, na sequência do trabalho de construção do sistema de inspecção e diagnóstico proposto nesta dissertação, são depois integradas numa matriz de correlação. Os dados apresentados neste capítulo complementam as informações que se propõe que constem nas fichas de anomalias já apresentadas, nomeadamente os campos “aspectos a inspecionar”, “ensaios a realizar” e “parâmetros de classificação”.

4.2. Classificação das técnicas de diagnóstico

Propõe-se no Quadro 4.1 um sistema classificativo para as técnicas de diagnóstico em caixilharias, constituído por seis grupos, mediante a forma de execução dos ensaios e funcionamento do equipamento utilizado.

Seguindo os princípios já descritos, optou-se por fazer constar desta classificação somente os ensaios que possam ser realizados *in situ* e com baixo grau de complexidade e destruição. Pretendendo-se com esta opção evitar o recurso a pessoal e equipamentos muito especializados e a técnicas complexas, onerosas e destrutivas.

Não foi considerada como técnica de diagnóstico a inspecção visual, uma vez que o seu emprego é imprescindível a qualquer inspecção, motivo pelo qual se exige, às pessoas encarregues de fazer o diagnóstico de situações anómalas, uma longa experiência profissional associada a uma sólida formação base (Aguar *et al.*, 2011).

As técnicas de diagnóstico são assim agrupadas em seis conjuntos: análise visual assistida, métodos hídricos, métodos de pressurização, métodos eléctricos, métodos sonoros / acústicos e métodos termo-higrométricos.

Quadro 4.1 - Técnicas de diagnóstico <i>in situ</i> para caixilharias	
D-V ANÁLISE VISUAL ASSISTIDA	
D-V1	- medição de fissuras / folgas / frestas
D-V2	- medição da inclinação (do peitoril)
D-V3	- avaliação de esquadrias / alinhamentos
D-H MÉTODOS HÍDRICOS	
D-H1	- projecção de água
D-H2	- submersão da base da caixilharia
D-P MÉTODOS DE PRESSURIZAÇÃO	
D-P1	- teste do ventilador
D-E MÉTODOS ELÉCTRICOS	
D-E1	- correntes induzidas
D-S MÉTODOS SONOROS / ACÚSTICOS	
D-S1	- ultra-sons
D-S2	- avaliação do isolamento sonoro
D-T MÉTODOS TERMO-HIGROMÉTRICOS	
D-T1	- medição da temperatura (superficial e ambiente)
D-T2	- medição da humidade (ambiente e dos materiais)
D-T3	- termografia de infravermelhos

4.2.1. Medição de fissuras e folgas / frestas

As deformações do suporte onde a caixilharia se encaixa, como aludido em 3.4.3., são uma das causas de onde poderá resultar um largo conjunto de anomalias, particularmente as relativas aos grupos: *A-O deformações e A-F folgas / frestas*. Estas deformações manifestam-se normalmente por fissuras ao longo das paredes ou dos elementos estruturais (Figura 4.1). Estas fissuras podem ser detectadas e medidas com relativa facilidade mas há normalmente maior interesse em acompanhar a variação da sua abertura ao longo do tempo (monitorização), o que requer naturalmente maior esforço [adaptado de Torres, 2006].

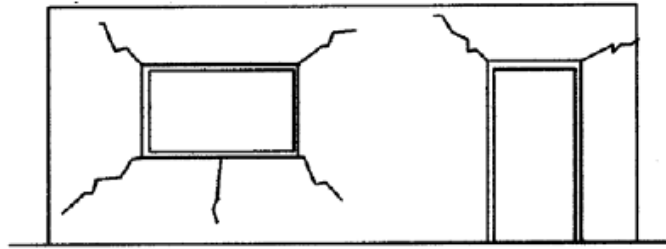


Figura 4.1 - Fissuração das fachadas a partir dos vãos (Martins e Rosa, 2005)

O interesse em acompanhar a variação da abertura ao longo do tempo prende-se com a importância em conhecer o grau de actividade e comportamento das fissuras, cuja análise permite prever se a tendência é de agravamento, estabilização, recuperação ou variação cíclica (Oz, 2002).

De forma correcta, embora pouco exacta, são colocados sobre as fissuras “testemunhos” constituídos por calços de gesso, tiras de vidro ou papel, que apenas permitem detectar, grosseiramente, eventuais acréscimos da abertura ou deslizamento da fissura, sem permitir quantificar a sua evolução.

Quando se pretende quantificar com maior rigor a abertura de fendas, utilizam-se geralmente dois instrumentos relativamente simples, o comparador de fissuras e/ou o medidor óptico. O primeiro consiste num rectângulo plástico transparente, com diferentes traços de espessuras conhecidas e que, por comparação visual, permite estimar a abertura das fissuras (Figura 4.2, à esquerda). O segundo é constituído por um conjunto óptico focável que permite medições com rigor de 0,02 mm (Figura 4.2, à direita) (Oz, 2002).



Figura 4.2 - Comparador de fissuras (à esquerda) (Cóias, 2006) e medidor óptico (à direita) (Cóias, 2006)

Por sua vez, quando se pretende monitorizar com rigor pequenos deslocamentos em juntas e fissuras, utiliza-se habitualmente o fissurómetro (Figura 4.3, à esquerda) o ou alongâmetro mecânico (Figura 4.3, à direita). O fissurómetro é constituído por duas partes, designadas por “A” e “B”, executadas em plástico flexível e transparente. A primeira, tem impressos dois traços de referência em esquadria. A segunda, de forma rectangular, tem impresso um reticulado graduado em 0,5 mm e é dotada de duas ranhuras nas quais a parte “A” vem introduzida, por forma a que os traços de referência e o reticulado fiquem sobrepostos e centrados. Dada a concepção do fissurómetro, é possível medir com ele duas componentes de deslocamento (segundo as direcções longitudinal e transversal), e uma componente de rotação (em torno dum eixo perpendicular ao plano do instrumento). O alongâmetro mecânico é utilizado para medir, a menos de 0,002 mm, as distâncias entre os pontos definidos por cada par de bases coladas ao elemento em estudo (Cóias, 2006).

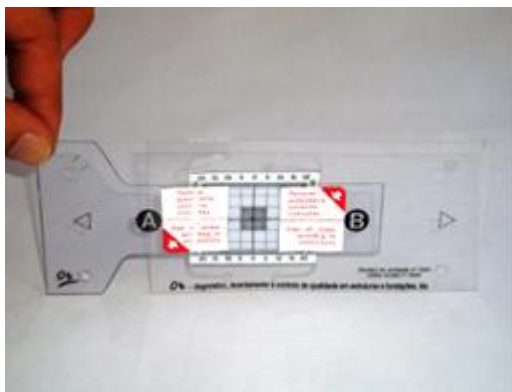


Figura 4.3 - Fissurômetro (à esquerda) (Cóias, 2006) e alongômetro mecânico (à direita) (Oz, 2002)

De referir que alguns dos equipamentos mencionados, especialmente o comparador de fissuras, podem auxiliar na caracterização da gravidade, extensão e estabilidade das anomalias do grupo *A-F Folgas / frestas*, uma vez que são passíveis de ser usados como instrumento de medição e/ou monitorização das folgas ou das juntas (Figura 4.4). Contudo, na maioria destes casos, recorrer a uma fita métrica ou régua é suficiente.



Figura 4.4 - Folga excessiva (à esquerda) (Torres, 2006) e junta com abertura significativa (à direita)

4.2.2. Medição da inclinação

Como pontos singulares das alvenarias, os peitoris, quando mal planeados ou executados quanto à sua geometria, podem ser causadores de acumulação de água ou detritos, o que por sua vez potencia a ocorrência de infiltrações e favorece os mecanismos de degradação dos materiais que compõem a caixilharia (Silva e Torres, 2003).

Quando as referidas anomalias se manifestam, uma forma de confirmar se estas têm conexão com a má concepção e/ou concepção do peitoril passa, portanto, pela medição da sua inclinação.

Actualmente a medição da inclinação é geralmente feita utilizando uma régua de nível ou nível *laser* (Figura 4.5).

As régua de nível actuais possuem um mostrador digital que apresenta instantaneamente a inclinação em várias unidades (graus, percentagem, entre outras), são altamente resistentes às quedas e choques e são facilmente calibradas pelos próprios utilizadores.

O nível a *laser* possui vários feixes *laser* que saem do mesmo ponto direccionado como eixos ortogonais entre si. Para além de ser um método rápido e prático em comparação com os métodos

tradicionais, tem a grande vantagem de ser um equipamento multifacetado, servindo, por exemplo, para medir distâncias ou até mesmo avaliar esquadrias directamente.



Figura 4.5 - Régua de nível digital (à esquerda) (Ferrovicmar, 2012) e nível *laser* (à direita) (Anvi, 2012)

4.2.3. Avaliação de esquadrias / alinhamentos

O deficiente comportamento da caixilharia pode ter origem na incorrecta esquadria do vão que a suporta, devido à sua imperfeita execução ou cedência diferida.

Uma forma de avaliar se as esquadrias e os alinhamentos estão correctos é recorrendo ao mesmo equipamento referido no ponto anterior, à régua de nível e/ou ao nível *laser* (ou prumo), acompanhado quando necessário pela utilização de uma régua ou fita métrica (Figura 4.6). A forma mais expedita de se verificar uma esquadria é através da medição das diagonais.



Figura 4.6 - Avaliação de esquadria recorrendo ao nível *laser* e fita métrica (Teodol, 2012)

4.2.4. Projecção de água

Um ensaio bastante utilizado em obra depois da montagem de modo a fazer-se o controlo de qualidade consiste na projecção de água sobre as juntas exteriores dos caixilhos (Figura 4.7, à esquerda) (Brito, 2005).

Este ensaio permite recriar as condições naturais de chuva (dirigida pelo vento) a que caixilharia é submetida e, assim, testar a sua estanqueidade à água.

Uma vez que não se verifique a estanqueidade, este método, em simultâneo com uma observação visual cuidada (Figura 4.7, à direita) permite detectar as possíveis causas (frestas, folgas, selagem incorrecta, entre outras) assim como a sua localização.

A projecção de água tem a vantagem de não implicar o uso de equipamento ou mão-de-obra especializados, apresentando-se como um ensaio de reduzida complexidade e onerosidade.

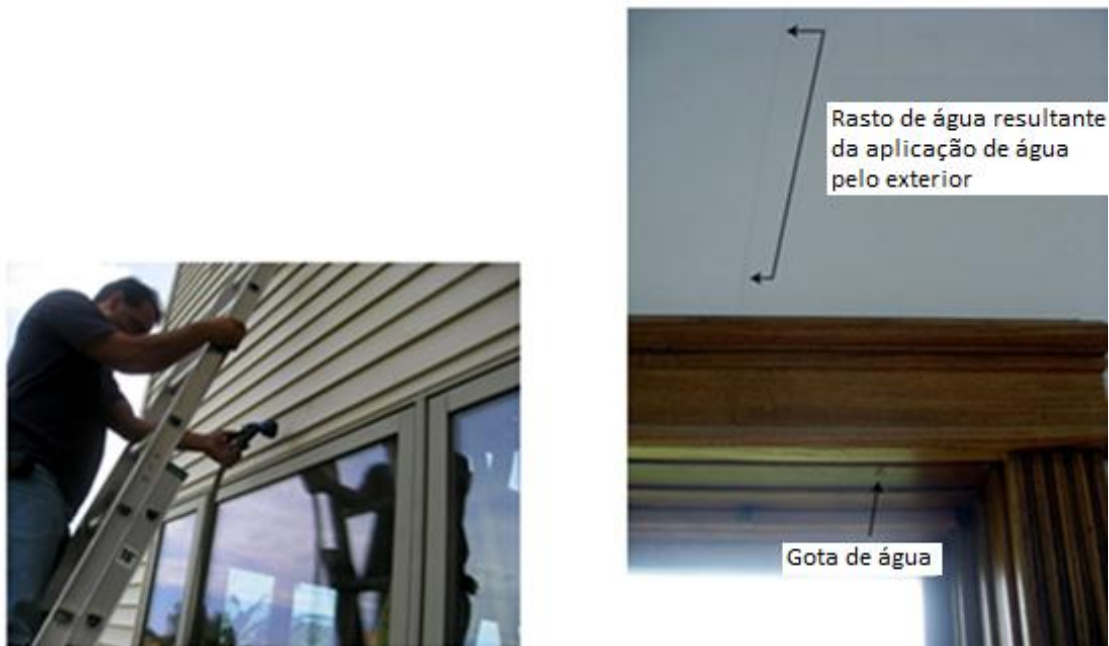


Figura 4.7 - Molhagem dos caixilhos (à esquerda) e infiltração da água de molhagem (à direita) (Window Inspections, 2012)

4.2.5. Submersão da base da caixilharia

A submersão do caixilho inferior é outra forma de avaliar a estanqueidade à água, desta feita simulando a sua acumulação e testando desse modo o efeito de “barragem” da caixilharia.

Este ensaio permite, por exemplo, recriar as condições a que a caixilharia é submetida aquando da inundação de uma varanda, acumulação de água no peitoril ou nas próprias calhas da caixilharia.

O ensaio consiste em criar, na face voltada ao exterior, um canal com fita adesiva impermeável, a ser preenchido com água (Figura 4.8). Uma vez preenchido e registado o nível de água inicial do canal, por intermédio de uma observação visual cuidadosa, quer pelo exterior (observando o fluxo de água no canal), quer pelo interior (observando o aparecimento de água), torna-se possível detectar as causas de infiltrações (frestas, folgas, selagem incorrecta, entre outras) assim como indicar a sua localização (Window Inspections, 2012).



Figura 4.8 - Concepção do canal utilizando fita adesiva impermeável (à esquerda) e enchimento do canal com água (à direita) (Window Inspections, 2012)

Este ensaio, à semelhança do anterior, não implica o uso de equipamento ou mão-de-obra especializados ou onerosos. Apresenta contudo a desvantagem de, ao contrário do ensaio por projecção de água, não permitir a avaliação da estanqueidade dos caixilhos laterais e de topo.

4.2.6. Teste do Ventilador

Este ensaio não destrutivo denominado de *blower-door test* na terminologia inglesa, baseia-se na criação de um gradiente de pressão entre o interior e o exterior do edifício, recorrendo a um ventilador instalado numa porta ou janela (Figura 4.9).

O teste do ventilador é utilizado para quantificar a permeabilidade de um edifício, medir o fluxo de ar entre diferentes zonas, testar a impermeabilidade da canalização e auxiliar a localização fugas de ar pela envolvente do edifício, de que são exemplo as folgas e frestas nas caixilharias (TEC, 2012).

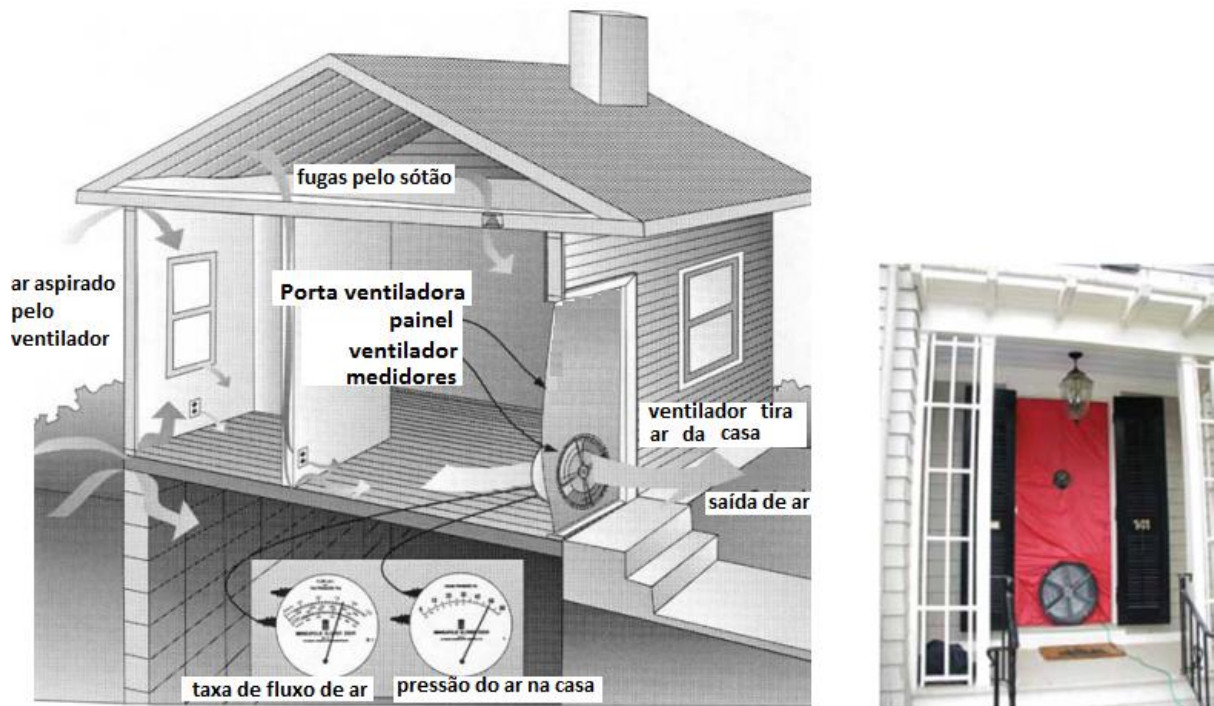


Figura 4.9 - Blower-door test: representação do funcionamento do ensaio (à esquerda) (TEC, 2012); ventilador instalado numa porta (à direita) (Grimmer et al., 2012)

Uma vez criado o gradiente de pressão, uma forma muito expedita de detecção de fugas de ar pela caixilharia é colocar fumo na proximidade da junta e observar o seu fluxo (Figura 4.10).



Figura 4.10 - Detecção de fugas de ar pela caixilharia (IEA, 2012)

Este ensaio é actualmente uma das ferramentas mais frequentemente usadas nos EUA quando se pretende avaliar o desempenho energético de edifícios de pequena dimensão. Contudo, apesar da

existência de um número significativo de empresas especializadas neste tipo de ensaio, em países como os EUA, Irlanda, entre outros, e de existir normalização internacional a ele referente (IECC, 2012), em Portugal a utilização deste método é ainda diminuta, restringindo-se a ensaios pontuais de cariz académico e científico [de que são exemplo os trabalhos de Silva (1991) e Pinto (2008a)].

4.2.7. Correntes induzidas

A degradação dos materiais que constituem os caixilhos ou o seu revestimento constitui, como já aludido, uma anomalia de considerável expressão. O processo de degradação não se manifesta de forma instantânea, nem de igual forma nos diferentes materiais. Trata-se de um processo gradual, cujo avanço depende sobretudo do tempo de exposição dos materiais aos diversos factores de degradação enumerados em 3.4.7. (LNEC, 2009).

Uma forma de avaliar o nível de degradação, nos materiais metálicos, é recorrendo a correntes induzidas. Este ensaio não destrutivo, também denominado por correntes de Eddy na terminologia inglesa e por correntes de Foucault na terminologia francesa, consiste na medição da variação da impedância eléctrica de uma bobina ou sonda, quando sujeita a um campo magnético.

O modo de funcionamento resume-se a fazer percorrer uma corrente eléctrica alternada através da bobina, que vai criar um campo magnético primário que, por sua vez, vai induzir uma corrente eléctrica numa qualquer peça condutora que seja colocada na sua vizinhança. Em resposta, a corrente eléctrica induzida na peça vai criar um campo magnético (secundário), que contraria o campo magnético primário e induz uma corrente eléctrica na bobina (Figura 4.11) (Santos, 1999) (Dias, 2004).

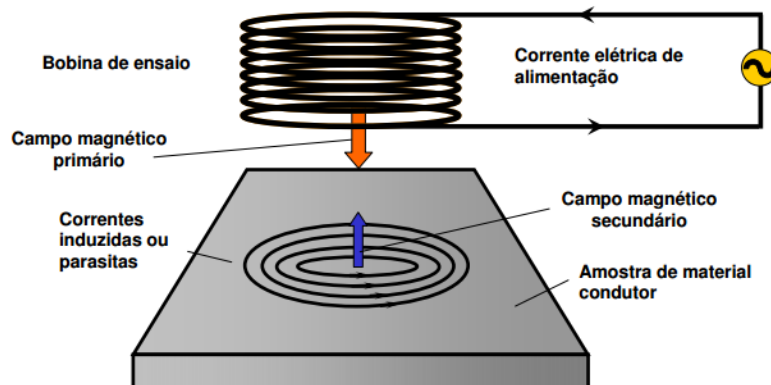


Figura 4.11 - Princípios do método de ensaios por correntes induzidas (Marques e Junior, 2006)

Assim, como se percebe, a corrente eléctrica e o campo magnético primário sofrem uma redução (Figura 4.12), quando comparados com os que se obtêm na ausência de uma peça condutora, equivalendo a um aumento de resistência e a uma diminuição da indutância primária (Dias, 2004).

Este ensaio permite a avaliação do nível de degradação que afecta os materiais, por exemplo, proporcionando a medição da espessura da camada de corrosão (Fontinha e Salta, 2004). A mesma técnica pode, ainda, ser usada para medir a espessura da camada de revestimento, permitindo tirar conclusões sobre o seu estado de conservação ou aferir a conformidade entre a espessura de revestimento real e a preconizada em projecto (Santos, 1999).

O ensaio através das correntes induzidas tem as vantagens de ser um método limpo, rápido e de baixo custo operacional, mas que tem a grande desvantagem de apenas ser aplicável a materiais metálicos, o que muitas vezes o leva a ser preterido pelos ensaios de ultra-sons (Santos, 1999) (Dias, 2004).

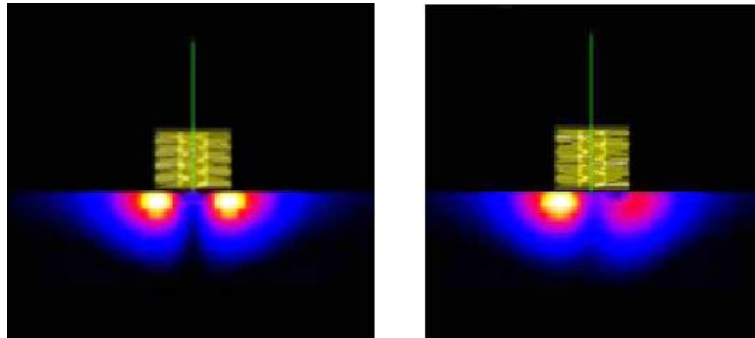


Figura 4.12 - Campo magnético distorcido (à direita) por variações no material (Dias, 2004)

4.2.8. Ultra-sons

A utilização dos ultra-sons, como método de ensaio não destrutivo, baseia-se na transmissão de ondas sonoras de elevada frequência no material da peça a ensaiar. Essas ondas reflectem-se ao incidirem numa superfície de separação de dois meios com características acústicas diferentes (interfaces criadas por descontinuidades, defeitos ou superfície oposta do material) (Santos, 1999).

Através do conhecimento do tempo de percurso, velocidade de propagação do som e do ângulo de emissão das ondas, é possível detectar defeitos e descontinuidades internas nos elementos e estimar a sua natureza.

Este ensaio permite, à semelhança das correntes induzidas, a avaliação dos fenómenos de corrosão e a medição da espessura de revestimentos, com a vantagem de ser passível de aplicar a diversos outros materiais (betão, metais, vidro, borracha materiais compostos, madeira e pedra) (Defelsko, 2012).



Figura 4.13 - Exemplos de medidores de espessura por ultra-sons (Defelsko, 2012)

Em elementos de madeira, esta técnica permite por exemplo a detecção e avaliação de áreas enfraquecidas e degradadas não visíveis, como é o caso das galerias causadas pelos lenhívoros (Costa, 2009).

Em suma, são vantagens deste método: poder ser aplicado em diversos materiais; o seu poder de penetração permite a detecção de descontinuidades existentes no interior das peças; a sensibilidade elevada na detecção de descontinuidades muito pequenas; a precisão na determinação da localização, dimensão e forma das descontinuidades; (Santos, 1999) (Dias, 2004).

Como principais desvantagens, tem o facto de exigir operadores muito experientes e a sensibilidade do equipamento ao estado da superfície.

4.2.9. Avaliação do isolamento sonoro

O licenciamento / autorização para a utilização de um edifício depende da emissão de certificados, por entidades competentes, que validem as exigências que lhe são requeridas por lei. De entre estes estão os “certificados acústicos”, requeridos para efeito de avaliação acústica de edifícios (RRAE, 2008).

A avaliação acústica diz respeito à verificação da capacidade de isolamento sonoro dos elementos de construção nas edificações, de modo a garantir o bem-estar e a qualidade de vida das populações.

Apesar destas exigências e controlos, na prática, o desempenho acústico nem sempre se verifica conforme (Pinto, 2009).

Na envolvente exterior dos edifícios, os elementos que apresentam um isolamento acústico mais baixo são geralmente os vãos envidraçados. Esse isolamento depende sobretudo de dois elementos, o(s) pano(s) de vidro e a caixilharia (Rosa e Barreto, 1998).

Nas caixilharias, o grande problema prende-se com a existência / ocorrência de folgas ou frestas que, embora de área reduzida, comprometem significativamente o desempenho acústico do vão envidraçado (Rosa e Barreto, 1998).

Com vista à avaliação acústica dos edifícios e, em particular, do desempenho acústico das caixilharias, pode ter interesse preceder-se à medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos da fachada e/ou elementos da fachada, nomeadamente envidraçados (NP EN ISO 140-5:2009) (ISO 717-1:1996).

Estas medições são geralmente feitas recorrendo a um dispositivo, que dá pelo nome de sonómetro (Figura 4.14, à esquerda) e que mede objectivamente o nível de pressão sonora (em decibéis), e a uma fonte sonora normalizada (Figura 4.14, à direita), que permite emissão contínua de vários tipos de espectros padrão (em frequências mais altas ou frequências mais baixas), com diferentes níveis sonoros, de acordo com o que se pretende.



Figura 4.14 - Sonómetro - elevado por acção de uma vara metálica (à esquerda) e fonte sonora dodecaédrica (à direita) (WISE, 2012)

4.2.10. Medição da temperatura (superficial e ambiente)

Tal como referido nesta dissertação, a temperatura ou a sua variação podem ser responsáveis por algumas das anomalias frequentemente associadas às caixilharias, provocando deformações (distorções, retracções e dilatações), levando à quebra de vidros (por choque térmico), promovendo a ocorrência de condensações e potenciando os mecanismos de degradação.

Por este motivo, a medição e monitorização da temperatura pode ter interesse como técnica de diagnóstico.

Este ensaio pode ser feito recorrendo a um termómetro digital ou a um termo-higrómetro (Figura 4.15). Este último tem a vantagem de permitir ainda a medição da humidade relativa do ar (Ambifood, 2012).



Figura 4.15 - Termómetro digital (à esquerda) (Ambifood, 2012) e exemplo de termo-higrómetros (à direita) (Roma, 2012)

4.2.11. Medição da humidade (ambiente e dos materiais)

À semelhança do referido para a temperatura, também a humidade pode ser responsável por algumas das anomalias frequentemente associadas às caixilharias. São exemplos destas anomalias as condensações.

As condensações ocorrem quando o vapor de água no ambiente entra em contacto com uma superfície cuja temperatura seja igual ou inferior à temperatura do ponto de orvalho correspondente à concentração de vapor de água no ar. Nesse ponto, todo o vapor de água, para além desse valor de concentração, condensará, ou seja, passará para o estado líquido.

Este fenómeno ocorre, sobretudo, junto aos elementos da envolvente de um edifício como, por exemplo, nos vãos envidraçados, e com maior probabilidade onde o isolamento térmico é fraco ou inexistente (Mendonça, 2005).

O conhecimento das condições termo-higrométricas é, deste modo, da maior importância para explicar e mesmo evitar a ocorrência de condensações e as demais anomalias que destas advêm, tais como degradação dos elementos humidificados e desenvolvimento de fungos e bolores.

Este problema tem importância acrescida quando os referidos elementos são muito susceptíveis à presença de água, como é o caso da madeira, justificando-se fazer medições específicas para apurar o teor de água que os elementos de madeira ostentam.

A medição / monitorização da humidade do ar pode ser executada através dos mesmos termo-higrómetros digitais referidos no ponto anterior (Figura 4.15, à direita), que recolhem a informação necessária, permitindo detectar alterações ao nível do isolamento térmico, alterações dos valores da humidade relativa no interior e a concentração de humidade em determinadas zonas, com o fim último de avaliar a possibilidade de ocorrência de condensações.

Por outro lado, quando se pretende medir o teor em água nos materiais, com especial interesse para os de madeira, utiliza-se geralmente um humidímetro (Figura 4.16). Este ensaio permite a medição do teor em água que esse elemento ostenta, sendo que, a partir desse conhecimento, é possível proceder a

correlação deste parâmetro com o grau de degradação do elemento e das suas características resistentes (Costa, 2009).



Figura 4.16 - Exemplo de humidímetro existente no mercado (Ambifood, 2012)

4.2.12. Termografia de infravermelhos

Esta tecnologia baseia-se no facto de todos os objectos emitirem radiação infravermelha, sendo que a intensidade da radiação emitida depende de dois factores: a temperatura do objecto e a capacidade do objecto de emitir radiação.

A energia infravermelha (não visível a olho nu) emitida pelos objectos pode ser captada recorrendo a câmaras termográficas (Figura 4.17, à esquerda) que convertem em sinal eléctrico e, através de cálculos de temperatura recorrendo a *software* apropriado, produzem imagens de calor (termogramas) (Figura 4.17, à direita) (Mendonça, 2005b).



Figura 4.17 - Exemplos de câmaras termográficas (à esquerda) e termograma obtido durante uma análise termográfica (à direita) (Fluke Corporation, 2011)

A termografia por infravermelhos tem inúmeras aplicações em edifícios. Pode ser utilizada para detecção de causas de anomalias verificadas visualmente, pode ser empregue como instrumento de engenharia preventiva, descobrindo anomalias ainda não aparentes, e até mesmo ao nível de controlo da qualidade da produção (Figura 4.18) (ITC, 2005).

Na situação particular da caixilharia já aplicada, esta tecnologia permite detectar a falta de qualidade de isolamento térmico (Figura 4.19), que poderá, por exemplo, ter resultado da perda de estanqueidade da lâmina de ar entre os vidros (quando múltiplos), fissuras e folgas na caixilharia, descolamento dos vedantes, entre outras anomalias.

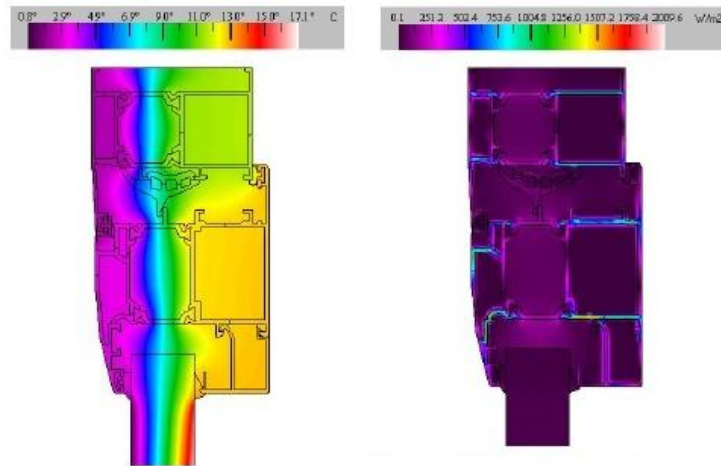


Figura 4.18 - Controlo de produção da caixilharia recorrendo a termografia de infravermelhos (Nortalu, 2012)



Figura 4.19 - Inspeção a janela recorrendo à termografia de infravermelhos (Utah Infrared, 2012)

4.3. Matriz de correlação “anomalias - técnicas de diagnóstico”

No Quadro 4.2, é apresentada a matriz de correlação anomalias-técnicas de diagnóstico, a qual permite que, após a identificação de uma anomalia, se consiga utilizar o método mais adequado, de entre os que foram listados no Quadro 4.1, caracterizando a mesma em termos de extensão e gravidade.

Na matriz de correlação anomalias - técnicas de diagnóstico apresentada, na intersecção de cada linha (representando uma anomalia) com cada coluna (representando um método de diagnóstico) é inscrito um número, que representa o grau de correlação entre ambos, de acordo com o seguinte critério (Brito, 1992):

0 - SEM RELAÇÃO - não existe qualquer relação entre a anomalia e a técnica de diagnóstico;

1 - PEQUENA CORRELAÇÃO - método de diagnóstico adequado à caracterização de determinada anomalia, embora possua limitações, em termos de execução técnica ou de custo, que reduzem o espectro da sua aplicabilidade;

2 - GRANDE CORRELAÇÃO - método de diagnóstico adequado à caracterização de determinada anomalia, cuja execução é de exigência técnica mínima e o equipamento necessário acessível, tornando a respectiva área de aplicação abrangente.

Da observação do Quadro 4.2, é possível verificar que existem anomalias para as quais são indicados mais do que um método de diagnóstico de cada um dos grupos de correlação. Isto é justificado

pelo facto de estes estarem limitados em termos de aplicabilidade e só se tornar adequada a sua execução, em termos técnico-económicos, em determinadas situações particulares, que variam de anomalia para anomalia, ou pelo facto de cada um desses métodos corresponder à caracterização de um determinado parâmetro da anomalia em causa, sendo por isso necessário utilizá-los de forma consecutiva de modo a efectivar o diagnóstico pretendido [adaptado de Silvestre (2005)]

Em todas as situações, os ensaios descritos devem ser precedidos de uma inspecção visual cuidada quer à caixilharia quer às restantes zonas do edifício, para que se possam rastrear anomalias em outros elementos estruturais ou não-estruturais do mesmo, que se verifique serem relevantes para a caixilharia em causa [adaptado de Garcia (2006)].

Como exemplo da relação entre as anomalias e as técnicas de diagnóstico, são apresentadas no Quadro 4.3 as técnicas que podem ser utilizadas nas intervenções às anomalias do subgrupo *A-E2 degradação dos materiais dos caixilhos*. Mais uma vez, as técnicas de grande relação encontram-se sublinhadas.

Quadro 4.2 - Matriz de correlação “anomalias - técnicas de diagnóstico”

	D-V1	D-V2	D-V3	D-H1	D-H2	D-P1	D-E1	D-S1	D-S2	D-T1	D-T2	D-T3
A-C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
A-C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1
A-D1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
A-D2	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
A-O1	1	0	2	1	1	1	0	0	1	1	1	1
A-F1	2	0	1	2	1	1	0	0	2	0	0	2
A-F2	2	0	1	2	1	1	0	0	2	0	0	2
A-F3	1	0	2	1	0	1	0	0	1	0	0	1
A-Q1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1
A-Q2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-Q3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-M1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
A-E1	0	0	0	0	0	0	2 ¹	2	0	1	1	0
A-E2	0	0	0	0	0	0	2 ¹	2	0	0	2	0
A-I1	1	1	1	2	2	1	0	0	1	0	1	1

¹Apenas para caixilharias metálicas

Alterações à matriz teórica

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; **A-C2** - condensações no interior dos vidros; **A-D1** - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; **A-D2** -desprendimento / ausência de peças; **A-O1** - deformações; **A-F1** - folgas entre aro e vão ou entre aro folha; **A-F2** - juntas abertas / frestas; **A-F3** - desnivelamento entre folhas; **A-Q1** - vidros quebrados; **A-Q2** - dobradiças danificadas ou ausentes; **A-Q3** - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; **A-M1** - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; **A-E1** - degradação do revestimento / acabamento; **A-E2** - degradação dos materiais dos caixilhos; **A-I1** - infiltrações.

D-V1 - medição de fissuras / folgas / frestas; **D-V2** - medição da inclinação (do peitoril); **D-V3** - avaliação de esquadrias / alinhamentos; **D-H1** - projecção de água; **D-H2** - submersão da base da caixilharia; **D-P1** - teste do ventilador; **D-E1** - correntes induzidas; **D-S1** - ultra-sons; **D-S2** - avaliação do isolamento sonoro; **D-T1** - medição da temperatura; **D-T2** - medição da humidade; **D-T3** - termografia de infravermelhos.

4.4. Fichas dos métodos de diagnóstico

Com os dados anteriormente expostos, construíram-se fichas individuais para os ensaios de diagnóstico em caixilharias, as quais se encontram apresentadas na totalidade no Anexo 4.I. As fichas de ensaio contêm as seguintes informações:

- número da ficha de ensaio;
- apresentação de uma fotografia onde a técnica foi aplicada;
- designação da técnica (de acordo com a listagem do Quadro 4.1);
- objectivos do ensaio;


- equipamento necessário;
- descrição do método;
- vantagens;
- limitações;
- referências bibliográficas.

No Quadro 4.4, é apresentado um exemplo de uma ficha de reparação relativa à técnica *D-H1 projecção de água*, a qual inclui os campos atrás enunciados.

Quadro 4.3 - Correlação entre os ensaios *in situ* e a anomalia A-E2 degradação dos materiais dos caixilhos

A-E2 DEGRADAÇÃO DOS MATERIAIS DOS CAIXILHOS	
Ensaio a realizar	Descrição do método
<u>D-E1 correntes induzidas</u> (Apenas para caixilharias metálicas)	1 - colocação da sonda emissora e receptora de corrente eléctrica em contacto com a superfície do revestimento; 2 - geração e aplicação de corrente eléctrica através da sonda; 3 - interpretação dos resultados obtidos, relacionando-os com as propriedades físicas (espessura) e mecânicas (nível de desenvolvimento da corrosão) dos materiais
<u>D-S1 ultra-sons</u>	1 - colocação dos transdutores de transmissão e recepção em contacto com a superfície do revestimento sob uma fina camada de acoplante, exercendo a pressão apropriada para evitar a presença de ar entre as superfícies de contacto; 2 - aplicação de um impulso eléctrico através do transmissor; 3 - leitura da velocidade de propagação das ondas reflectidas no ecrã LCD ou no tubo de raios catódicos do aparelho; 4 - interpretação dos resultados obtidos, relacionando-os com as propriedades físicas (espessura) e mecânicas (estado de degradação e existência de descontinuidades / defeitos) dos materiais
D-T2 medição da humidade	1 - colocação do higrómetro ou termo-higrómetro na proximidade da caixilharia; 2 - leitura no visor do valor medido; 3 - repetição da medição em diferentes zonas e/ou 1 - colocação do higrómetro em contacto com a caixilharia; 2 - leitura no visor do valor medido; 3 - repetição da medição em diferentes pontos da caixilharia
<u>sublinhado</u> - grande correlação	

Quadro 4.4 - Ficha de ensaio D-H1 - projecção de água

FICHA DE ENSAIO D-H1	PROECÇÃO DE ÁGUA
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
Avaliação da estanqueidade à água da caixilharia	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
Meios de acesso (escada) e mangueira de água	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
Projecção de água sobre a caixilharia (pelo exterior) e em simultâneo análise visual pelo interior (detecção e localização da entrada de água)	
VANTAGENS:	
Não implica o uso de equipamento ou mão-de-obra especializados, apresentando-se como um ensaio de reduzida complexidade e custo	
LIMITAÇÕES:	
Requer a presença de dois técnicos	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(Window Inspections, 2012)	

4.5. Síntese

Neste capítulo, apresentaram-se as técnicas de diagnóstico que podem ser utilizadas *in situ* para caracterizar as anomalias em caixilharias, em termos de extensão e gravidade. Com esse intuito, foi consultada bibliografia da especialidade, de forma a seleccionar as técnicas mais usuais e que, como tal, possuem modos de execução já normalizados ou com eficácia conhecida.

Com base nessa informação, foi construído um sistema classificativo de técnicas de diagnóstico *in situ* de anomalias em caixilharias, constituído por 6 grupos, num total de 12 técnicas, agrupadas de acordo com o tipo de execução e funcionamento do equipamento utilizado em cada uma das técnicas. Deste sistema classificativo, não consta a inspecção visual, uma vez que o seu emprego se considera imprescindível a qualquer inspecção.

O sistema classificativo inclui, ainda, a caracterização completa das técnicas, cuja informação se encontra resumida em fichas individuais onde constam dados como a designação, o tipo de ensaio, o objectivo da sua realização, material necessário, a descrição do método e as vantagens e limitações da sua utilização.

Posteriormente, as técnicas de diagnóstico apresentadas foram relacionadas com as anomalias anteriormente propostas, de que resultou a matriz de correlação anomalias-métodos de diagnóstico, que constitui mais um elemento do sistema proposto no presente trabalho.

No capítulo seguinte (capítulo 5), apresenta-se uma validação do sistema de inspecção e diagnóstico proposto, com base nos dados recolhidos após a elaboração de um trabalho de campo, o qual consistiu numa amostra total de 295 caixilharias.

5. Validação do sistema e análise estatística

5.1. Introdução

Com o objectivo de validar o sistema classificativo de anomalias em caixilharias proposto e descrito nos capítulos anteriores, e simultaneamente aferir as matrizes de correlação construídas, desenvolveu-se um plano de inspecções do qual resultaram dados recolhidos em 11 Unidades Militares, num total de 96 edifícios, nos quais foram consideradas 295 caixilharias.

As inspecções realizadas foram documentadas em fichas-tipo de inspecção e de validação, apresentadas respectivamente nos Anexos 5.I e 5.II. As fichas de inspecção contêm informações importantes para caracterização dos edifícios e das caixilharias, o que permite uma comparação efectiva entre diferentes inspecções. No caso das fichas de validação, são assinaladas e caracterizadas as anomalias identificadas em cada caixilharia, o que permite aferir o sistema classificativo criado.

Neste capítulo, é ainda apresentado o tratamento estatístico completo dos dados recolhidos nas inspecções, do qual foi possível retirar algumas conclusões de interesse sobre os fenómenos patológicos que podem ocorrer em caixilharias.

5.2. Plano de inspecções

As inspecções devem ser planeadas e preparadas com antecedência, de forma a garantir o porte de todas as ferramentas necessárias ao correcto diagnóstico. Além das fichas de inspecção e das fichas de diagnóstico, o inspector (ou equipa) deve estar munido do material necessário à inspecção como, por exemplo, marcadores, fita métrica, régua de fendas, fio-de-prumo, máquina fotográfica, entre outros.

Como referido, a campanha de inspecções realizada para a presente dissertação teve como principal objectivo validar o sistema classificativo proposto. Com esse objectivo, além dos elementos referidos, utilizaram-se fichas de validação durante as visitas.

O plano de inspecções deve incluir, para além das visitas devidas à ocorrência de problemas na caixilharia, um conjunto de visitas periódicas, correntes ou detalhadas, e não periódicas, designadas como pós-intervenção. O Quadro 5.1 apresenta uma metodologia aplicada noutros trabalhos de inspecção e diagnóstico desta linha de investigação que se julga poder ser aplicável em caixilharias, onde são caracterizados os três tipos de intervenções em termos de periodicidade aconselhada, objectivo e metodologia.

As inspecções não periódicas de pós-intervenção destinam-se a avaliar a eficiência das soluções de reparação de anomalias e de eliminação das suas causas. Poderão ainda ser detectados fenómenos de “repatologia”, devidos a diagnósticos incorrectos, incompletos ou inexistentes, ou à falta de meios técnicos e/ou económicos para efectuar a reparação mais adequada [adaptado de Silvestre (2005)].

O plano de inspecções apresentado permite minimizar a necessidade de intervenções de reparação de caixilharias, principalmente do tipo preventivo, se for inserido numa estratégia de manutenção pró-activa que inclua, além das inspecções, acções que visem a divulgação das prescrições a serem utilizadas na fase de concepção da caixilharia. A implementação de uma estratégia de manutenção com esta tipologia durante toda a vida útil da caixilharia deve ser promovida e divulgada, no sentido de controlar e minimizar os efeitos das anomalias no desempenho global dos vãos envidraçados [adaptado de Flores (2002)].

Quadro 5.1 - Identificação e caracterização das inspeções [adaptado de Brito (1992)]

TIPO DE INSPECÇÕES	PERIODICIDADE MÍNIMA / MÁXIMA	OBJECTIVO	METODOLOGIA
CORRENTES	12 / 16 meses	Detectar anomalias de rápida evolução; monitorizar anomalias detectadas em inspeções anteriores	Observação visual da caixilharia; reduzidas necessidades de equipamento
DETALHADAS	5 / 10 anos	Monitorizar anomalias detectadas em inspeções anteriores, determinar a sua extensão, gravidade e respectivas causas	Observação visual da caixilharia; ensaios <i>in situ</i> não destrutivos; estrutura de apoio pessoal e material considerável
PÓS-INTERVENÇÃO	Não periódicas (no primeiro ano após cada intervenção na caixilharia)	Verificar os casos de degradação precoce da caixilharia devida a erros de execução das técnicas de reparação	Observação visual da caixilharia; reduzidas necessidades de equipamento

5.2.1. Mapeamento das caixilhariarias na fachada

Muito embora a informação constante nas fichas permita localizar as anomalias na caixilharia, não permite determinar, de forma clara e expedita, o posicionamento da caixilharia na fachada. Como tal, uma das ferramentas que se recomenda durante a vistoria, em complemento das fichas de inspeção, é a utilização de um mapeamento das caixilhariarias, por forma a tornar fácil a associação entre esta e as respectivas fichas.

O mapeamento deverá ser efectuado pelo inspector, com base nos alçados do edifício (desenhos ou fotografias), e utilizando uma numeração associativa (Figura 5.1). Posteriormente, após a execução de uma inspeção detalhada, o mapeamento pode ainda ser complementado por dados mais precisos (ex.: anomalias detectadas), através de um esquema gráfico simplificado.



Figura 5.1 - Exemplo de mapeamento das caixilhariarias na fachada

5.2.2. Fichas de inspecção

As fichas de inspecção destinam-se ao registo dos dados recolhidos nas inspecções a caixilharias, nomeadamente as características do edifício e da caixilharia e outras informações destinadas à caracterização das anomalias identificadas. Deste modo, as fichas de inspecção incluem os seguintes campos [adaptado de Garcez (2009)]:

- cabeçalho com o número da ficha de inspecção, a data da inspecção, o responsável pela mesma e respectiva função e o objectivo da inspecção;
- as condições atmosféricas aquando de cada inspecção, nomeadamente temperatura, nível de pluviosidade e grau de humidade do ar;
- para cada edifício:
 - a localização, altitude, o tipo de utilização dominante, o ano de construção, o n.º de pisos acima do solo e a caracterização construtiva;
 - a caracterização da envolvente: exposição a agentes poluentes (alta, média, baixa, nula), o tipo de envolvente (rural, urbana, marítima), a zona térmica (por exemplo de acordo com o definido no EC1 - Parte 1.5), zonamento do território em termos da acção do vento (por exemplo, de acordo com o definido no EC1 - Parte 1.4) e a proximidade do mar (menos de 1 km, entre 1 e 5 km, mais de 5 km);
 - contactos efectuados com os intervenientes no processo construtivo ou com os utilizadores do edifício, bem como algumas notas de interesse;
- para cada caixilharia inspeccionada:
 - a função (porta, janela) e o ano de implantação no edifício;
 - a caracterização da exposição: a orientação da fachada à qual pertence (Norte, Sul, Estes, Oeste, Nordeste, entre outras), exposição do vão (protegido, exposto), posição do vão na fachada (central, periférica), condições de sombreamento (S/N) e a cota do vão acima do terreno;
 - a dimensão do vão (altura e largura);
 - o material (madeira, PVC, alumínio, ferro / aço, outro);
 - o tipo de revestimento (sem revestimento, tinta, verniz, lacagem, anodização, outro);
 - a forma de abertura das partes móveis (fixa, de batentes, basculante, oscilo-batente, pivotante, de correr, guilhotina, *vitrô*, composta, outra);
 - o tipo de preenchimento (vidro simples, vidro duplo, grade, lâmina opaca, outro);
 - a presença de fontes de vapor de água na divisão em que se inserem (ex.: cozinha, casa-de-banho, ginásio) (S/N);
 - marcação CE (S/N)
 - a ocorrência de intervenções posteriores nas caixilharias;
- para eventuais operações de manutenção efectuadas e registadas nas caixilharias inspeccionadas:
 - a tipologia implementada e a periodicidade das inspecções e/ou das intervenções efectuadas;
 - as características das intervenções efectuadas, como a data de execução, técnica utilizada e os respectivos materiais;
 - o registo de observações finais de inspecção.

Durante as inspecções e concretamente durante o preenchimento destas fichas, verificou-se, alguma dificuldade em obter informações, sobretudo as relacionadas com a concepção da caixilharia, com a forma de montagem em obra ou com as operações de manutenção. A falta do registo adequado deste tipo de informação impede não só a avaliação de opções que foram tomadas em todas as intervenções anteriores, como também invalida toda e qualquer base de trabalho para melhor analisar o desempenho das mesmas e determinar novas intervenções [adaptado de Silvestre (2005)].

5.2.3. Fichas de validação

As fichas de validação destinam-se a validar o sistema de inspecção e diagnóstico proposto nesta dissertação. Por cada caixilharia inspeccionada, foi efectuado um registo das anomalias identificadas de acordo com a classificação apresentado no Capítulo 3 e feita a sua caracterização em função de vários parâmetros (apenas nos aplicáveis) preestabelecidos, como sejam:

- agressividade química dos detritos / sujidade (S/N);
- comprometer a segurança à intrusão (S/N);
- condições para que o fenómeno progrida (S/N);
- correcto funcionamento das partes móveis (S/N);
- correcto funcionamento do sistema de evacuação de águas (S/N);
- operacionalidade dos mecanismos de fecho (S/N);
- permitir infiltrações (S/N);
- provoca degradação dos revestimentos e/ou materiais (S/N);
- risco para transeuntes (S/N);
- tipo de utilização dos espaços subjacentes à caixilharia (fonte de vapor de água [S/N]);
- valor estético das áreas afectadas (A-alto; M-médio; B-baixo).

Para cada uma das anomalias identificadas, foram ainda assinaladas *in situ* as causas prováveis, directas e indirectas para a ocorrência destas, tendo em conta a observação da situação anómala e o sistema classificativo apresentado no Capítulo 3, assim como os respectivos métodos de ensaio, identificados e caracterizados no Capítulo 4, para caracterizar as anomalias e respectivas causas.

Com o preenchimento destas fichas, completou-se a recolha das informações necessárias para a validação do sistema proposto e a realização da análise estatística, que se apresenta no decorrer do presente capítulo.

Nos Anexos 5.III e 5.IV, apresenta-se, respectivamente, um exemplar de uma ficha de validação e de uma ficha preenchida relativa a uma caixilharia inspeccionada.

5.3. Caracterização da amostra

Como referido, com o objectivo de validar o sistema classificativo de anomalias em caixilhari­as proposto e descrito nos capítulos anteriores, e simultaneamente aferir as matrizes de correlação construídas, desenvolveu-se um plano de inspecções do qual resultaram dados recolhidos em 11 Unidades Militares (do Exército e da Força Aérea), num total de 96 edifícios, nos quais foram consideradas 295 caixilhari­as.

A selecção das Unidades Militares e, dentro destas, dos respectivos edifícios a inspeccionar, fez-se procurando compreender na amostra caixilhari­as dos vários materiais (ferro / aço, madeira, alumínio e

PVC), de diferentes idades e com diferentes tipos de solicitações mecânicas (porta, janela e tipo de abertura) e ambientais (tipo de envolvente, zona térmica, zona de vento, orientação, entre outras).

No Quadro 5.2 e na Figura 5.2, apresenta-se uma síntese das Unidades Militares visitadas e a sua distribuição geográfica.

Quadro 5.2 - Síntese das Unidades Militares visitadas

Local	Unidade Militar	Caixilharias inspeccionadas	Data da inspeção
Lisboa	1 - Academia Militar Sede	25	11/07/12
	2 - Oficinas Gerais de Fardamento do Exército	25	13/07/12
Amadora	3 - Academia Militar	20	12/07/12
Pontinha	4 - Regimento de Engenharia nº 1	25	16/07/12
Tancos	5 - Escola Prática de Engenharia	25	17/07/12
Espinho	6 - Regimento de Engenharia nº 3	25	18/07/12
Lamego	7 - Centro de Treino de Operações Especiais	25	19/07/12
Viseu	8 - Regimento de Infantaria nº 14	25	20/07/12
Mafra	9 - Escola Prática de Infantaria / Convento	25	23/07/12
Vendas Novas	10 - Escola Prática de Artilharia	25	24/07/12
Monsanto	11 - Comando Aéreo	50	04/08/12

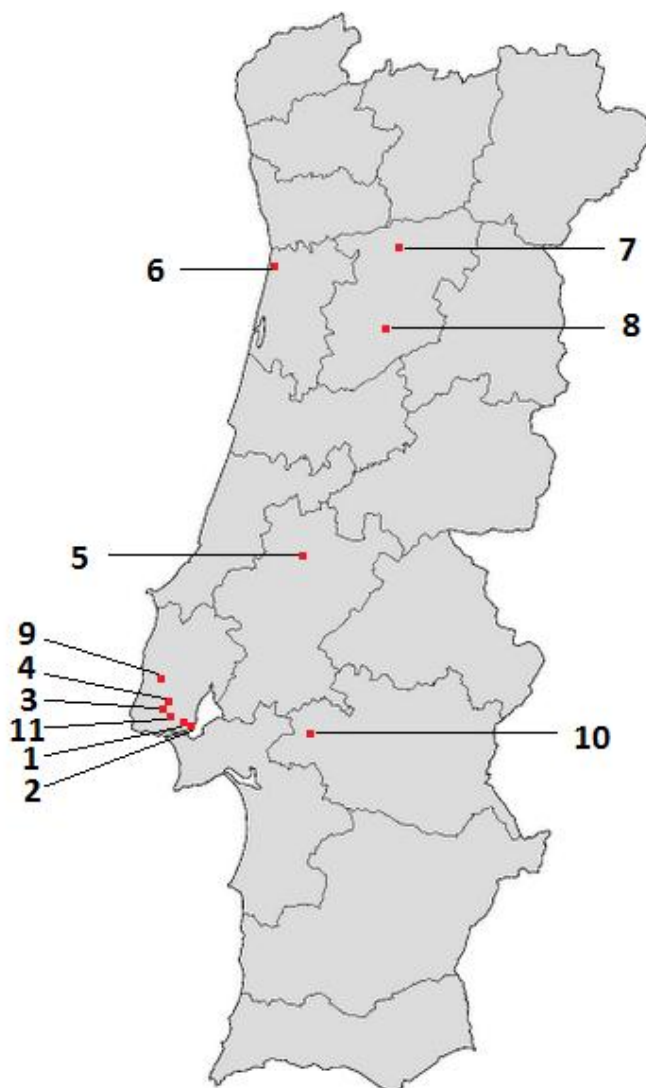


Figura 5.2 - Disposição geográfica das Unidades Militares visitadas

Apresenta-se, nas figuras seguintes (Figuras 5.3, 5.4, 5.5, 5.6), a discretização da amostra, em valores absolutos e relativos, segundo os principais parâmetros considerados, nomeadamente a idade, o material, a orientação e a função das caixilharias inspeccionadas.

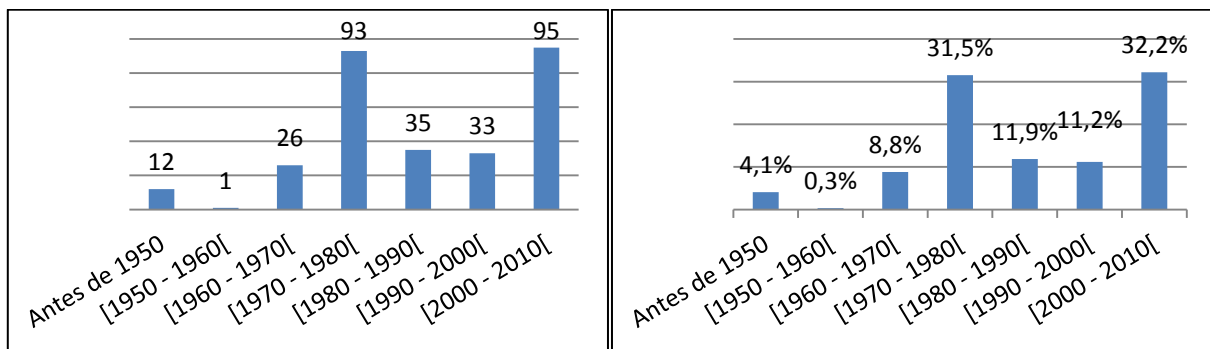


Figura 5.3 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das idades das caixilharias inspeccionadas

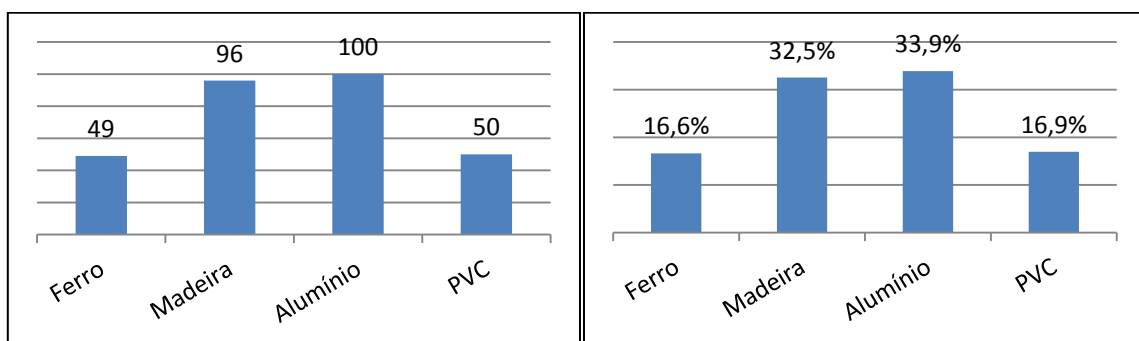


Figura 5.4 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) dos tipos de caixilharia inspeccionada

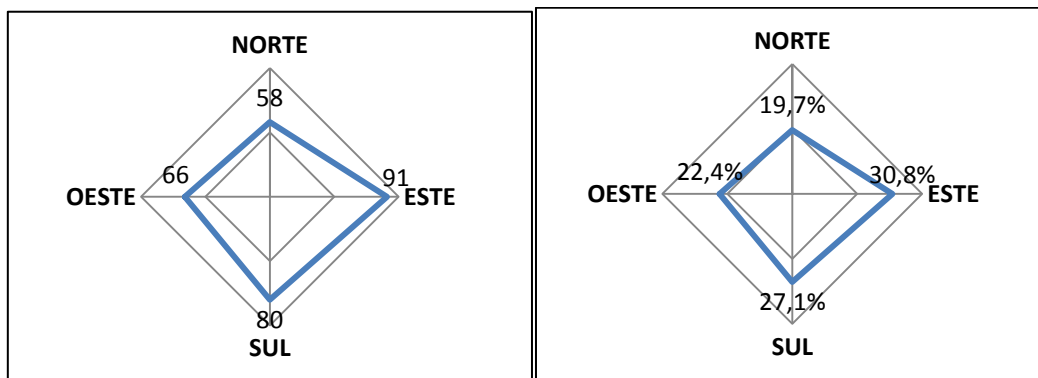


Figura 5.5 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das caixilharias inspeccionadas em função da sua orientação

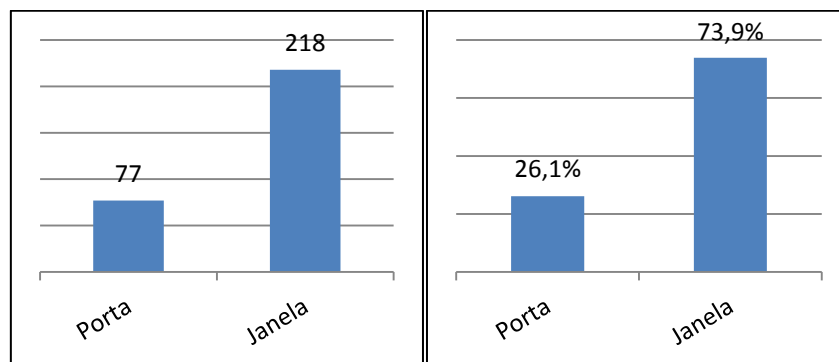


Figura 5.6 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das caixilharias inspeccionadas em relação à sua função

5.4. Validação do sistema classificativo

5.4.1. Validação do sistema classificativo das anomalias

No decorrer do trabalho de campo, foi possível observar um total de 919 anomalias nas 295 caixilharias inspeccionadas, resultando, em média, 3,1 anomalias por cada caixilharia.

A Figura 5.7 apresenta, graficamente, as frequências absolutas (número de ocorrências individuais), em cima, e as frequências relativas (percentagem de ocorrência de cada anomalia dentro da totalidade de caixilharias observadas), em baixo.

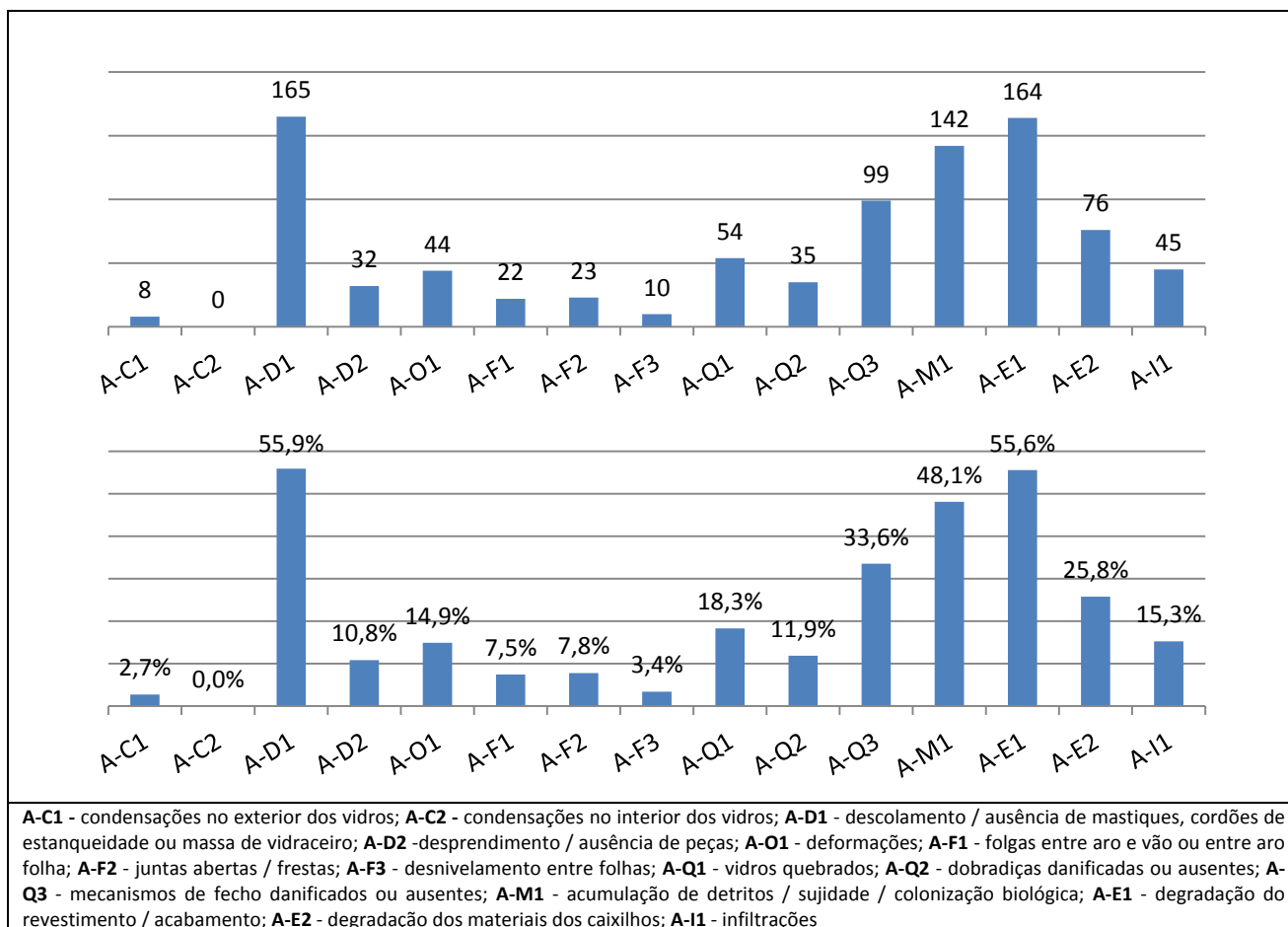


Figura 5.7 - Frequência absoluta (em cima) e relativa (em baixo) das anomalias identificadas nas caixilharias

Da observação da Figuras 5.7, pode concluir-se que as anomalias verificadas com maior frequência foram, primariamente, a anomalia **A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro** (presente em 55,9% das caixilharias observadas), seguida da anomalia **A-E1 - degradação do revestimento / acabamento** (55,6%). Como se verá, no subcapítulo 5.6. **Análise estatística**, para estes dois elevados valores registados contribuíram, principalmente, as caixilharias de ferro / aço e de madeira. Estas, apesar de constituírem em conjunto menos de metade da amostra, são responsáveis por 66% do total de anomalias **A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro** registadas e por 80% do total de anomalias **A-E1 - degradação do revestimento**. A origem destas anomalias está, principalmente, na utilização de revestimentos (A-E1) e massa de vidraceiro (A-D1) de baixa qualidade ou qualidade inadequada face às acções ambientais agressivas a que as caixilharias são sujeitas (radiação solar, presença de água, entre outras).

Como seria expectável, também se verificou um elevado número (142 - 48,1%) de caixilharias com **acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica (A-M1)**, cuja principal causa está na ausência de manutenção (C-U5).

Outra anomalia frequentemente observada é a **A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes** (33,6%), também ela muitas vezes associada à ausência de manutenção mas cuja causa primeira mais frequente aparenta ser o manuseamento incorrecto dos mecanismos de fecho.

Por outro lado, é possível observar que o grupo de anomalias **A-C - condensações** foi o que se observou menos frequentemente no decorrer do trabalho de campo. Contudo, apesar de a anomalia **A-C1 - condensações no exterior dos vidros** ter sido observada apenas 8 vezes e de não se ter verificado nenhum caso de anomalia **A-C2 - condensações no interior dos vidros**, ambas deverão ser mantidas no sistema classificativo, uma vez que são anomalias não facilmente observáveis durante o Verão, estação do ano em que foram efectuadas as inspecções, pelo facto de as temperaturas verificadas não serem favoráveis à formação de condensações (especialmente de dia, período em que foram feitas as inspecções).

De referir ainda que, fruto das condicionantes climatéricas mencionadas e por se ter apenas utilizado como meio de diagnóstico a inspecção visual, a frequência apresentada para a anomalia **A-I1 - infiltrações** poderá não reflectir (por defeito) a realidade. De facto, não se observou directamente a anomalia, tendo os 45 casos registados resultado da observação de vestígios (ex.: marcas de escorrência) e/ou relatos de ocupantes.

Conclui-se, da observação de frequências, que a lista classificativa de anomalias apresentada permite uma boa leitura do tipo de anomalias que podem ocorrer em caixilharias e mesmo aquelas cuja frequência é muito baixa devem permanecer na referida lista.

5.4.2. Validação do sistema classificativo das causas

No Capítulo 3 da presente dissertação, foi proposta uma lista classificativa de causas mais prováveis para as anomalias listadas no mesmo capítulo.

Durante o trabalho de campo, procurou-se, através da análise visual, relacionar as anomalias observadas com as causas prováveis, dadas as condições de cada caso atribuindo índices 1 ou 2, mediante a causa fosse indirecta ou directa, respectivamente.

Na totalidade da amostra, foram atribuídas 1849 causas prováveis (das quais 648 foram consideradas indirectas e 1201 directas) às 919 anomalias identificadas, resultando, em média, em cerca de 2 causas por cada anomalia.

Uma vez que a lista classificativa de causas possui uma totalidade de 45 hipóteses, optou-se por analisar a frequência de atribuição de causas grupo a grupo, uma vez que a apresentação dos valores num único gráfico seria muito extensa e a informação ficaria confusa.

Deste modo, na Figura 5.8, são apresentadas as frequências absolutas (à esquerda) e relativas (à direita) do grupo **C-P - erros de projecto / concepção**, respectivamente. A frequência absoluta corresponde à totalidade de atribuições (directas ou indirectas) da cada causa dentro da amostra, já a frequência relativa possibilita o conhecimento da quantidade de vezes que as causas foram atribuídas para um universo de 919 anomalias.

O grupo classificativo das causas associadas a erros de projecto corresponde a 14% do total das causas registadas, destacando-se, dentro deste grupo, a causa **C-P8 - escolha / preparação / espessura incorrecta do revestimento**, correspondendo a 13,6% do total das anomalias identificadas. Este dado está directamente relacionado com a predominância da anomalia **A-E1 - degradação do revestimento**, verificada em 55,6% da amostra. Verificou-se ainda que a causa **C-P8** surge associada à anomalia **A-E1** quase exclusivamente (com apenas duas excepções) em caixilharias de madeira e de ferro / aço, tal poderá

resultar do facto de, frequentemente, a pintura ou repintura deste tipo de caixilharias não ser feita em fábrica e/ou com o devido controlo de qualidade, em oposto às caixilharias de alumínio e de PVC.

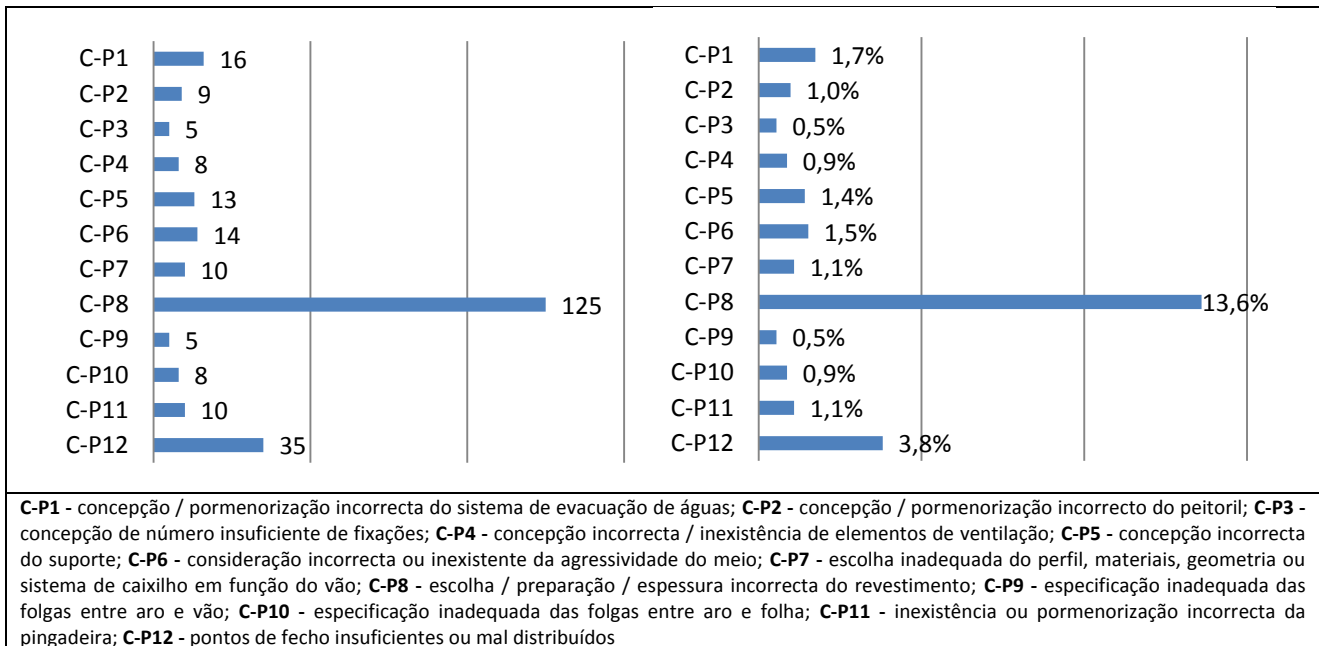


Figura 5.8 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das causas do grupo C-P - Erros de projecto / concepção

A segunda causa mais verificada, dentro do grupo de erros de projecto / concepção, foi a **C-P12 - pontos de fecho insuficientes ou mal distribuídos**, que está directamente relacionada com a anomalia *A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes*. Esta causa foi assinalada, por exemplo, em casos de caixilharias de duas folhas móveis em que apenas uma possuía sistema de fecho ou em casos em que a disposição dos mecanismos de fecho os tornava de difícil manuseamento, conduzindo o utilizador a fazer uma utilização errada dos mesmos.

Adicionalmente, é possível observar que as restantes causas (**C-P1, C-P2, C-P3, C-P4, C-P5, C-P6, C-P7, C-P9, C-P10 e C-P11**) foram assinaladas em menos de 2% da totalidade das anomalias. As razões para estes reduzidos números prendem-se, essencialmente, com dificuldades encontradas na avaliação destas causas durante a realização das inspecções, nomeadamente pelo facto de não se dispor dos projectos de execução, para se efectuar as devidas apreciações.

Relativamente ao grupo das causas associadas à execução e montagem das caixilharias (Figura 5.9), que representa 27,1% do total das causas assinaladas, destacam-se as causas **C-E12 - execução incorrecta do revestimento** e **C-E16 - utilização de materiais de baixa qualidade, inadequados e/ou não certificados ou homologados**, como as mais registadas e que representam 13,6% e 13,4% do total de anomalias identificadas, respectivamente. A primeira (**C-E12**) está directamente relacionada com a anomalia *A-E1 - degradação do revestimento*, especialmente nas caixilharias de ferro / aço e de madeira pelos motivos já apontados na análise ao grupo anterior. A segunda (**C-E16**) destaca-se com 123 atribuições, valor que provém, em parte, da quantidade de vezes que a anomalia *A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro* foi observada.

Dentro deste grupo, são ainda de destacar as causas **C-E4 - colocação incorrecta dos elementos de vedação** e **C-E11 - montagem / instalação incorrecta da caixilharia**, com 62 e 59 registos respectivamente. Estas causas poderão estar associadas à utilização de **mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada (C-E15)**. Contudo, por na generalidade dos casos não se dispor de informação capaz de comprovar esta ilação, optou-se por assinalar esta causa apenas 19 vezes.

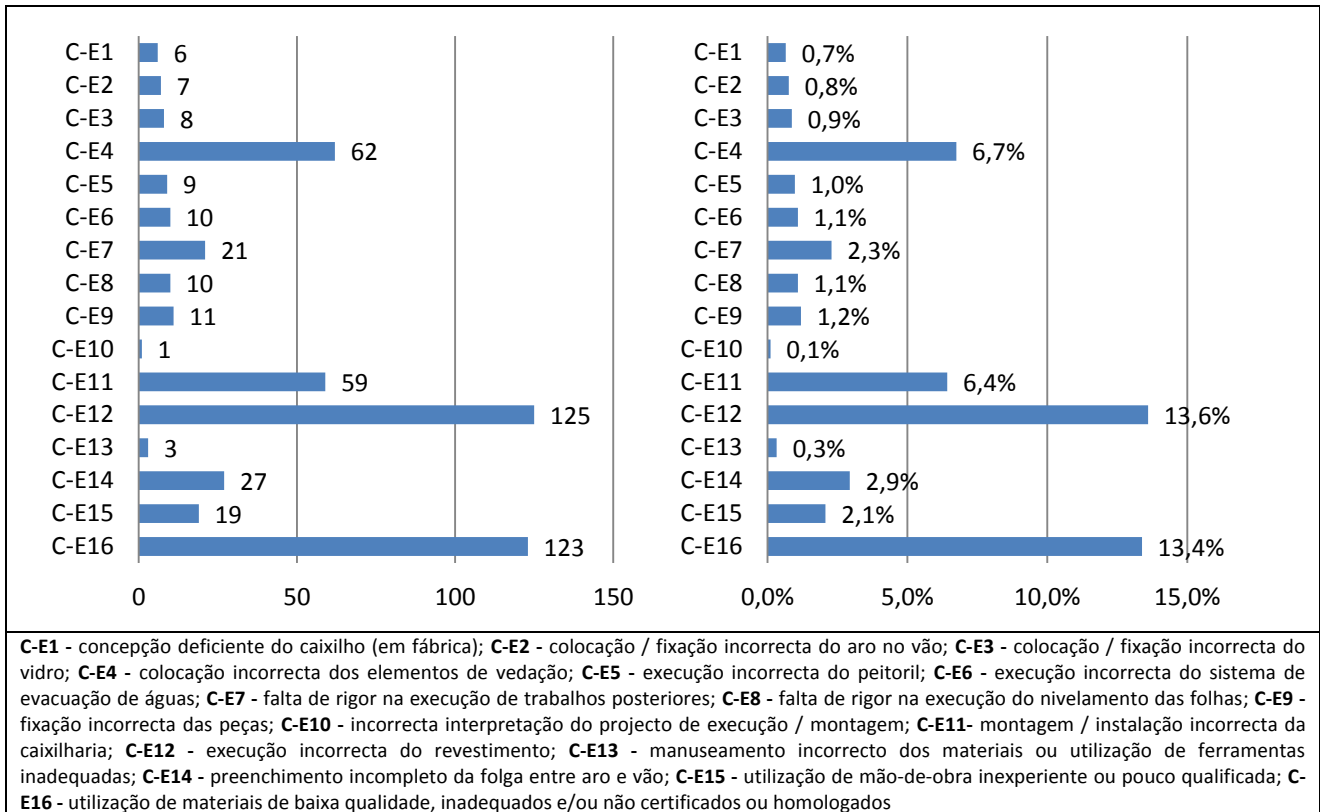


Figura 5.9 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das causas do grupo C-E - erros de execução e montagem

Ainda dentro deste grupo, a causa com menor número de registos é a **C-E10 - incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem**. A razão para este reduzido número prende-se com a dificuldade na avaliação desta causas durante a realização das inspecções, uma vez que se torna muito subjectivo estabelecer que uma determinada anomalia se deveu à incorrecta interpretação do projecto de execução ou montagem, pelo facto de, na grande maioria das inspecções, não existir ou não se dispor deste tipo de projecto, para se efectuar as devidas avaliações.

Apresentam-se, na Figura 5.10, as frequências absolutas e relativas das causas associadas às acções de origem mecânica, grupo de causas que corresponde a 5,6% do total de causas assinaladas.

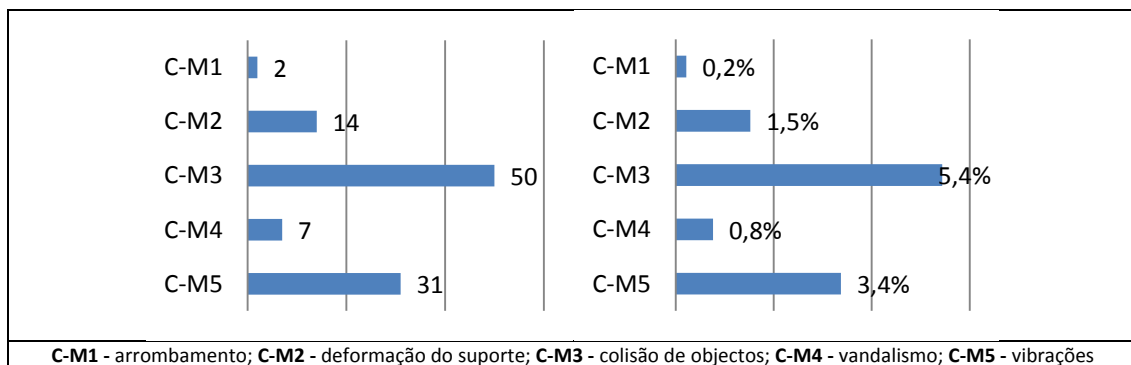


Figura 5.10 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das causas do grupo C-M - acções de origem mecânica

Dentro deste grupo, destacam-se as causas **C-M3 - colisão de objectos** e **C-M5 - vibrações**, como as mais registadas e que representam 5,4 e 3,4% do total de anomalias identificadas, respectivamente. Estas causas estão relacionadas com a anomalia **A-Q1 - vidros quebrados**, sendo que constituem, *ex aequo*, a segunda causa mais frequente desta anomalia.

Já a causa **C-M1 - arrombamento** é a que apresenta menor número de ocorrências. A origem desta baixa frequência estará no facto de as inspeções terem sido realizadas em Unidades Militares, locais de acesso condicionado e de segurança reforçada.

Apresentam-se, na Figura 5.11, as frequências absolutas e relativas das causas associadas às acções de origem ambiental e biológica, grupo de causas que corresponde a 32,7% do total de causas assinaladas.

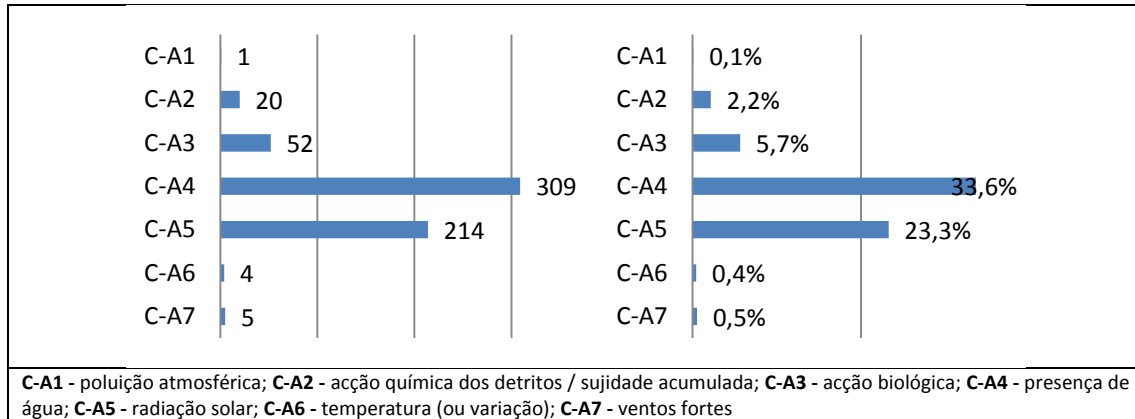


Figura 5.11 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das causas do grupo C-A - acções ambientais e biológicas

Neste grupo, destacam-se as causas **C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve)** e **C-A5 - radiação solar**, com 309 e 214 registos respectivamente. Como referido no Capítulo 3, era expectável que estas acções tivessem um papel preponderante ao nível da degradação dos materiais que constituem as caixilharias. Tal veio a comprovar-se com o trabalho de campo, tendo a **presença de água** sido apontada como uma das principais causas de degradação dos revestimentos (A-E1) e dos materiais dos caixilhos (A-E2), e a radiação solar como principal causa de degradação das massas de vidraceiro e mastiques (A-D1) assim como dos revestimentos (A-E1).

A causa **C-A3 - acção biológica** é a terceira mais assinalada deste grupo e está relacionada principalmente com a anomalia A-E2 - *degradação dos materiais dos caixilhos*, essencialmente quando de madeira, e com a anomalia A-M1 - *acumulação de detritos* (através do desenvolvimento dos microrganismos biológicos tais como bolores e líquenes).

Já a causa **C-A2 - acção química dos detritos / sujidade acumulada** surge apenas com 20 ocorrências, tendo sido a maioria destas relativas à acção de acumulação do salitre na caixilharia, facto observado unicamente em Espinho, por se tratar de uma zona costeira.

Por último, como se pode observar pelos gráficos, as causas **C-A1 - poluição atmosférica**, **C-A6 - temperatura (ou variação)** e **C-A7 - ventos fortes** apresentam um número reduzido de registos. Estes resultados devem-se: no caso da causa **C-A6**, ao facto de as anomalias principais associadas a esta causa (A-C1 - *condensações no exterior dos vidros* e A-C2 - *condensações no interior dos vidros*) apresentarem um número igualmente reduzido de registos; no caso das causas **C-A1** e **C-A7**, ao facto de serem condicionadas pelo tipo de envolvente e posição geográfica dos locais inspeccionados (foi apenas visitado um local com exposição a agentes poluentes alta e dois locais com exposição a uma acção de vento considerável (zona B segundo EC1 - Parte 1.4)). Por estas razões, deve-se considerar a permanência destas causas no sistema classificativo proposto no Capítulo 3, tanto mais que se considera expectável que um número superior e diversificado de inspeções a caixilharias possa incrementar o seu registo.

Por fim, apresentam-se, na Figura 5.12, as frequências absolutas e relativas das causas associadas à utilização e manutenção, grupo de causas que corresponde a 20,6% do total de causas assinaladas.

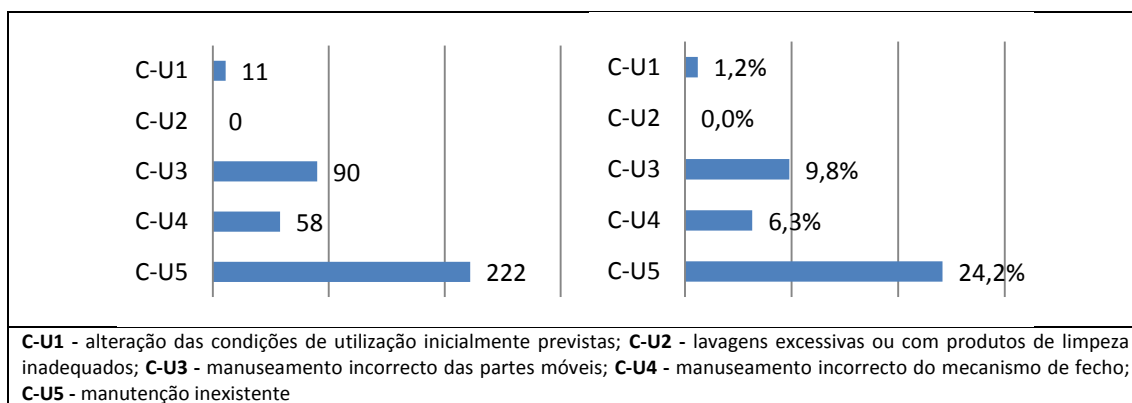


Figura 5.12 - Frequência absoluta (à esquerda) e relativa (à direita) das causas do grupo C-U - erros de utilização e de manutenção

Dentro deste grupo, destaca-se a causa **C-U5 - manutenção inexistente**, assinalada em 24,2% da totalidade das anomalias. De facto, as acções de manutenção, tais como a limpeza de calhas e de rasgos drenantes, a aplicação de óleo nos mecanismos ou o afinamento de dobradiças, têm um grande contributo na redução ou eliminação dos fenómenos patológicos. Contudo, verifica-se que essa manutenção não se faz adequadamente ou com a periodicidade recomendada. A ausência de manutenção foi apontada, no decorrer do trabalho prático, como principal causa da anomalia *A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica* e uma das principais causas das anomalias *A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes* e *A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes*.

Por outro lado, a causa **C-U2 - lavagens excessivas ou com produtos de limpeza inadequados** não registou qualquer ocorrência. Tal facto pode ser entendido, mais uma vez, como reflexo da falta de hábitos de manutenção das caixilharias. Apesar de não ter sido registada nenhuma vez, considera-se que esta causa deve permanecer na classificação proposta no Capítulo 3, crendo-se que possa ter representatividade numa amostra de dimensão superior à que foi analisada nesta dissertação.

5.4.3. Validação do sistema classificativo das técnicas de diagnósticos

De forma semelhante ao realizado para os restantes sistemas classificativos, foi desenvolvida no Capítulo 4 a lista classificativa de técnicas de auxiliares de diagnóstico a caixilharias, exequíveis *in situ* e adequadas ao tipo de problemas mais comuns nestes elementos. Na Figura 5.13, apresenta-se a frequência absoluta de recomendação da realização de cada ensaio, resultando num total de 1517 técnicas sugeridas nas 295 caixilharias, para 919 anomalias, o que resulta em 1,7 métodos de diagnóstico por anomalia.

Em 344 das 919 anomalias identificadas não foi sugerido qualquer ensaio auxiliar, casos essencialmente de anomalias pertencentes aos grupos *A-Q - elementos danificados / quebrados* e *A-M - acumulação de detritos*, por se tratarem, geralmente, de anomalias facilmente detectáveis e diagnosticáveis pela observação visual.

Quanto à Figura 5.13, a primeira conclusão que se retira da sua observação é a de que todas as técnicas de diagnóstico propostas no sistema classificativos são passíveis de serem utilizadas nas caixilharias, visto que foram registadas pelo menos uma vez nas inspeções efectuadas.

O número total de ensaios recomendados (1517) é superior ao número de anomalias visto (919), o que resulta do facto de, em muitas das anomalias detectadas, se justificar a conjugação de vários ensaios para um correcto diagnóstico.

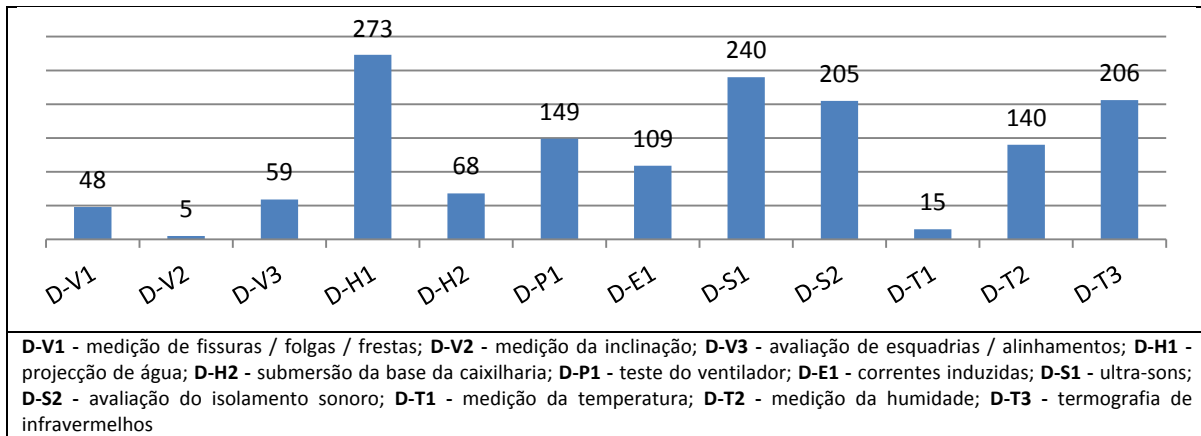


Figura 5.13 - Frequência absoluta das técnicas auxiliares de diagnóstico

Em relação aos valores de frequências, destacam-se, com mais de 200 registos, as técnicas de diagnóstico **D-H1 - projecção de água**, **S2 - avaliação do isolamento sonoro** e **D-T3 - termografia de infravermelhos**, as quais, estando associadas à avaliação do cumprimento dos principais requisitos imputados às caixilharias (estanqueidade à água, desempenho acústico e coeficiente de transmissão térmica, respectivamente), possuem uma maior utilidade em campo na detecção e avaliação de anomalias.

Também com mais de 200 registos, destaca-se ainda a técnica de diagnóstico **D-S1 - ultra-sons**. Esta técnica está, a par da **D-E1 - correntes induzidas**, directamente relacionada com as anomalias *A-E1 - degradação do revestimento* e *A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos*. A menor frequência na recomendação do uso de **correntes induzidas** (D-E1), resulta do facto de ser um método aplicável apenas a materiais metálicos, ao contrário dos ultra-sons, passíveis de serem usados em qualquer dos materiais constituintes das caixilharias inspeccionadas.

Dentro do sistema classificativo apresentado, as técnicas de diagnóstico **D-V2 - medição da inclinação** e **D-T1 - medição da temperatura** são as que possuem menos registos. A primeira (D-V2), em virtude de ter a sua aplicação reduzida à anomalia *A-I1 - infiltrações*, que, como referido em 5.4.1, não se observou directamente durante as inspecções. A segunda (D-T1), por ter o seu uso limitado às anomalias do grupo *A-C - condensações*, cuja representatividade também foi reduzida nas inspecções realizadas.

Considera-se, deste modo, que todas as técnicas de diagnóstico sugeridas são válidas em campo para as inspecções em caixilharias.

5.5. Validação das matrizes de correlação

A realização do trabalho de campo veio permitir, como mencionado, a validação das matrizes de correlação desenvolvidas nos Capítulos 3 e 4 do presente documento, referentes à relação entre anomalias e causas mais prováveis, anomalias e técnicas de diagnóstico e ainda à relação das anomalias entre si.

As matrizes inicialmente propostas foram elaboradas com base na pesquisa bibliográfica relativa às caixilharias e aos materiais que as constituem. A sua validação, após o trabalho de campo, é realizada por comparação com novas matrizes obtidas da análise empírica.

O procedimento de construção das novas matrizes de correlação encontra-se normalizado, tendo sido utilizado por diversos autores de dissertações enquadradas nesta linha de investigação, como Garcez (2009), Sá (2011), Amaro (2011), entre outros.

5.5.1. Matriz de correlação “anomalias - causas mais prováveis”

Durante a realização do trabalho de campo, foram atribuídas relações directas e indirectas às causas que se consideravam mais prováveis para cada anomalia. A validação das matrizes mantém este critério de correlação que pode ser descrito como:

- 0 - se não houver relação entre as variáveis;
- 1 - se houver uma relação indirecta, considerando-se que neste grupo se incluem também as causas directas pouco prováveis;
- 2 - se a causa tiver uma relação directa provável com a anomalia.

Segundo Silvestre (2005), o grau de correlação entre causas e anomalias obtido da amostra (C_{ac}), pode ser calculado a partir dos valores atribuídos no trabalho de campo, recorrendo ao seguinte algoritmo:

$$(f_1 + f_2) \leq \frac{1}{3} \Rightarrow C_{ac} = 0 \quad (5.1)$$

$$(f_2 > f_1) \wedge \left(f_2 > \frac{1}{3}\right) \Rightarrow C_{ac} = 2 \quad (5.2)$$

$$\text{restantes casos} \Rightarrow C_{ac} = 1 \quad (5.3)$$

Após tratamento dos dados, obteve-se a matriz de correlação resultante da análise em campo, a qual apresentou 141 discrepâncias relativamente à matriz teórica, dentro de um total de 675 relações.

O elevado número de discrepâncias pode ser diminuído, uma vez que houve vários casos em que não foi possível comprovar adequadamente a relação entre a anomalia e a sua causa mais provável. É o caso da anomalia **A-C2 - condensações no interior dos vidros**, para a qual, não tendo sido observada nenhuma vez, não se dispôs de informação suficiente para a validação da matriz teórica. Por esta razão, mantêm-se na matriz final os valores inicialmente atribuídos, baseados em pesquisa bibliográfica.

Por outro lado, como referido no subcapítulo de validação da lista classificativa de causas (5.4.2), algumas causas que nunca foram atribuídas ou cuja expressão foi muito baixa, permanecem válidas na lista classificativa e, por esta razão, a sua relação teórica com as anomalias deve ser mantida.

Adicionalmente, devem ser considerados dois tipos de discrepância entre valores teóricos e da amostra:

- discrepância ligeira, quando o valor teórico e o da amostra têm uma diferença de 1; ou seja, uma causa directa na teoria que é indirecta na amostra, por exemplo;
- discrepância total, quando a diferença entre coeficientes de correlação é de 2; ou seja, no caso de uma causa directa na teoria que apresenta uma correlação nula na amostra, ou o inverso.

A comparação entre os valores díspares entre as matrizes teórica e prática é realizada individualmente para todos os casos de discrepância, excepto para certos casos de discrepância ligeira entre valores directos e indirectos que na matriz final não sofreram alterações. Esta análise comparativa encontra-se de forma resumida no Quadro 5.3, onde C_t corresponde ao valor de coeficiente de correlação teórico, C_a corresponde ao coeficiente obtido da amostra em campo e C_f é o coeficiente atribuído à matriz final, após as considerações de validação [adaptado de Amaro (2011)].

No Anexo 5.V, são apresentadas as matrizes de correlação teórica, prática e final, assinalando-se a vermelho os valores discrepantes entre as matrizes teórica e prática e a azul os valores que foram alterados da matriz teórica para a matriz final.

Em síntese, inicialmente foi observado um total de 20,9% de diferenças entre os índices da matriz teórica e a matriz obtida da análise da amostra. Contudo, da análise individual de cada das discrepâncias, resultou uma matriz final com apenas 4,1% de alterações em relação à matriz obtida da pesquisa bibliográfica.

Quadro 5.3 - Análise dos casos de discrepância da relação entre anomalias e causas (1/4)

Anomalia	Causa	C _t	C _a	C _f	Justificação
A-C1 - condensações no exterior dos vidros	C-A6 - temperatura (ou variação)	2	0	2	Embora a causa nunca tenha sido assinalada na amostra, considera-se que deve ser mantida a relação directa
A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro	C-P10 - especificação inadequada das folgas entre aro e folha	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-E2 - colocação / fixação incorrecta do aro no vão	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-E10 - incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-E11 - montagem / instalação incorrecta da caixilharia	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-E14 - preenchimento incompleto da folga entre aro e vão	2	0	2	Apesar de esta causa ter sido assinalada apenas 7 vezes como directa e 6 como indirecta, deve manter-se o grau de correlação directo
	C-U2 - lavagens excessivas ou com produtos de limpeza inadequados	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
A-D2 - desprendimento / ausência de peças (caixilhos / bites / pingadeiras)	C-P5 - concepção incorrecta do suporte	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-P7 - escolha inadequada do perfil, materiais, geometria ou sistema de caixilho em função do	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-P11 - inexistência ou pormenorização incorrecta da pingadeira	2	0	2	Considera-se que a relação deve manter-se directa, apesar de a causa ter sido assinalada apenas 6 vezes como tal, na amostra
	C-E1 - concepção deficiente do caixilho e/ou componentes (em fábrica)	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-E7 - falta de rigor na execução de trabalhos posteriores	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia

Quadro 5.3 - Análise dos casos de discrepância da relação entre anomalias e causas (2/4)

Anomalia	Causa	C _t	C _a	C _f	Justificação
A-D2 - desprendimento / ausência de peças (caixilhos / bites / pingadeiras)	C-E9 - fixação incorrecta das peças	2	0	2	Esta causa foi assinalada como directa por 10 vezes na amostra, pelo que deve ser considerada deste modo
	C-E13 - manuseamento incorrecto dos materiais ou utilização de ferramentas inadequadas	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-E15 - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-E16 - utilização de materiais de baixa qualidade, inadequados e/ou não certificados ou homologados	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-M1 - arrombamento	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-M5 vibrações	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
A-O1 - deformações (distorções / retracções / empenos / dilatações / mossas)	C-P5 - concepção incorrecta do suporte	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-M1 - arrombamento	2	0	2	Embora a causa nunca tenha sido assinalada na amostra, considera-se que deve ser mantida a relação directa
	C-M2 - deformação do suporte	2	0	2	Considera-se que a relação deve manter-se directa, apesar de a causa ter sido assinalada apenas 2 vezes como tal, na amostra
	C-M3 - colisão de objectos	2	0	2	Esta causa foi assinalada como directa por 12 vezes na amostra, pelo que deve ser considerada deste modo
A-F1 - folgas entre aro e vão ou entre aro e folha (excessiva ou insuficiente)	C-P9 - especificação inadequada das folgas entre aro e vão	2	0	1	Esta causa foi assinalada 2 vezes como directa e 2 vezes como Indirecta; logo, considera-se como directa pouco provável
	C-P10 - especificação inadequada das folgas entre aro e folha	2	0	1	Esta causa foi assinalada 2 vezes como directa e 6 vezes como Indirecta; logo, considera-se como indirecta ou directa pouco provável
	C-E11 - montagem / instalação incorrecta da caixilharia	2	0	2	Apesar de esta causa ter sido assinalada apenas 6 vezes como directa, deve manter-se o grau de correlação directo

Quadro 5.3 - Análise dos casos de discrepância da relação entre anomalias e causas (3/4)

Anomalia	Causa	C _t	C _a	C _f	Justificação
A-F2 - juntas abertas / frestas	C-E1 - concepção deficiente do caixilho e/ou componentes (em fábrica)	2	0	1	Esta causa não foi associada nenhuma vez a esta anomalia; entende-se, contudo, que deve ser considerada com directa pouco provável
	C-E4 - colocação incorrecta dos elementos de vedação	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
A-F3 - desnivelamento entre folhas	C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis	2	0	1	Esta causa foi assinalada 1 vez como directa e 1 vez como Indirecta; logo, considera-se como indirecta ou directa pouco provável
	C-U5 - manutenção inexistente	2	0	1	Esta causa foi assinalada 1 vez como directa e 1 vez como Indirecta; logo, considera-se como indirecta ou directa pouco provável
A-Q1 - vidros quebrados	C-M1 - arrombamento	2	0	2	Embora a causa nunca tenha sido assinalada na amostra, considera-se que deve ser mantida a relação directa
	C-M2 - deformação do suporte	2	0	2	Apesar de esta causa ter sido assinalada apenas 3 vezes como directa, deve manter-se o grau de correlação directo
	C-M3 - colisão de objectos	2	0	2	Esta causa foi assinalada como directa por 15 vezes na amostra, pelo que deve ser considerada deste modo
	C-M5 vibrações	1	0	2	Esta causa foi assinalada como directa por 15 vezes na amostra, pelo que se altera o grau de correlação para 2
A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes	C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis	2	0	2	Apesar de esta causa ter sido assinalada apenas 3 vezes como directa, deve manter-se o grau de correlação directo
A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes	C-P12 - pontos de fecho insuficientes ou mal distribuídos	2	0	2	Esta causa foi assinalada como directa por 24 vezes na amostra, pelo que deve ser considerada deste modo
	C-E16 - utilização de materiais de baixa qualidade, inadequados e/ou não certificados ou homologados	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-M1 - arrombamento	2	0	2	Esta causa foi assinalada apenas 1 vez como directa e 1 vez como Indirecta; entende-se, contudo, que deve ser mantida a relação directa

Quadro 5.3 - Análise dos casos de discrepância da relação entre anomalias e causas (4/4)

Anomalia	Causa	C _t	C _a	C _f	Justificação
A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica	C-P1 - concepção / pormenorização incorrecta do sistema de evacuação de águas	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-P2 - concepção / pormenorização incorrecto do peitoril	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-E5 - execução incorrecta do peitoril	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-E6 - execução incorrecta do sistema de evacuação de águas	1	0	0	Esta causa nunca foi assinalada na amostra e aparenta não ter relação com a anomalia
	C-E7 - falta de rigor na execução de trabalhos posteriores	1	0	2	Esta causa foi assinalada 6 vez como directa e 3 vez como Indirecta; alterando-se, por isso, a relação para directa
A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos	C-A3 - acção biológica	2	0	2	Esta causa foi assinalada como directa por 24 vezes na amostra, pelo que deve ser considerada deste modo
	C-A5 - radiação solar	2	0	2	Esta causa foi assinalada como directa por 8 vezes na amostra, pelo que deve ser considerada deste modo
A-I1 - infiltrações	C-P1 - concepção / pormenorização incorrecta do sistema de evacuação de águas	2	0	2	Apesar de esta causa ter sido assinalada apenas 7 vezes como directa, deve manter-se o grau de correlação directo
	C-P2 - concepção / pormenorização incorrecto do peitoril	2	0	2	Esta causa foi assinalada apenas 2 vezes como directa e 1 vez como Indirecta; entende-se, contudo, que deve ser mantida a relação directa
	C-E5 - execução incorrecta do peitoril	2	0	2	Apesar de esta causa ter sido assinalada apenas 3 vezes como directa, deve manter-se o grau de correlação directo
	C-E6 - execução incorrecta do sistema de evacuação de águas	2	0	2	Esta causa foi assinalada como directa por 10 vezes na amostra, pelo que deve ser considerada deste modo

5.5.2. Matriz de correlação “inter-anomalias”

As alterações à matriz de correlação “anomalias - causas mais prováveis”, decorrentes das inspecções realizadas, forçaram também à actualização da matriz de correlação “inter-anomalias” e à obtenção de novos índices de correlação percentuais, $Cl_{\%}$ entre anomalias.

Deste modo, foi elaborada uma tabela de dupla entrada (Quadro 5.4) em que se apresenta na linha superior a matriz teórica final (após as alterações individuais realizadas no subcapítulo anterior) e, na linha imediatamente sob esta, a frequência relativa de ocorrência das anomalias entre si nas 295 caixilharias inspeccionadas.

De acordo com a diferença percentual entre os índices de correlação, os resultados encontram-se assinalados por cores representativas dessas diferenças [adaptado de Silvestre (2005)]:

- a branco, quando a diferença é menor ou igual a 10%;
- a verde, quando a diferença é maior do que 10% e menor do que 25%;
- a amarelo, quando a diferença é maior ou igual a 25% e menor do que 50%;
- a vermelho, quando a diferença é maior ou igual a 50%.

Pela análise do quadro e das cores representativas do grau de ajustamento, verifica-se que o ajuste é muito bom (diferença menor ou igual a 10%) em 42% dos casos, sendo bom (diferença entre 10 e 25%) em 30% dos casos, razoável (diferença entre 25 e 50%) em 19% dos casos e só menos de 9% dos casos apresentam um mau ajuste (diferença maior que 50%).

É também observável que, para a não desprezável percentagem de casos de ajuste razoável e mau, contribuíram, principalmente, as anomalias **A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro**, **A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica** e **A-E1 - degradação do revestimento**. Estas, em conjunto, representam 6% dos 9% de casos de mau ajustamento e 9% dos 19% dos casos de ajustamento razoável. Na origem desta situação, estará o facto de, como referido no subcapítulo **5.4.1. Validação do sistema classificativo das anomalias**, estas serem as anomalias com maior número de ocorrências na amostra. Por outras palavras, observa-se, na prática, a sua coincidência com outras anomalias, sem que, em teoria, tal signifique efectivamente a existência de correlação em igual valor percentual.

Apesar do referido, considera-se a matriz de correlação “inter-anomalias” final válida e adequada aos casos em que se pretende estimar a probabilidade de ocorrência simultânea das várias anomalias em caixilharias, sendo que não se irão corrigir valores para um melhor ajuste uma vez que tal implicaria a alteração da matriz correlação “anomalia - causas mais prováveis” validada no subcapítulo anterior.

5.5.3. Matriz de correlação “anomalias - técnicas de diagnóstico”

A validação da matriz de correlação “anomalias - técnicas de diagnóstico” teórica, criada no **Capítulo 4 - Técnicas de diagnóstico** deste documento, tem por base a taxa de recomendação de cada técnica para cada anomalia, relativamente à totalidade de ocorrências dessa mesma anomalia. Por outras palavras, analisou-se se a relação entre técnicas de diagnóstico é alta, média / baixa, ou nula.

Como referido, a matriz de correlação “anomalias- técnicas de diagnóstico” teórica fez-se com base na atribuição de coeficientes de correlação, sendo o índice 2 indicador de uma relação alta ou um diagnóstico directo da anomalia, o valor 1 relativo a uma relação média ou baixa ou, um diagnóstico indirecto da anomalia (como por exemplo a projecção de água sobre folgas ou frestas, avaliando se estas comprometem ou não a estanqueidade da caixilharia), e ainda o valor 0 nos casos em que a relação entre a técnica e a anomalia aparenta ser nula

A validação resulta da comparação da taxa verificada em campo com o valor teórico assumido. Deste modo, apresenta-se uma tabela de dupla entrada (Quadro 5.5) encontrando-se na linha superior o índice de correlação teórico do método com a anomalia e, na linha imediatamente sob esta, a percentagem de casos em que determinado método foi associado à anomalia em causa.

Quadro 5.4 - Comparação entre as matrizes de correlação "inter-anomalias" teórica final (linha superior) e da amostra (linha inferior)

	A-C1	A-C2	A-D1	A-D2	A-O1	A-F1	A-F2	A-F3	A-Q1	A-Q2	A-Q3	A-M1	A-E1	A-E2	A-I1
A-C1		50%	0%	0%	14%	29%	0%	0%	14%	14%	14%	14%	36%	36%	29%
		0%	50%	13%	25%	0%	0%	0%	13%	0%	25%	75%	63%	13%	0%
A-C2	44%		19%	0%	19%	19%	19%	6%	6%	13%	25%	6%	19%	31%	13%
	0%		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
A-D1	0%	13%		4%	4%	25%	4%	8%	0%	17%	8%	8%	25%	17%	21%
	2%	0%		10%	13%	12%	9%	2%	22%	11%	35%	44%	73%	37%	22%
A-D2	0%	0%	5%		41%	18%	27%	14%	23%	23%	14%	0%	9%	5%	27%
	3%	0%	50%		13%	19%	0%	6%	34%	9%	28%	19%	38%	19%	19%
A-O1	6%	8%	3%	25%		17%	22%	25%	53%	28%	28%	6%	11%	8%	17%
	5%	0%	50%	9%		14%	14%	5%	2%	11%	27%	43%	55%	25%	11%
A-F1	18%	14%	27%	18%	27%		27%	18%	14%	14%	18%	5%	9%	9%	41%
	0%	0%	91%	27%	27%		5%	9%	14%	18%	50%	27%	73%	32%	50%
A-F2	0%	19%	6%	38%	50%	38%		38%	25%	25%	44%	0%	0%	6%	13%
	0%	0%	65%	0%	26%	4%		4%	17%	4%	17%	30%	70%	39%	43%
A-F3	0%	5%	9%	14%	41%	18%	27%		27%	45%	41%	9%	5%	0%	9%
	0%	0%	30%	20%	20%	10%			0%	10%	20%	60%	20%	10%	20%
A-Q1	7%	3%	0%	17%	63%	10%	13%	20%		20%	20%	7%	10%	7%	20%
	2%	0%	67%	20%	2%	6%	7%	0%		17%	43%	35%	69%	46%	24%
A-Q2	8%	8%	17%	21%	42%	13%	17%	42%	25%		33%	21%	17%	8%	21%
	0%	0%	51%	9%	14%	11%	3%	3%	26%		40%	40%	57%	29%	23%
A-Q3	7%	14%	7%	11%	36%	14%	25%	32%	21%	29%		11%	14%	14%	14%
	2%	0%	59%	9%	12%	11%	4%	2%	23%	14%		45%	52%	20%	14%
A-M1	14%	7%	14%	0%	14%	7%	0%	14%	14%	36%	21%		57%	36%	14%
	4%	0%	51%	4%	13%	4%	5%	4%	13%	10%	32%		42%	23%	12%
A-E1	16%	9%	19%	6%	13%	6%	0%	3%	9%	13%	13%	25%		50%	16%
	3%	0%	73%	7%	15%	10%	10%	1%	23%	12%	31%	37%		46%	23%
A-E2	19%	19%	15%	4%	12%	8%	4%	0%	8%	8%	15%	19%	62%		19%
	1%	0%	80%	8%	14%	9%	12%	1%	33%	13%	26%	42%	100%		39%
A-I1	10%	5%	13%	15%	15%	23%	5%	5%	15%	13%	10%	5%	13%	13%	
	0%	0%	82%	13%	11%	24%	22%	4%	29%	18%	31%	38%	82%	67%	

matriz teórica (após ajustes) muito bom (diferença ≤ 10%) bom (diferença > 10% e < 25%)
 razoável (diferença ≥ 25% e < 50%) mau (diferença ≥ 50%)

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; **A-C2** - condensações no interior dos vidros; **A-D1** - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; **A-D2** - desprendimento / ausência de peças; **A-O1** - deformações; **A-F1** - folgas entre aro e vão ou entre aro folha; **A-F2** - juntas abertas / frestas; **A-F3** - desnivelamento entre folhas; **A-Q1** - vidros quebrados; **A-Q2** - dobradiças danificadas ou ausentes; **A-Q3** - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; **A-M1** - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; **A-E1** - degradação do revestimento; **A-E2** - degradação dos materiais dos caixilhos; **A-I1** - infiltrações

De forma a visualizar o ajuste entre a previsão teórica e o resultado das inspeções, dividiram-se os resultados por cores representativas do grau de ajustamento [adaptado de Silvestre (2005)]:

- a branco - concordância: $2 \geq 33\%$; $17\% \leq 1 \leq 50\%$; $0 \leq 17\%$;
- a amarelo - discrepância ligeira: $17\% \leq 2 < 33\%$; $1 > 50\%$ ou $1 < 17\%$; $17\% < 0 \leq 33\%$
- a vermelho - discrepância total: $2 < 17\%$; $0 > 33\%$.

Inicialmente, a maioria dos casos apresentou concordância mas o número de discrepâncias (ligeira ou total) ainda foi considerável. De facto, em aproximadamente 2% dos resultados, foi observada discrepância total e em 24% concluiu-se que existiria uma discrepância ligeira entre a teoria e a prática. Por essa razão, no Quadro 5.6, apresenta-se uma análise justificativa caso a caso, semelhante à realizada no Quadro 5.3 para a relação entre anomalias e causas mais prováveis.

Quadro 5.5 - Comparação da matriz de correlação "anomalias - técnicas de diagnóstico" teórica (linha superior) e a recomendação de cada técnica para cada anomalia no trabalho de campo (linha inferior)

	D-V1	D-V2	D-V3	D-H1	D-H2	D-P1	D-E1	D-S1	D-S2	D-T1	D-T2	D-T3
A-C1	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	2 88%	2 88%	0 0%
A-C2	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	2 0%	2 0%	1 0%
A-D1	1 0%	0 0%	0 0%	1 96%	1 18%	1 65%	0 0%	0 0%	1 91%	1 0%	1 0%	1 91%
A-D2	1 0%	0 0%	1 3%	1 69%	1 19%	1 19%	0 0%	0 0%	1 28%	0 0%	0 0%	1 28%
A-O1	1 11%	0 0%	2 70%	1 18%	1 0%	1 11%	0 0%	0 0%	1 16%	1 0%	1 18%	1 16%
A-F1	2 82%	0 0%	1 41%	2 73%	1 27%	1 45%	0 0%	0 0%	2 68%	0 0%	0 5%	2 73%
A-F2	2 100%	0 0%	1 17%	2 87%	1 9%	1 57%	0 0%	0 0%	2 83%	0 0%	0 0%	2 74%
A-F3	1 20%	0 0%	2 60%	1 10%	0 0%	1 10%	0 0%	0 0%	1 10%	0 0%	0 0%	1 10%
A-Q1	0 0%	0 0%	1 0%	0 0%	0 0%	1 0%	0 0%	0 0%	0 0%	1 0%	0 0%	1 2%
A-Q2	0 0%	0 0%	1 11%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%
A-Q3	0 0%	0 0%	1 4%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%
A-M1	0 0%	1 1%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	1 5%	1 5%	0 0%
A-E1	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	2 46%	2 100%	0 0%	1 0%	1 38%	0 0%
A-E2	0 0%	0 0%	0 0%	0 7%	0 0%	0 5%	2 43%	2 100%	0 4%	0 0%	2 70%	0 5%
A-I1	1 0%	1 9%	1 0%	2 96%	2 53%	1 4%	0 0%	0 0%	1 2%	0 0%	1 0%	1 2%

	matriz teórica
	concordância: $2 \geq 33\%$; $17\% \leq 1 \leq 50\%$; $0 \leq 17\%$
	discrepância ligeira: $17\% \leq 2 < 33\%$; $1 > 50\%$ ou $1 < 17\%$; $17\% < 0 \leq 33\%$
	discrepância total: $2 < 17\%$; $0 > 33\%$
	alterações

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; **A-C2** - condensações no interior dos vidros; **A-D1** - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; **A-D2** - desprendimento / ausência de peças; **A-O1** - deformações; **A-F1** - folgas entre aro e vão ou entre aro e folha; **A-F2** - juntas abertas / frestas; **A-F3** - desnivelamento entre folhas; **A-Q1** - vidros quebrados; **A-Q2** - dobradiças danificadas ou ausentes; **A-Q3** - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; **A-M1** - acumulação de detritos / sujeira / colonização biológica; **A-E1** - degradação do revestimento / acabamento; **A-E2** - degradação dos materiais dos caixilhos; **A-I1** - infiltrações

D-V1 - medição de fissuras / folgas / frestas; **D-V2** - medição da inclinação (do peitoril); **D-V3** - avaliação de esquadrias / alinhamentos; **D-H1** - projecção de água; **D-H2** - submersão da base da caixilharia; **D-P1** - teste do ventilador; **D-E1** - correntes induzidas; **D-S1** - ultra-sons; **D-S2** - avaliação do isolamento sonoro; **D-T1** - medição da temperatura; **D-T2** - medição da humidade; **D-T3** - termografia de infravermelhos

O Quadro 5.6 possui uma coluna para o valor do coeficiente atribuído com base na pesquisa bibliográfica, o qual se traduz no coeficiente C_t . A taxa de recomendação de cada ensaio para cada anomalia relativamente ao número de observações dessa anomalia encontra-se na coluna seguinte, representada pelo coeficiente t e, finalmente, ao coeficiente C_f atribui-se a correlação final entre as variáveis em questão, devidamente justificada [adaptado de Amaro (2011)].

Coerentemente com as análises realizadas nos subcapítulos anteriores, opta-se por não alterar os valores teóricos de correlação da anomalia **A-C2 - condensações no interior dos vidros** uma vez que não

foram recolhidos dados em campo suficientes para uma correcta validação das técnicas de diagnóstico auxiliares para estes casos.

À semelhança da análise das relações entre anomalias e causas mais prováveis, não constam do Quadro 5.6 as análises de discrepância ligeira para as quais se optou por manter o valor teórico. No total, foram feitas 10 alterações à matriz de correlação teórica, o que representa 6% das relações entre anomalias e técnicas de diagnóstico.

Quadro 5.6 - Análise dos casos de discrepância da relação entre anomalias e técnicas de diagnóstico

Anomalia	Técnica de diagnóstico	Ct	t	Cf	Justificação
A-D2 - desprendimento / ausência de peças (caixilhos / bites / pingadeiras)	D-H1 - projecção de água	0	69%	1	Em 22 casos de A-D2 , considerou-se a realização da projecção de água como uma técnica de diagnóstico indirecta (índice 1), pelo que se lhe atribui um coeficiente de correlação unitário
	D-H2 - submersão dos caixilhos	0	19%	1	Em 6 casos de A-D2 , considerou-se a realização da submersão dos caixilhos como uma técnica de diagnóstico indirecta (índice 1), pelo que se lhe atribui um coeficiente de correlação unitário
	D-P1 - teste do ventilador	0	19%	1	Em 6 casos de A-D1 , considerou-se a realização do teste do ventilador como uma técnica de diagnóstico indirecto (índice 1), pelo que se lhe atribui um coeficiente de relação unitário
	D-S2 - avaliação do isolamento sonoro	0	28%	1	Em 9 casos de A-D1 , considerou-se a avaliação do isolamento sonoro como uma técnica de diagnóstico indirecta (índice 1), pelo que se lhe atribui um coeficiente de correlação unitário
	D-T1 - medição da temperatura	1	0%	0	A medição da temperatura não se revelou uma técnica adequada durante o trabalho de campo ao diagnóstico desta anomalia, considerando-se que a relação é nula
	D-T2 - medição da humidade	1	0%	0	A medição da humidade não se revelou uma técnica adequada durante o trabalho de campo ao diagnóstico desta anomalia, considerando-se que a relação é nula
	D-T3 - termografia de infravermelhos	0	28%	1	A termografia de infravermelhos não se revelou uma técnica adequada durante o trabalho de campo ao diagnóstico desta anomalia, considerando-se que a relação é nula
A-F3 - desnivelamento entre folhas	D-V1 - medição de fissuras / folgas / frestas	2	20%	1	Verificaram-se poucos casos de desnivelamento entre folhas que justificassem a medição rigorosa de fissuras / folgas / frestas, pelo que se considera a relação baixa
A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos	D-T1 - medição da temperatura	1	0%	0	A medição da temperatura não se revelou uma técnica adequada durante o trabalho de campo ao diagnóstico desta anomalia, considerando-se que a relação é nula
	D-T2 - medição da humidade	1	70%	2	A medição da humidade revelou-se uma técnica bastante requisitada para o diagnóstico da anomalia A-E2 . Uma vez que a relação é alta, considera-se um coeficiente de correlação 2

A matriz apresentada no Capítulo 4 já inclui as alterações realizadas, devidamente assinaladas.

Fruto das alterações efectuadas, a percentagem de discrepância total diminuiu para 1% enquanto a percentagem de discrepância ligeira baixou para 21%.

De referir que, na origem dos casos de discrepância total, está a anomalia **A-C2 - condensações no interior dos vidros**, por não ter sido observada e possível de correcta validação das suas técnicas de diagnóstico. Já a considerável percentagem de discrepâncias ligeiras resulta, essencialmente, do facto de técnicas tidas com secundárias para o diagnóstico de determinadas anomalias apresentarem uma taxa de recomendação superior a 50% para essa mesma anomalia. É exemplo a projecção de água (**D-H1**), recomendada em 57% dos casos da anomalia **A-F3 - juntas abertas**, não para o seu diagnóstico directo mas para avaliar se esta compromete ou não a estanqueidade da caixilharia.

5.6. Análise estatística

No subcapítulo 5.4, realizou-se a validação dos diferentes sistemas classificativos que haviam sido propostos nos Capítulos 3 e 4, através da análise das frequências, absolutas e relativas, das anomalias, causas e técnicas de diagnóstico, na totalidade das caixilharias inspeccionadas. Em complemento a essa informação, apresenta-se neste capítulo uma análise estatística dos restantes dados recolhidos.

5.6.1. Comparação dos resultados com os observados em estudos anteriores

No Capítulo 3, foram apresentados, na Figura 3.1, os dados recolhidos pelo Professor Doutor Romeu Vicente, relativos à inspeção de 1021 caixilharias, na Baixa de Coimbra.

Na Figura 5.14, são apresentados os resultados recolhidos pelo estudo mencionado, relativos às anomalias observadas em caixilharias, os quais correspondem à probabilidade de cada anomalia ser observada numa caixilharia.

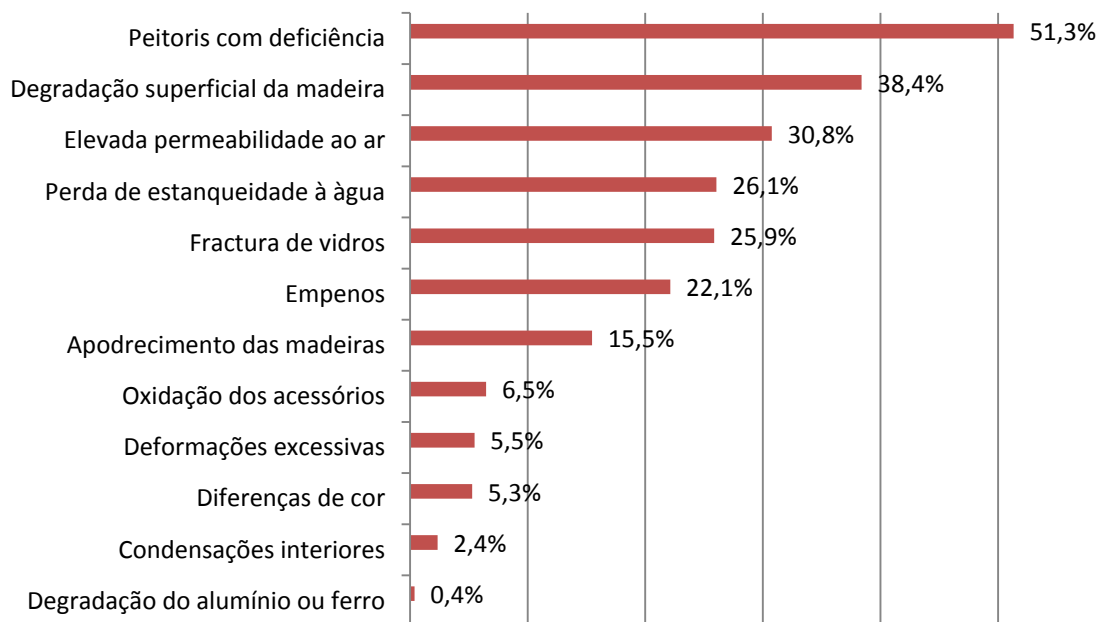


Figura 5.14 - Probabilidade de ocorrência de cada anomalia numa caixilharia [adaptado de Ramos (2009)]

No estudo realizado, foram utilizados diferentes critérios de avaliação. Ainda assim, é possível identificar algumas afinidades com os dados recolhidos na elaboração desta dissertação.

É exemplo a anomalia **A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos** do sistema classificativo aqui proposto, com uma taxa de ocorrência de 25,8%, que, embora com algumas reservas, pode ser comparada à soma das anomalias **apodrecimento das madeiras** e **degradação do alumínio ou ferro**, identificadas em (15,5% + 0,4% = 15,9%) das vezes no referido estudo.

Também a anomalia **A-O1 - deformações** (14,9%) pode ser comparada à soma das frequências obtidas para as anomalias **empenos** e **deformações excessivas** (22,1% + 5,5% = 27,6%).

É ainda de salientar a proximidade entre as frequências observadas quanto às **condensações**, identificadas em 2,7% dos casos no trabalho de campo realizado no âmbito desta dissertação e em 2,4% das caixilharias inspeccionadas no referido estudo.

Contudo, pela observação e comparação das Figuras 5.7 e 5.14, é perceptível a existência de significativas discrepâncias. Na origem desta situação estarão diferentes factos, tais como:

- ter-se utilizado, na presente dissertação, uma amostra mais diversificada quanto aos materiais das caixilharias (ferro, madeira, alumínio e PVC), ao invés do estudo apresentado por Ramos (2009), em que se inspeccionaram, sobretudo, caixilharias de madeira;
- ter-se utilizado uma amostra mais diversificada quanto às condicionantes atmosféricas, tendo-se observado caixilharias em diferentes distritos do país, enquanto o referido estudo se resumiu à Baixa de Coimbra;
- ter-se inspeccionado apenas caixilharias com uma ou mais deficiências, enquanto no mencionado estudo se observaram todas as caixilharias.

5.6.2. Frequência observada das anomalias

Na Figura 5.15, apresenta-se a percentagem de ocorrência de cada uma das anomalias, na amostra total de anomalias verificadas, sendo mais uma vez observável que as anomalias **A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro**, **A-E1 - degradação do revestimento** e **A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica** são as que apresentam uma maior probabilidade de serem identificadas nas inspeções a caixilharias, pelas razões referidas em 5.4.1.

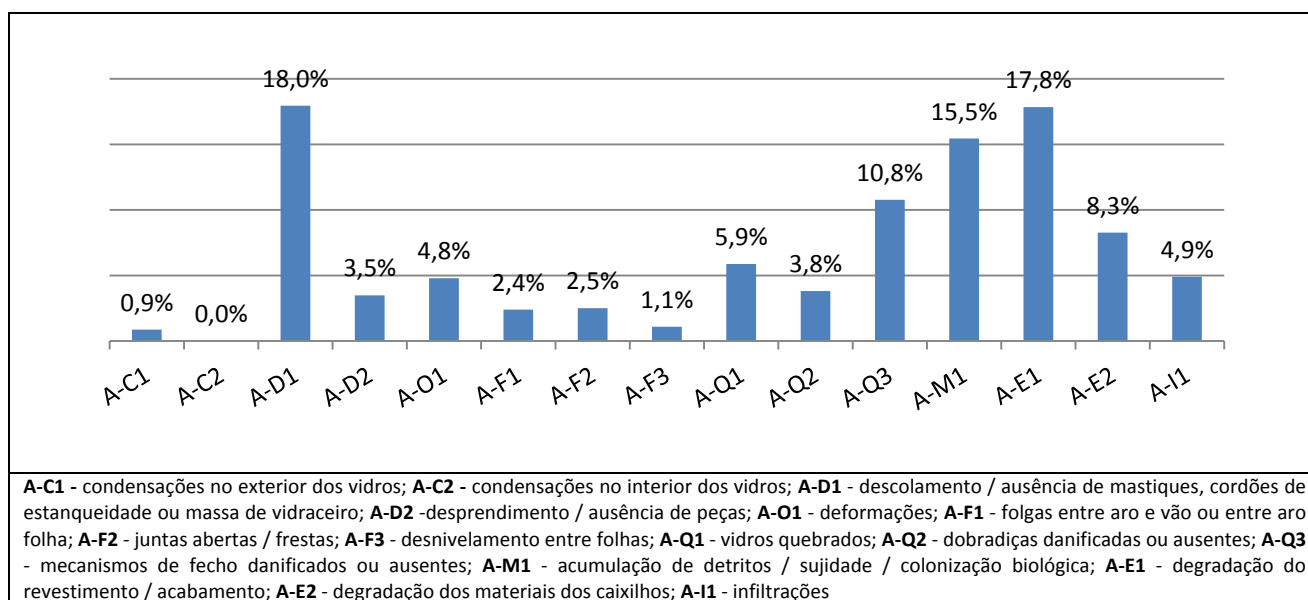


Figura 5.15 - Contribuição relativa de cada anomalia na amostra total

A mesma informação é exposta na Figura 5.16, agrupando a contribuição de cada anomalia no respectivo grupo classificativo, apresentando-se assim a quota de cada um dos grupos na totalidade das anomalias registadas.

É possível observar-se que, em termos percentuais, se destacam 4 grupos de anomalias: o das anomalias causadas pelos modos de **degradação dos materiais**, cuja soma ultrapassa 26,1% das anomalias

verificadas; o relativo ao **descolamento / desprendimento** de componentes que representa 21,4% dos casos verificados; o respeitante aos **elementos partidos / danificados** que contribui com 20,5% de observações; e o relativo à **acumulação de detritos / sujidade**, com 15,5% dos casos.

Pelo contrário, destacam-se pela reduzida percentagem de verificações os grupos das **condensações, deformações, folgas / frestas e infiltrações**, cujas observações variam entre 0,9% e 6,0% do total de anomalias verificadas.

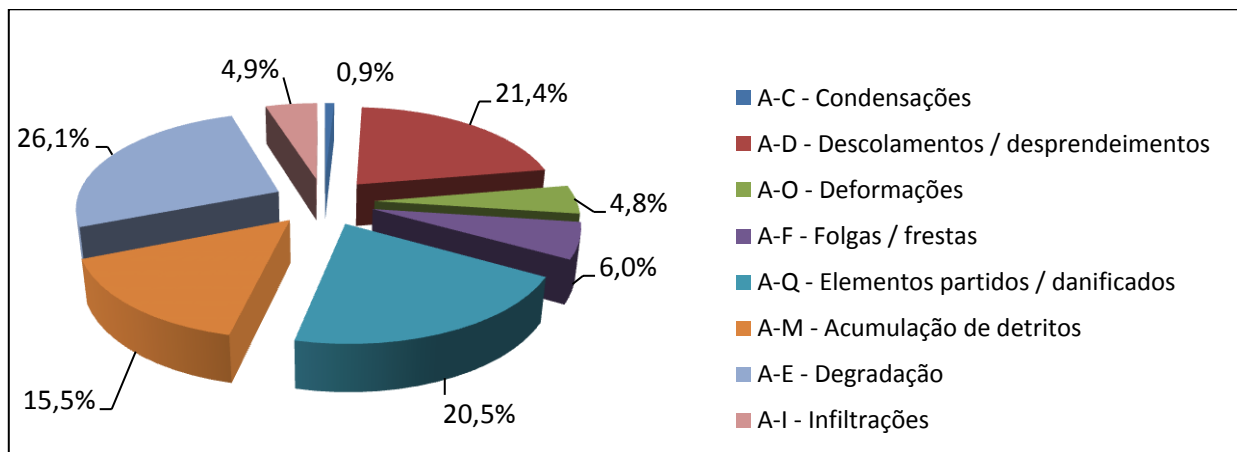


Figura 5.16 - Contribuição de cada grupo classificativo na totalidade de anomalias observadas

Apesar das reduzidas percentagens deste segundo conjunto de grupos de anomalias, encontram-se entre estes, algumas das anomalias com mais alta propensão a comprometer requisitos exigidos às caixilharias, nomeadamente a anomalia **A-I1 - infiltrações** que, como observável na Figura 5.17, em cerca de 80% das vezes em que é observada, reúne condições para que seja classificada com o nível máximo de gravidade / urgência de reparação.

Na Figura 5.17, apresentam-se os dados recolhidos em campo relativamente ao nível de urgência de cada anomalia determinado em função de sintomas verificados, os quais se encontram descritos individualmente em cada ficha de anomalia.

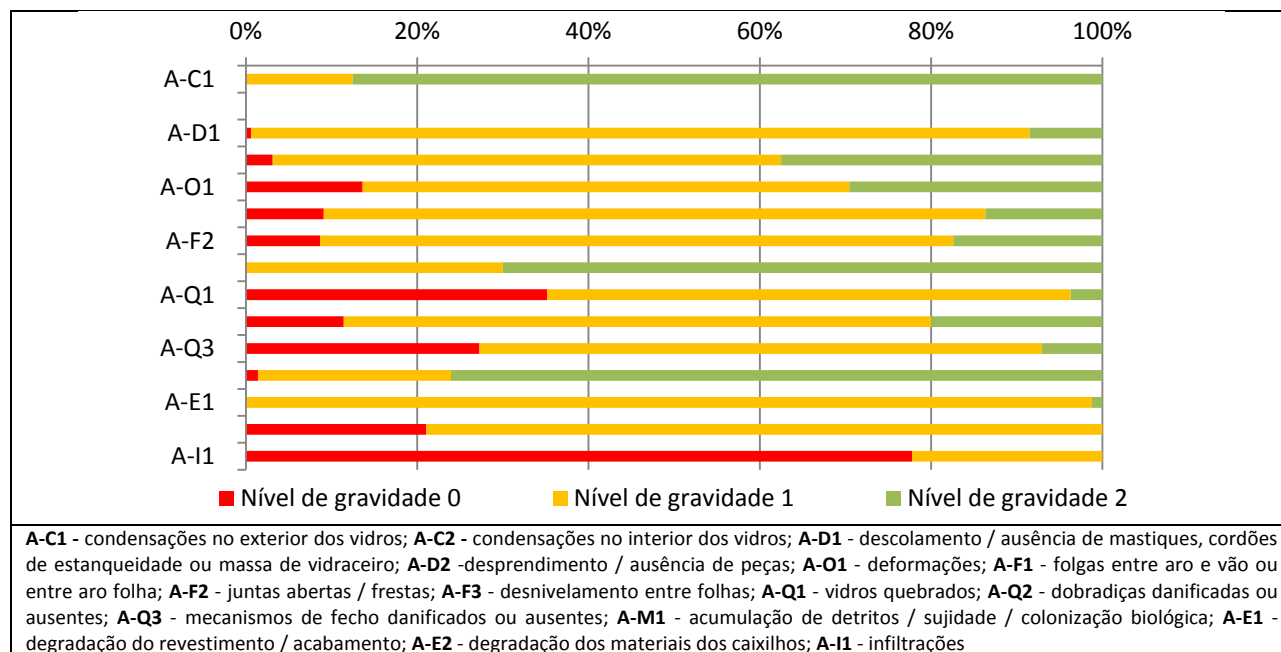


Figura 5.17 - Níveis de urgência de intervenção atribuídos às anomalias da amostra

De uma forma geral, a atribuição de um valor 2 representa um nível muito baixo, sem necessidade de intervenção, o nível 1 representa uma necessidade de monitorizar o desenvolvimento da anomalia e perspectivar uma intervenção a longo prazo (1 ano aproximadamente) e o valor 0, mais grave, é atribuído aos casos em que se considera que a intervenção deve ser realizada num curto espaço de tempo (cerca de 6 meses).

A análise por tipo de anomalia da Figura 5.17 permite concluir que, como referido, em cerca de 80% dos casos, as caixilharias com a anomalia **A-I1 - infiltrações** necessitam de uma intervenção num curto espaço de tempo, sob pena de se permitir o contacto da água infiltrada com materiais por ela degradáveis.

Da mesma forma, também a anomalia **A-Q1 - vidros quebrados** torna as caixilharias merecedoras de intervenção, sendo exigida em mais de 90% dos casos que esta se faça no prazo de 6 meses ou de 1 ano, sob pena de comprometer a estanqueidade da caixilharia e/ou a segurança de transeuntes.

Ainda com mais de um quinto dos casos identificados com o nível de gravidade 0, surgem as anomalias **A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes** e **A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos**. A primeira advém dos casos em que é comprometida a segurança à intrusão e a segunda quando existam condições de progressão da anomalia e/ou esta implique a ocorrência de infiltrações abundantes.

Nas restantes anomalias, a recomendação de intervenção num curto espaço de tempo não ultrapassa 20%. Contudo, é de assinalar que, no caso das anomalias **A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro**, **A-D2 -desprendimento / ausência de peças**, **A-O1 - deformações**, **A-F1 - folgas entre aro e vão ou entre aro folha**, **A-F2 - juntas abertas / frestas**, **A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes** e **A-E1 - degradação do revestimento**, o nível de gravidade / urgência de reparação é igual a 1 (intervenção no prazo de 1 ano, aproximadamente) em mais de 50% das ocorrências.

Já as anomalias **A-C1 - condensações no exterior dos vidros**, **A-F3 - desnivelamento entre folhas** e **A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica** apresentam, na maioria dos casos, um diagnóstico de monitorização (nível de gravidade 2).

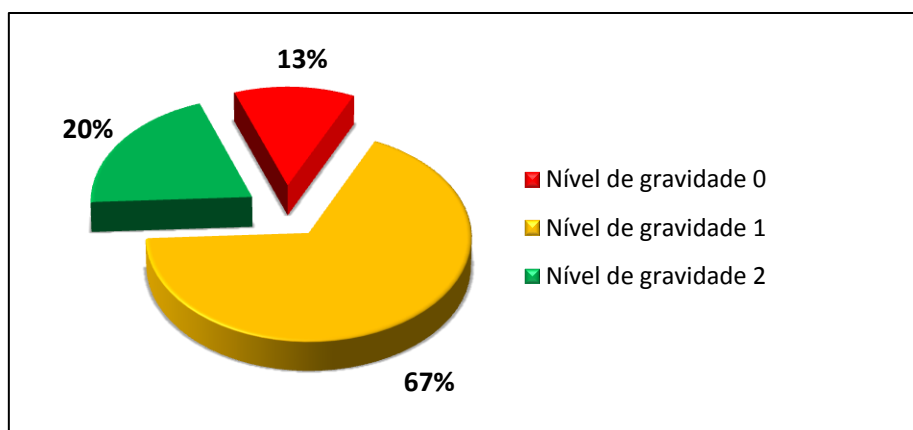


Figura 5.18 - Nível de gravidade / urgência do total de anomalias da amostra

Como observável na Figura 5.18, no total, o nível de gravidade 1 foi o mais vezes registado (67%), já o nível de gravidade que exige intervenção imediata (nível de gravidade 0) é o que apresenta menor número de registos.

5.6.3. Frequência observada das anomalias por material

O sistema classificativo de anomalias, causas associadas e respectivas técnicas de diagnóstico que se propõe neste documento teve como objecto de aplicação as caixilharias de forma genérica, ou seja,

independentemente do material que as constitui. Interessa, contudo, avaliar a aplicabilidade desta ferramenta, de forma diferenciada, aos principais tipos de caixilharias instaladas no parque edificado nacional.

Relativamente à análise entre o número de anomalias e o tipo de caixilharias onde estas ocorrem, apresenta-se na Figura 5.19 a média das anomalias registadas nos vários tipos de caixilharias inspeccionadas. A média de anomalias foi calculada dividindo o número total de anomalias em cada tipo de caixilharias pelo número total de caixilharias desse tipo na amostra.

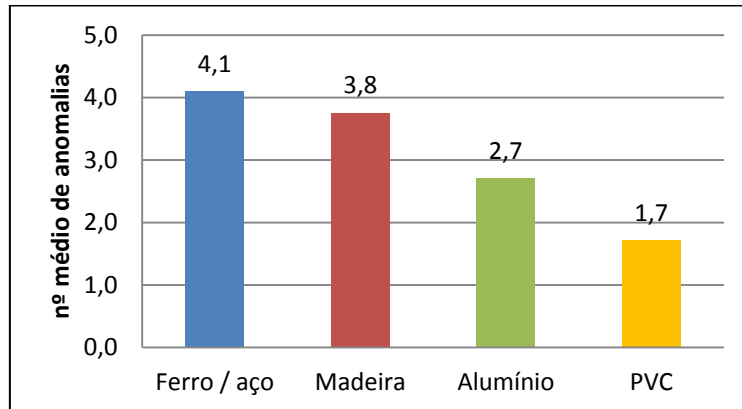


Figura 5.19 - Média de anomalias registadas nos diferentes tipos de caixilharias inspeccionadas

Assim, por observação do gráfico, verifica-se que as caixilharias de ferro / aço, seguidas das de madeira, são as que, em média, apresentam maior número de anomalias. Por outro lado, as caixilharias de alumínio e PVC são as que registam menor número de anomalias, sendo a média inferior a 3 anomalias por caixilharia no caso das de alumínio e inferior a 2 no caso das de PVC.

A explicação para esta observação estará num conjunto de factores, de que se destacam:

- o facto de, como observável na Figura 5.20, as caixilharias de alumínio e as de PVC inspeccionadas serem, em média, mais recentes do que as de ferro / aço e as de madeira; por outras palavras, é ao parâmetro idade (cuja análise se apresentará no subcapítulo **5.6.6 Contribuição de outros parâmetros para o desenvolvimento de anomalias**) a que se deve parte significativa da diferença, entre os materiais, quanto aos valores médios de ocorrência de anomalias;
- associado ao parâmetro idade, o facto de as caixilharias de alumínio e PVC inspeccionadas terem sido produzidas em fábrica, tendo a sua qualidade sido controlada; pelo contrário, muitas das caixilharias de ferro / aço e de madeira inspeccionadas foram feitas por carpinteiros ou ferreiros locais;
- o facto de as caixilharias de alumínio e de PVC, fruto da evolução tecnológica que caracteriza os materiais de construção, serem naturalmente, à partida, menos propícias ao desenvolvimento de anomalias do que os tipos de caixilharias que as precederam.

De modo a melhor compreender os resultados apresentados na Figura 5.19, são apresentadas nas Figuras 5.21 e 5.22, as frequências de ocorrência das várias anomalias para cada um dos tipos de caixilharias.

Pela observação da Figura 5.21, retira-se que, quer nas caixilharias de ferro / aço, quer nas de madeira, as anomalias que ocorrem com maior frequência são a **A-E1 - degradação do revestimento** e a **A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro**.

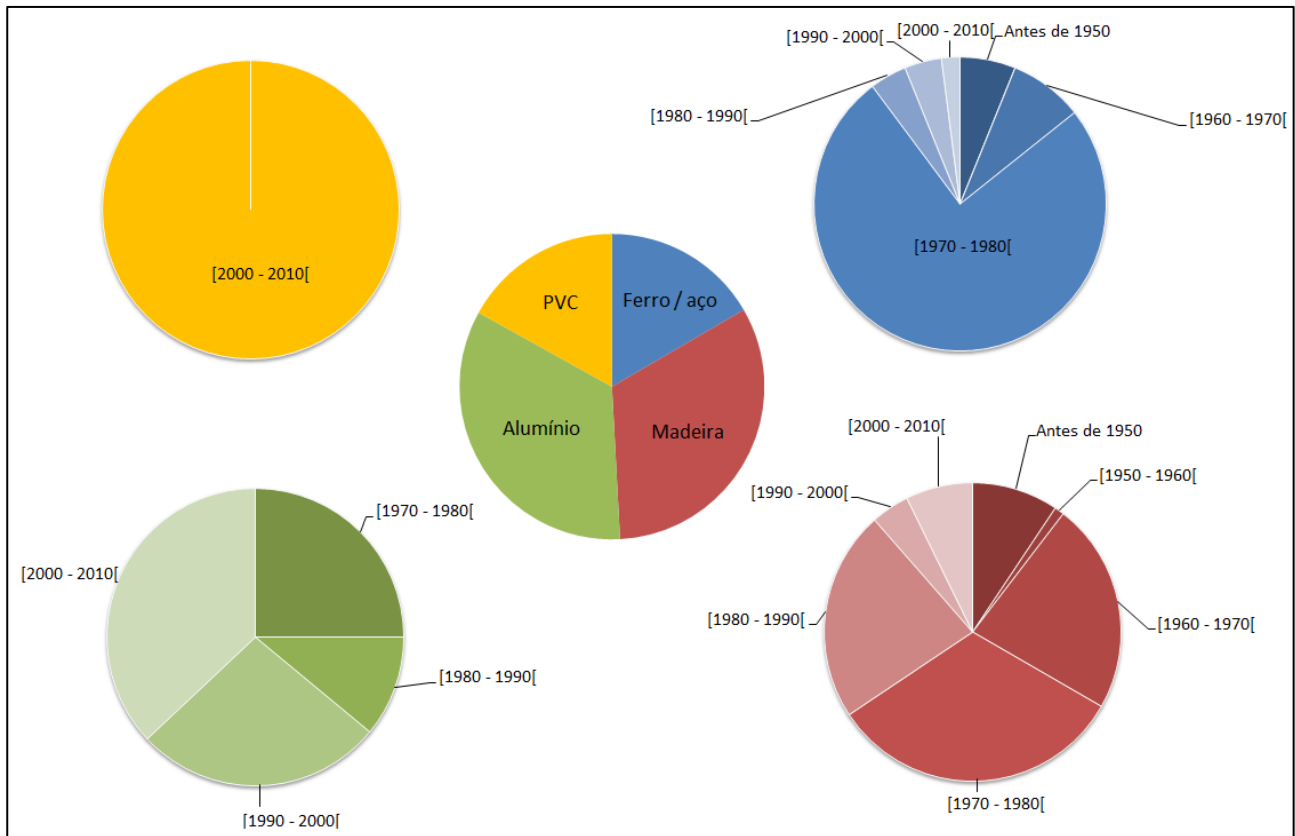


Figura 5.20 - Distribuição relativa dos tipos de caixilharias da amostra e, dentro destes, das respectivas datas de aplicação

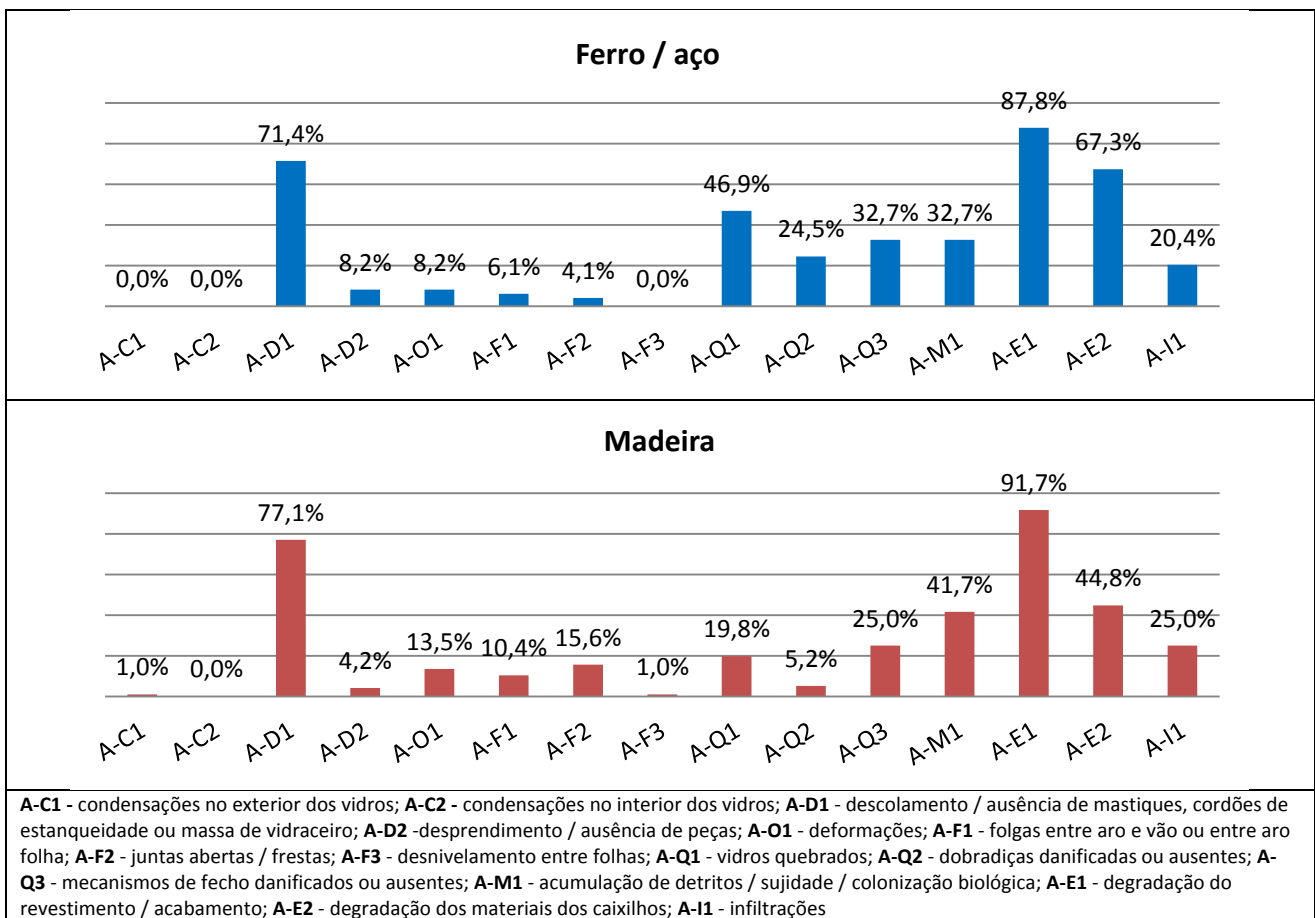


Figura 5.21 - Frequência de ocorrência das anomalias registadas em caixilharias de ferro /aço e madeira

Na origem da degradação do revestimento / acabamento, estará sobretudo a utilização de revestimentos de baixa qualidade ou inadequados face às acções ambientais agressivas a que as caixilharias são sujeitas (C-E16), ou ainda à sua incorrecta execução (C-E12), uma vez que a pintura ou repintura deste tipo de caixilharias é, frequentemente, executada recorrendo a mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada (C-E15).

Também a anomalia **A-D1** surge por causas semelhantes. De facto, verificou-se que, quer nas caixilharias de ferro / aço, quer nas de madeira, era comum fazer-se a vedação recorrendo a massa de vidraceiro, material rudimentar, geralmente de baixa qualidade e com grande propensão à degradação.

A terceira anomalia mais verificada nestes tipos de caixilharia foi a degradação dos materiais dos caixilhos (A-E1) que, no caso das caixilharias de ferro / aço acontece na forma de corrosão e, no caso das caixilharias de madeira, sob a forma de apodrecimento. Foi, em ambos os casos, apontada como principal causa a **C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve)**.

À semelhança do observado em Figura 5.7, o grupo de anomalias menos observado foi o das **condensações (A-C)**, pelos motivos referidos.

Quanto às caixilharias de alumínio e PVC, como observável pela comparação entre as Figuras 5.21 e 5.22, verificam-se diferenças significativas entre estas e as de ferro ou madeira ao nível da distribuição das frequências de ocorrência das anomalias.

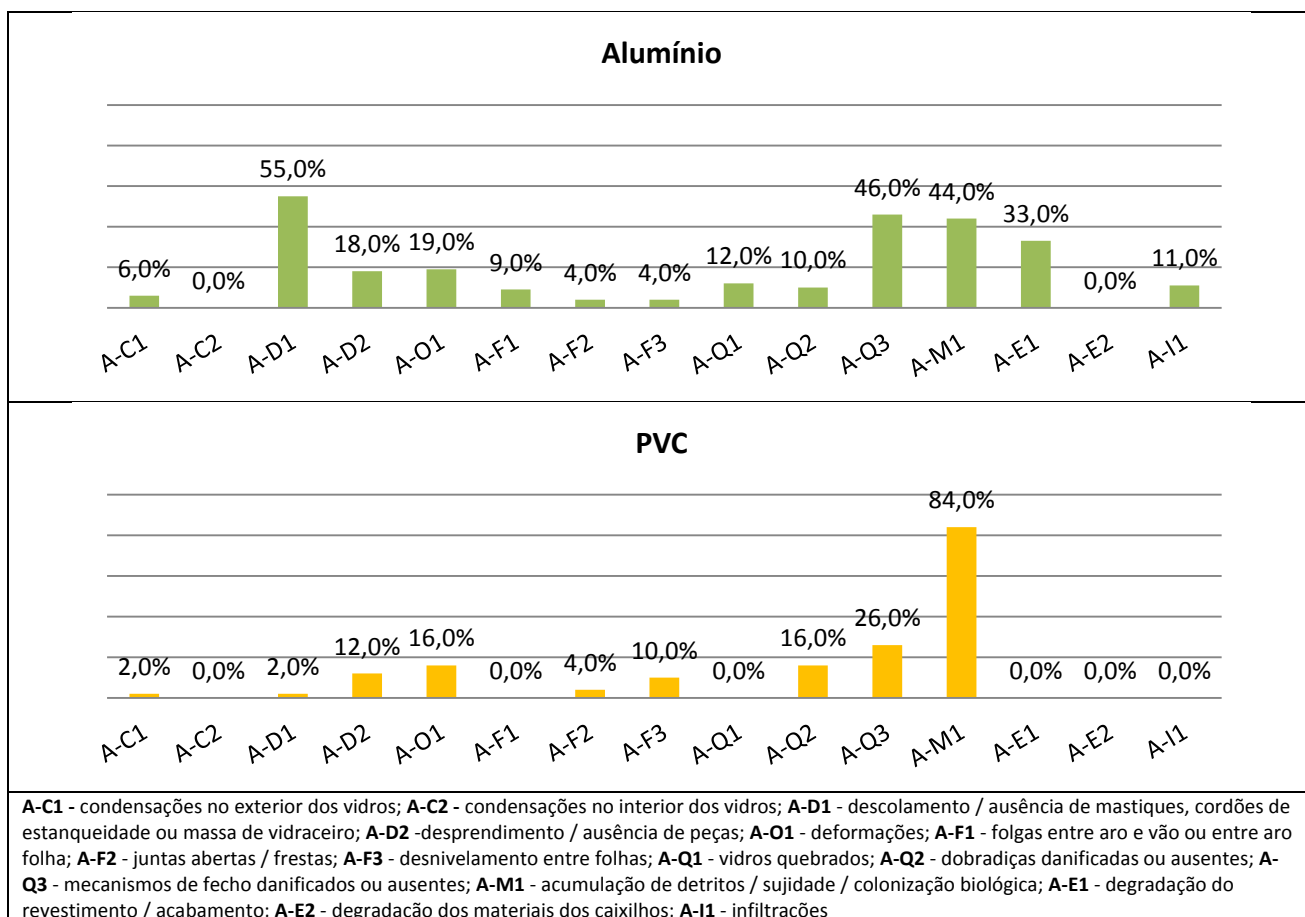


Figura 5.22 - Frequência de ocorrência das anomalias registadas em caixilharias de alumínio e PVC

No caso do alumínio, destacam-se como aquelas com mais ocorrências as anomalias **A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade**, **A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes** e **A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica**, com taxas de ocorrência de 55,0, 46,0 e 44,0% respectivamente.

No caso das caixilharias de alumínio, a anomalia **A-D1** está associada, por um lado, à utilização de mastiques de baixa qualidade ou incorrectamente aplicados e, por outro, à colocação incorrecta, ou de forma incompleta, dos cordões de estanqueidade nas juntas dos vidros.

Já as anomalias **A-M1** e **A-Q3** devem-se, sobretudo, à ausência de manutenção.

Também no caso do PVC, as anomalias **A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica**, com uma taxa de 84,0%, e **A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes**, com uma taxa de 26,0%, encontram-se no topo das anomalias com mais ocorrências.

Também no caso do alumínio e do PVC, à semelhança do referido para os outros tipos de caixilharia, o grupo de anomalias menos observado foi o das **condensações (A-C)**.

No caso do PVC, é ainda de salientar o facto de, apesar de teoricamente expectável (ver subcapítulo 3.1.3.2.), não se terem observado quaisquer indícios de degradação (grupo A-E), tais como amarelecimento, perda de transparência, aparecimento de riscos, corrosão localizada ou erosão. A contribuir para este facto estará a contemporaneidade das caixilharias de PVC inspeccionadas, cujo exemplar mais antigo datava do ano de 2000. Nesse sentido, justificar-se-iam inspecções futuras às caixilharias examinadas, por forma a monitorizar e temporizar os processos de degradação associados a este material.

Relativamente ao nível de urgência de reparação, apresenta-se na Figura 5.17 a repartição dos índices atribuídos por cada um dos tipos de caixilharias.

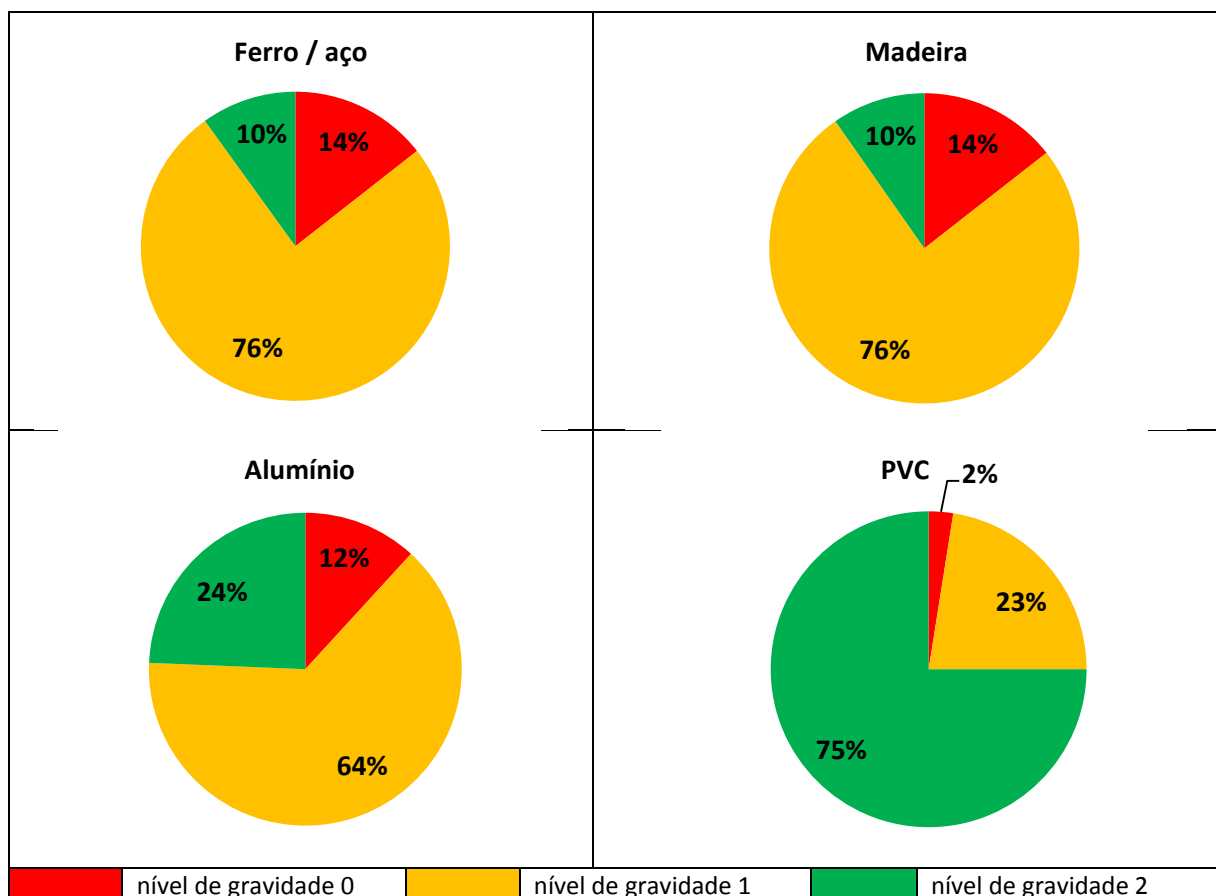


Figura 5.23 - Nível de gravidade / urgência do total de anomalias de cada um dos tipos de caixilharias

Torna-se evidente, pela observação da figura anterior (Figura 5.23), a homogeneidade, relativamente ao nível de gravidade / urgência de reparação, entre as anomalias das caixilharias de ferro / aço e de madeira, distinguidas em 90% das ocorrências com nível de gravidade / urgência de reparação

igual a 1 (intervenção no prazo de 1 ano, aproximadamente) ou igual a 0 (intervenção no prazo de 6 meses, aproximadamente).

Já as caixilharias de alumínio apresentam uma distribuição classificativa das anomalias menos gravosa face às anteriores, sendo distinguidas em menos de 80% dos casos com o nível de gravidade 0 ou 1.

Por último, as caixilharias de PVC, como expectável face ao peso da anomalia **A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica** no número total de anomalias observadas, são aquelas em que se registaram anomalias menos graves ou de urgente reparação, sendo em 75% distinguidas com o nível de gravidade 2 (sem necessidade de intervenção).

5.6.4. Contribuição das causas para as anomalias

No subcapítulo 5.4.2, foi validada a lista classificativa de causas mais prováveis das anomalias e foram retiradas conclusões sobre as frequências de cada causa na origem da totalidade das anomalias observadas. Em complemento a essa informação, pretende-se, com este subcapítulo, acrescentar informação a essas conclusões, nomeadamente identificar os grupos de causas que mais contribuem para a ocorrência de anomalias e avaliar as causas que estão na origem de cada anomalia individualmente.

Na Figura 5.24, apresenta-se a influência de cada grupo de causas na totalidade de causas apontadas na amostra.

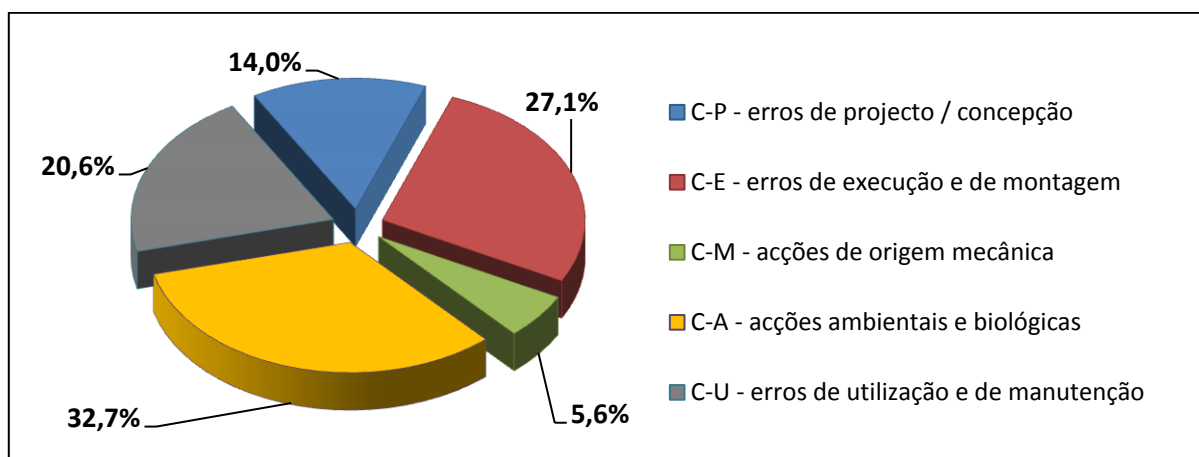


Figura 5.24 - Contribuição relativa de cada grupo de causas para a ocorrência de anomalias

Como seria expectável, uma vez que as caixilharias, dado o seu papel de “interface” entre o exterior e o interior dos edifícios, estão directamente expostas aos agentes atmosféricos, o grupo **C-A - acções ambientais e biológicas** surge como aquele que mais contribui para a ocorrência de anomalias em caixilharias.

Já o grupo de causas **C-E - erros de execução e de montagem** é o segundo mais assinalado, transpondo à condição específica das caixilharias um dos presentes problemas no sector da construção, que consiste na falta de qualificação da mão-de-obra e que, por sua vez, se reflecte na falta de qualidade dos trabalhos executados.

Segue-se o grupo das causas **C-U - erros de utilização e manutenção**, como o terceiro grupo mais assinalado e com uma contribuição que excede os 20% do total de causas registadas. Este resultado deixa bem evidente o papel que o utilizador detém no desenvolvimento de anomalias em caixilharias.

Por sua vez, o grupo **C-P - erros de projecto / concepção** apresenta uma percentagem ligeiramente aquém do expectável comparativamente às causas de anomalias apontadas à construção de uma forma geral (ver 3.5.1. Erros de projecto). Contudo, deve-se ter em consideração que o estudo apresentado na

Figura 3.24 demonstra resultados para a construção de forma generalizada e as caixilharias, em específico, tratando-se de um elemento construtivo directamente exposto aos agentes atmosféricos e alvo de manuseamento rotineiro, possuem uma sensibilidade particular às causas relacionadas com as **acções ambientais (C-A)** e de **utilização e manutenção (C-U)**. Adicionalmente, como mencionado, as causas de projecto / concepção são de difícil avaliação, nomeadamente por na generalidade dos casos não se dispor dos projectos de execução, para se efectuar as devidas apreciações.

Embora sendo aquele com menor representatividade, é de salientar o grupo de causas **A-M - acções de origem mecânica**, com uma contribuição de 5,6% no total das causas registadas, principalmente devido às causas C-M3 - colisão de objectos e C-M5 - vibrações.

Em complemento ao até agora referido, apresentam-se, nas figuras seguintes (Figuras 5.25, 5.26, 5.27, 5.28, 5.29 e 5.30), as frequências relativas das causas mais prováveis que estão na origem de cada anomalia individualmente.

Na Figura 5.25, onde se encontram discriminadas as causas que se considerou estarem na origem da anomalia **A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro**, destacam-se a causa **C-E16 - utilização de materiais de baixa qualidade, inadequados e/ou não certificados ou homologados**, seguida da **C-A5 - radiação solar** e **C-E4 - colocação incorrecta dos elementos de vedação**.

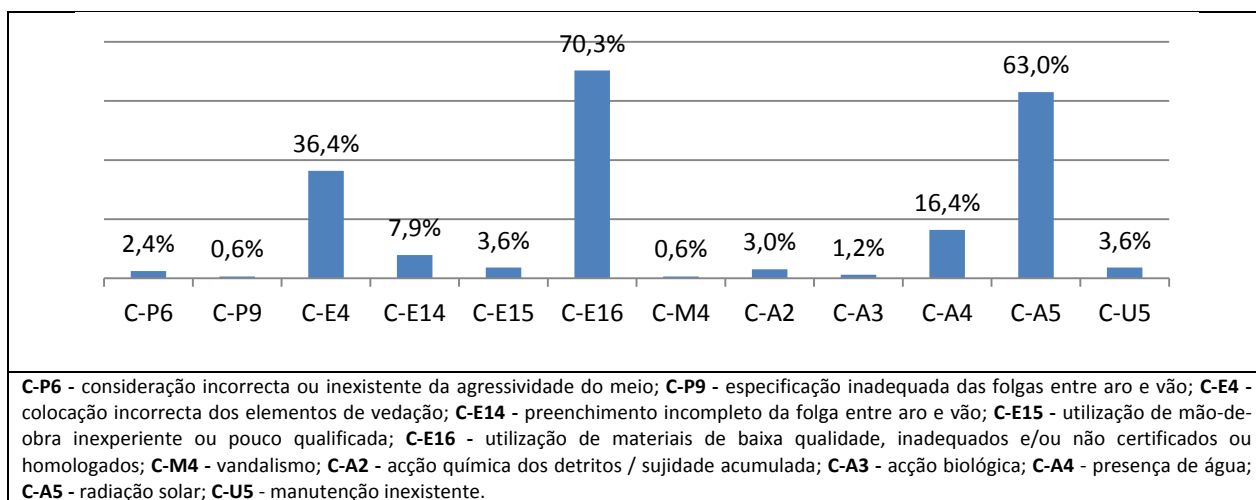


Figura 5.25 - Contribuição das causas para a anomalia A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro

A anomalia A-D1 registou-se, como referido, sobretudo em caixilharias de ferro / aço e de madeira pelo motivo de, nestes tipos de caixilharias, se recorrer vulgarmente à massa de vidraceiro como vedante. Este material verificou-se, em campo, ser frequentemente de baixa qualidade ou inadequado (**C-E16**) face às acções ambientais a que é submetido, nomeadamente quando exposto à radiação solar (**C-A5**), o que justifica os resultados obtidos.

Por outro lado, também a causa **C-E4 - colocação incorrecta dos elementos de vedação** surge, de forma considerável, associada à anomalia em questão. Esta causa poderá, por si só, provocar a anomalia ou, de forma indirecta, estimular o seu desenvolvimento pela actuação de outras causas, verificando-se, frequentemente, um aumento da propensão dos mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro à deterioração devido à sua incorrecta aplicação.

A segunda anomalia mais registada foi a anomalia **A-E1 - degradação do revestimento / acabamento**, apresentando-se a frequência das suas causas na Figura 5.26. Neste caso, foram apontadas como principais origens da anomalia as causas **C-P8 - escolha / preparação / espessura incorrecta do revestimento**, **C-E12 - execução incorrecta do revestimento**, **C-A4 - presença de água** e a **C-A5 - radiação**

solar. Na generalidade dos casos, as duas primeiras (C-P8 e CE12) foram registadas como causas indirectas (ou primeiras) e as duas últimas (C-A4 e C-E12) como directas (ou próximas). Por outras palavras, apesar da anomalia se dever, em última instância, à presença de água e à radiação solar, o processo só se desencadeou porque a estas causas se precedeu uma escolha, preparação ou execução incorrecta do revestimento.

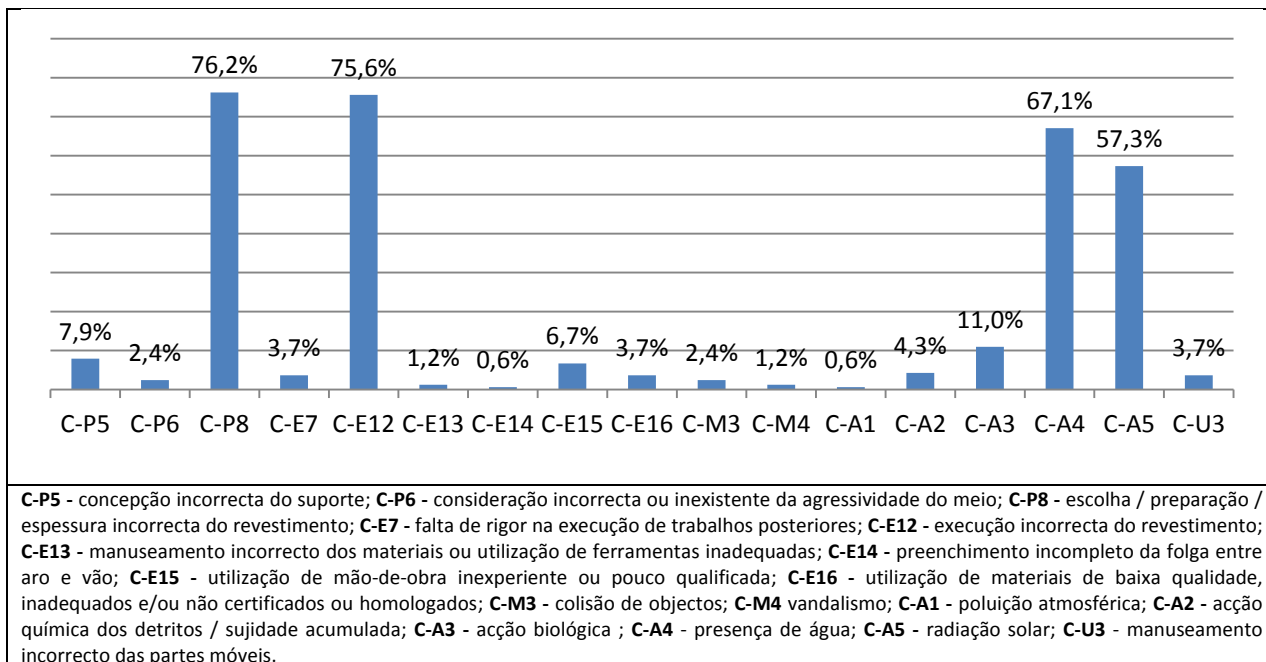


Figura 5.26 - Contribuição da causa para a anomalia A-E1 - degradação do revestimento / acabamento

A anomalia que se segue em termos de frequência de ocorrência (com um total de 142 casos) é a **A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica**, apresentando-se a frequência das suas causas na Figura 5.27. Neste caso, como expectável, o factor que mais se considerou estar na origem da anomalia foi a ausência de manutenção (C-U5). Salienta-se ainda o facto de a causa **C-A4 - presença de água** apresentar uma taxa de 11,3%, aludindo à parte da sujidade com origem na colonização biológica.

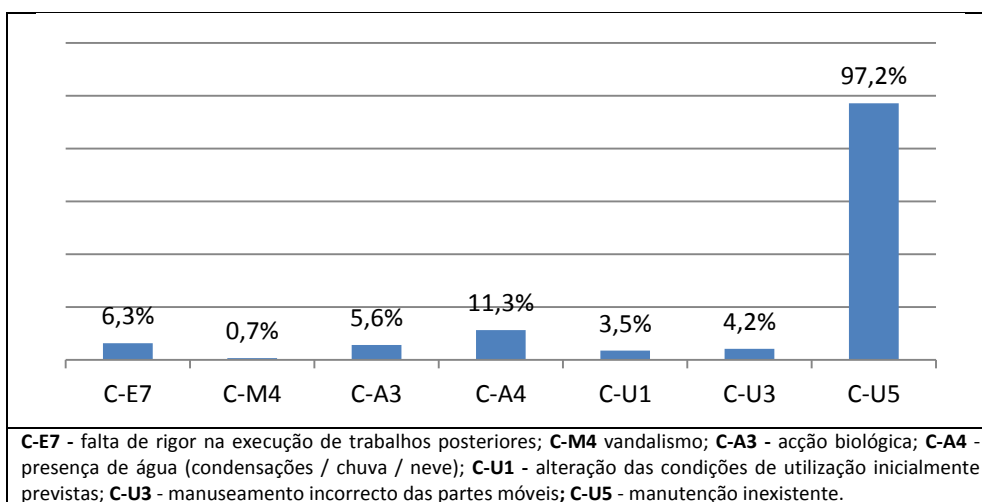


Figura 5.27 - Contribuição das causas para a anomalia A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica

Registada 76 vezes (33 em caixilharias de ferro / aço e 43 em caixilharias de madeira), encontra-se a anomalia **A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos**, apresentando-se a frequência das suas causas na Figura 5.26. Neste caso, a anomalia apenas se verificou nas caixilharias de ferro / aço e de madeira. É

contudo expectável, pelo referido no subcapítulo **3.4.7.2 Degradação dos materiais**, que um número superior e diversificado de inspecções possa estender o registo desta anomalia às caixilharias e alumínio e PVC.

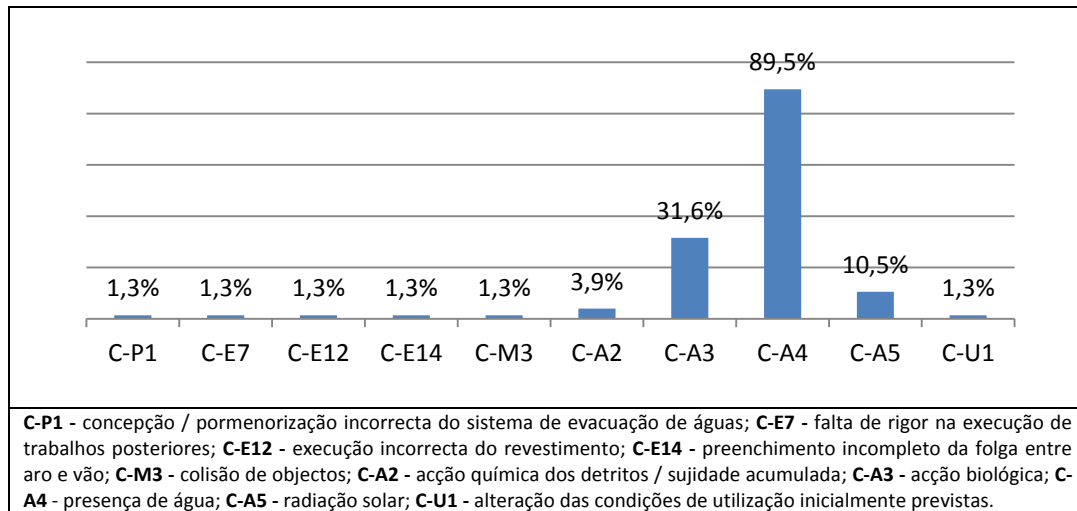


Figura 5.28 - Contribuição das causas para a anomalia A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos

Quanto às causas registadas, como seria de esperar, as frequências observadas espelham os principais agentes de degradação dos materiais em causa (enumerados no subcapítulo **3.4.7.2**) que, no caso da caixilharia de ferro / aço, são fundamentalmente a presença de água (C-A4) e a presença de oxigénio, enquanto nas caixilharias de madeira são essencialmente os agentes atmosféricos (C-A4 - presença de água e a C-A3 - radiação solar) e os agentes biológicos (C-A3).

A anomalia que se segue, quanto ao número de observações, é a **A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes**, identificada em 99 inspecções da amostra, assinalando-se um total de 172 causas com a distribuição relativa que se apresenta na Figura 5.29.

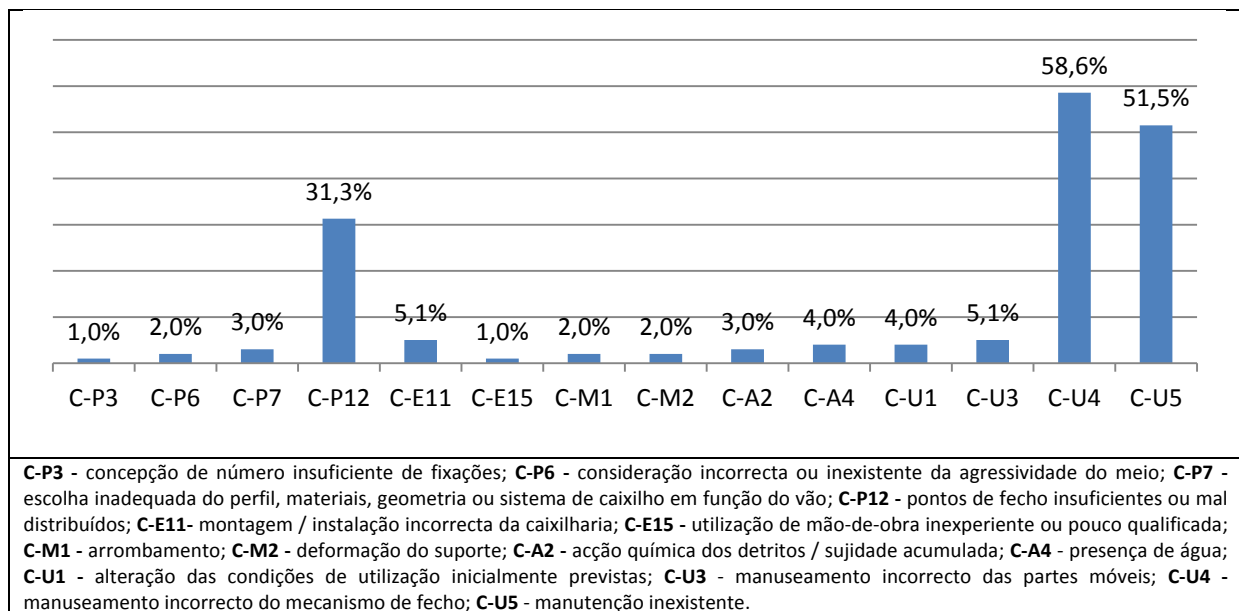


Figura 5.29 - Contribuição das causas para a anomalia A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes

Quanto às causas registadas, evidenciam-se as associadas aos erros de utilização e manutenção, nomeadamente as causas **C-U4 - manuseamento incorrecto do mecanismo de fecho** e **C-U5 - manutenção inexistente**, destacando o papel do utilizador no desenvolvimento deste tipo de anomalia.

Embora com uma taxa inferior, é ainda de mencionar o papel da causa **C-P12 - pontos de fecho insuficientes ou mal distribuídos**, quer por poder constituir por si só a anomalia, quer por promover o papel das principais causas referidas (C-U4 e C-U5). Por exemplo, verifica-se que, quer a inexistência de manutenção (C-U5), quer o manuseamento incorrecto do mecanismo de fecho (C-U4), são frequentemente induzidos pela inacessibilidade ou distribuição incorrecta destes (C-P12).

Dentro do mesmo grupo, destaca-se ainda a anomalia **A-Q1 - vidros quebrados**, como a sexta mais registada, apresentando-se a frequência das suas causas na Figura 5.30.

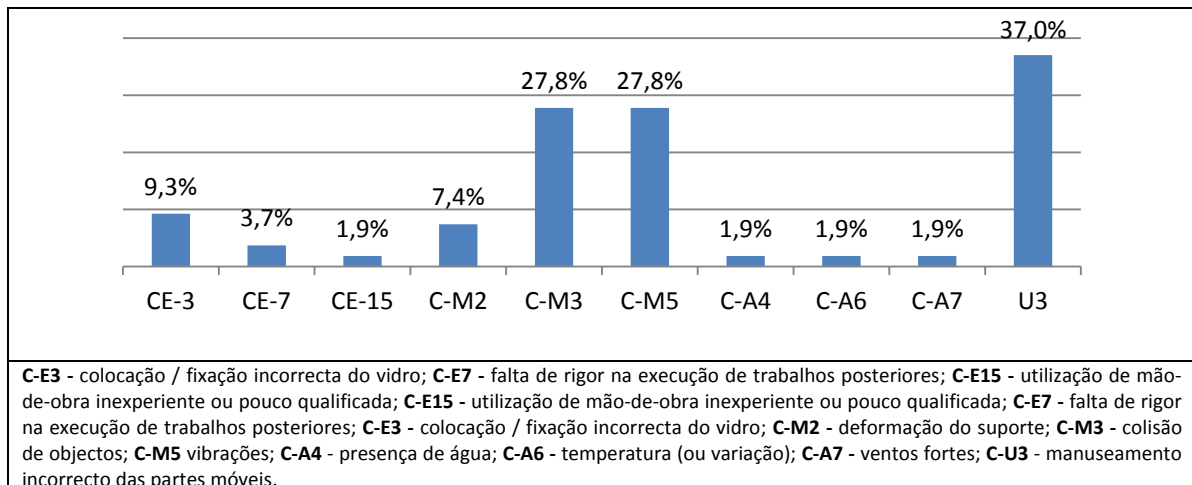


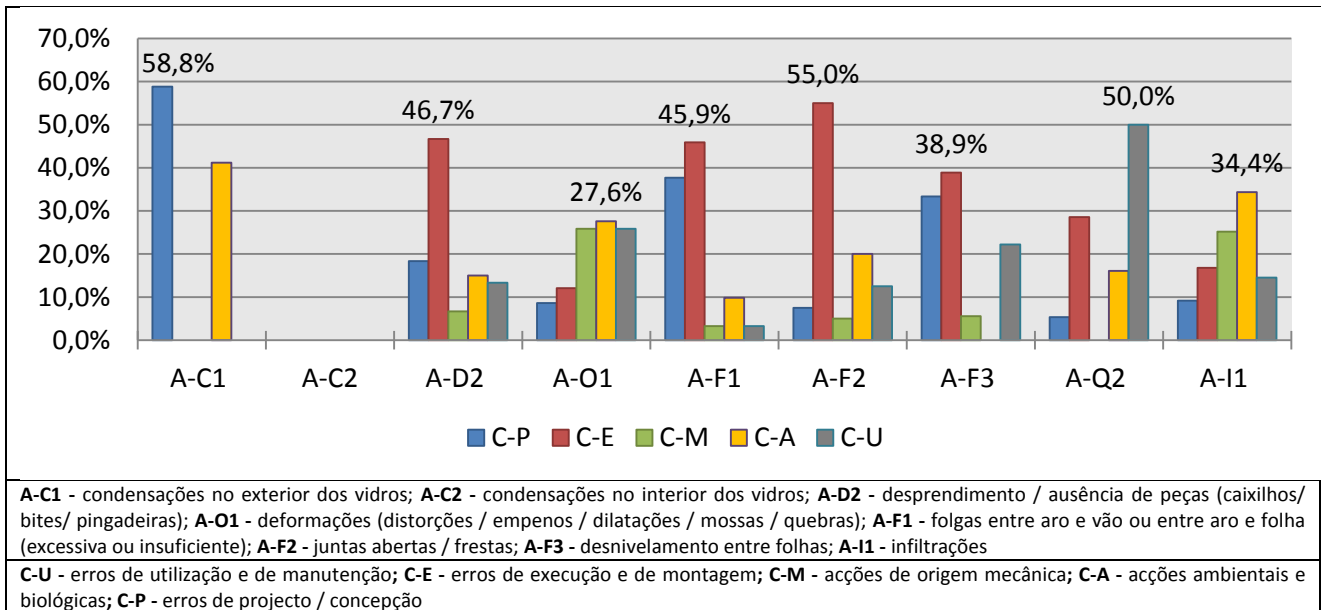
Figura 5.30 - Contribuição das causas para a anomalia A-Q1 - vidros quebrados

Neste caso, como seria de esperar, foram as causas **C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis**, **C-M5 - vibrações** e **C-M3 - colisão de objectos** as mais registadas. A primeira causa prende-se com o facto de frequentemente se fazer um uso incorrecto das partes móveis da caixilharia, por exemplo movendo as folhas móveis de forma brusca e incontrolada, expondo desse modo o vidro a solicitações mecânicas para as quais não está dimensionado, tais como choques (com o aro, por exemplo) ou as vibrações daí provenientes.

Apesar de ser expectável a sua existência, é de salientar a relação observada entre a causa **C-M5 - vibrações** e a anomalia em questão, cuja taxa de coincidência ultrapassa 27%. Tal resultará do facto de, face às peculiaridades da amostra (Unidades Militares), se terem inspeccionado um número significativo de caixilharias nas imediações de estradas percorridas por viaturas de grande porte (viaturas de transporte de material, viaturas blindadas, entre outras), causadoras de vibrações atípicas nos edifícios envolventes e capazes de provocar danos claros nos envidraçados.

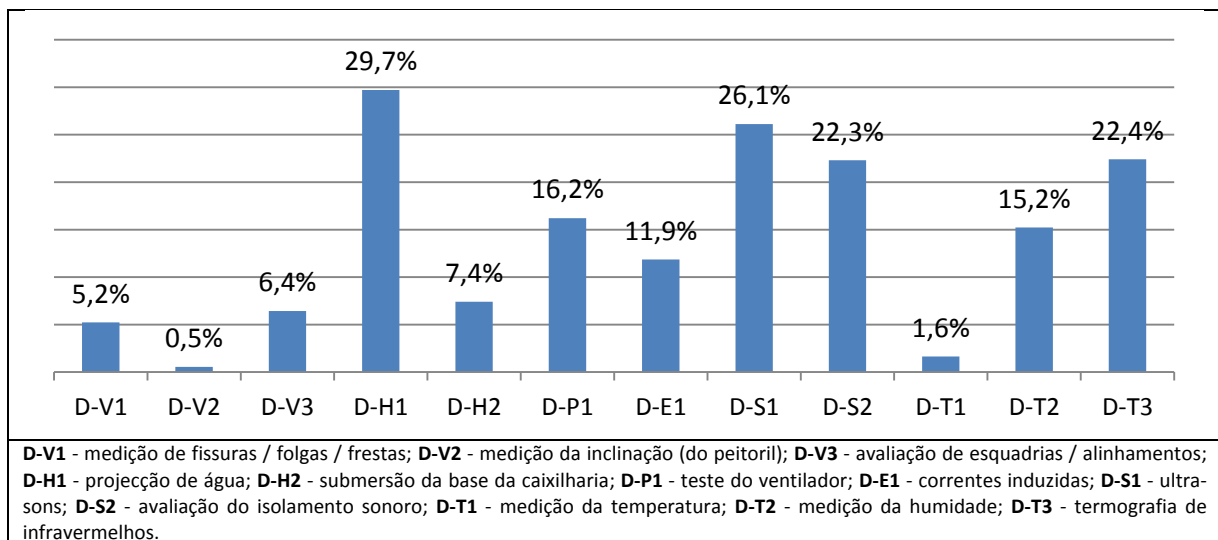
Uma vez que a lista classificativa de anomalias é relativamente extensa (15 anomalias), não se considera necessário realizar análises individuais para todas as relações anomalias - causa. Deste modo, apresentadas as 6 relações para as anomalias com maior frequência na amostra, apresenta-se na Figura 5.31 um resumo das relações entre os grupos de causas e as restantes anomalias (que foram observadas com frequências relativas inferiores a 18%).

Da observação da Figura 5.31, pode verificar-se um padrão nos agrupamentos de causas com os de anomalias. De facto, as anomalias do grupo **A-F - folgas / frestas** possuem uma aproximada relação com as causas do grupo **C-E - erros de execução e de montagem**, assim como as causas do grupo **C-U - erros de utilização e de manutenção**, como observável pelas Figuras 5.29, 5.30 e 5.31, se destacam no caso de anomalias do grupo **A-Q - elementos danificados / quebrados**.



5.6.5. Análise da relação entre anomalias e técnicas de diagnóstico

No trabalho de campo, como mencionado, observaram-se e caracterizaram-se as anomalias, registaram-se as causas mais prováveis e recomendaram-se as técnicas auxiliares de diagnóstico que se consideraram mais indicadas para cada caso. No subcapítulo 5.4.3, validou-se a lista classificativa de técnicas de diagnóstico e, no subcapítulo 5.5.3, validou-se a sua matriz de correlação, pelo que, no presente capítulo, se pretende avaliar a frequência relativa dos ensaios recomendados relativamente ao número de anomalias registadas, representada na Figura 5.32.



Como se pode observar no gráfico, as técnicas de diagnóstico **D-H1 - projecção de água**, **S2 - avaliação do isolamento sonoro**, **D-T3 - termografia de infravermelhos** e **D-P1 - teste do ventilador** foram das mais registadas, uma vez que, tal como referido, estando associadas à avaliação do cumprimento dos principais requisitos imputados às caixilharias (estanqueidade à água, desempenho acústico, coeficiente de transmissão térmica e permeabilidade ao ar, respectivamente), possuem uma maior utilidade (teórica) em campo na detecção e avaliação de anomalias.

Apesar de ter o mesma finalidade da técnica **D-H1 - projecção de água**, avaliar a estanqueidade à água da caixilharia, a técnica **D-H2 - submersão da base da caixilharia** apresenta uma taxa bastante inferior. Tal resulta do facto de, tendo este método o principal objectivo de simular a acumulação de água (ex.: inundação de uma varanda), a sua utilização somente constituir vantagem significativa, em rela o   projec o de água, nos casos de janelas de sacada.

Com uma taxa de recomenda o superior a 20%, destaca-se ainda a técnica de diagnóstico **D-S1 - ultra-sons**. Como referido, esta técnica está, a par da **D-E1 - correntes induzidas**, directamente relacionada com as anomalias *A-E1 - degrada o do revestimento* e *A-E2 - degrada o dos materiais dos caixilhos*. A menor frequência na recomenda o do uso **correntes induzidas**, resulta do facto de ser um método aplicável apenas a materiais metálicos, ao contrário dos ultra-sons, passíveis de serem usados em qualquer dos materiais constituintes das caixilharias inspeccionadas.

A **medi o da humidade** (D-T2) foi a quinta técnica de diagnóstico mais considerada, associando-se a mais de 15% das anomalias observadas, dos quais 83% correspondentes às anomalias *A-E1 - degrada o do revestimento* e *A-E2 - degrada o dos materiais dos caixilhos* e   respectiva causa principal *A4 - presença de  gua*.

Já as técnicas de diagnóstico do grupo **D-V análise visual assistida** são as que apresentam menor taxa de escolha. Tal   justificado por se tratar de um grupo de técnicas de diagnóstico com a aplicabilidade reduzida a anomalias específicas e/ou com reduzida ocorrência. Detalhadamente, a técnica **D-V1 - medi o de fissuras / folgas / frestas** tem a sua aplicabilidade reduzida a casos de anomalias *A-O1 - deforma es*, *A-F1 - folgas entre aro e v o ou entre aro e folha* e *A-F2 - juntas abertas / frestas*, todas elas com frequências relativas de ocorrência inferiores a 15%; a técnica **D-V2 - medi o da inclina o (do peitoril)**, em virtude de ter a sua aplica o reduzida   anomalia *A-I1 - infiltra es*, que, como referido em 5.4.1, não se observou directamente durante as inspec es; e a técnica **D-V3 - avalia o de esquadrias / alinhamentos** por ter a sua aplica o reduzida a casos pontuais de anomalias dos grupos *A-O - deforma es* e *A-F - folgas / frestas*.

Da mesma forma, a considera o da técnica **D-T1 - medi o da temperatura**, por ter o seu uso limitado às anomalias do grupo *A-C - condensa es* (cujas representatividade também foi reduzida nas inspec es realizadas), também se encontra dentro da mesma gama de percentagens.

  excep o da técnica **D-E1 - correntes induzidas**, aplicável apenas em caixilharias metálicas, todas as outras técnicas que constam do sistema classificativo de técnicas de diagnóstico apresentado são passíveis de uso qualquer que seja o material (ferro / aço, madeira, alumínio ou PVC) que constitui as caixilharias. Parte desta conformidade   atestada pela Figura 5.33, na qual se apresenta a frequência da escolha de cada método de diagnóstico por tipo de caixilharia.

Este gráfico permite confirmar a adequabilidade dos métodos **D-V1 - medi o de fissuras / folgas / frestas**, **D-V3 - avalia o de esquadrias / alinhamentos**, **D-H1 - projec o de  gua**, **D-P1 - teste do ventilador**, **D-S2 - avalia o do isolamento sonoro**, **D-T2 - medi o da humidade** e **D-T3 - termografia de infravermelhos** a todos os tipos de caixilharias, como se esperava.

No entanto, face   reduzida ocorrência das anomalias a que estão associadas, as técnicas **D-V2 - medi o da inclina o (do peitoril)**, **D-H2 - submersão dos caixilhos**, **D-T1 - medi o da temperatura** e **D-T2 - medi o da humidade** não foram seleccionadas, em campo, para os diferentes tipos de caixilharias, inviabilizando, deste modo, que se confirme a adequabilidade destas técnicas a todos os materiais.   contudo expectável que um número superior e diversificado de inspec es a caixilharias possa permitir a tal verifica o.

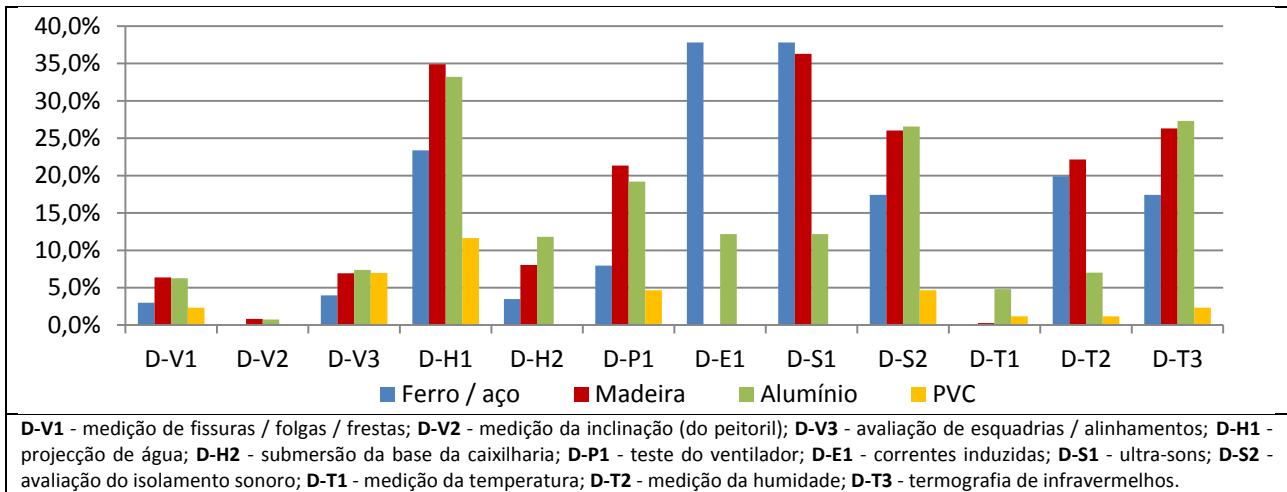


Figura 5.33 - Frequência relativa de cada método de diagnóstico por tipo de caixilharia

5.6.6. Contribuição de outros parâmetros para o desenvolvimento de anomalias

Como mencionado, o trabalho de campo incidiu na inspecção a 295 caixilharias, proveniente de vários edifícios de diferentes Unidades Militares, sujeitos a diferentes condições exteriores, funções (porta / janela) e idades.

Em relação à análise de anomalias em função da idade da caixilharia, apresenta-se na Figura 5.34 essa informação para os vários intervalos de tempo. Os valores mencionados correspondem à média de anomalias por caixilharia em cada intervalo de tempo, ou seja, a média é resultado da divisão do número total de anomalias registadas em caixilharias de um determinado intervalo de tempo pelo número total de caixilharias observadas nesse intervalo de tempo. Por observação do gráfico, verifica-se que existe uma tendência clara de diminuição de anomalias ao longo do tempo. Apenas o intervalo de tempo [1950 - 1960] não acompanha essa tendência, julgando-se que tal se deve ao facto de se ter inspeccionado apenas uma caixilharia com essa idade e esta não ser representativa do número de anomalias para esse intervalo de tempo.

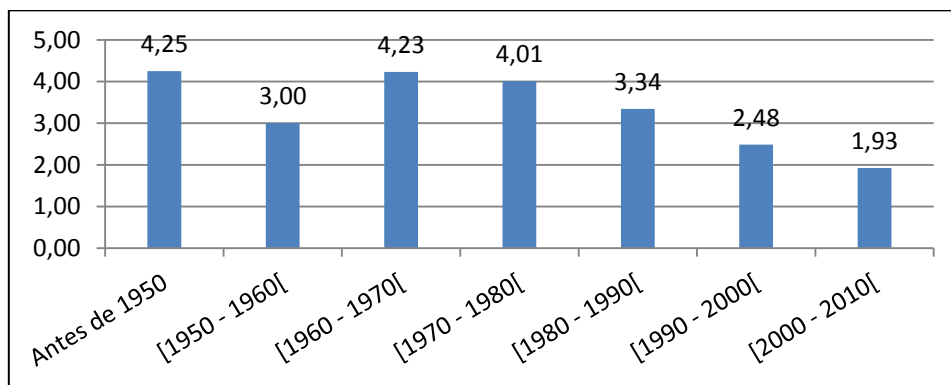


Figura 5.34 - Média de anomalias registadas por idade das caixilharias

A função da caixilharia foi outro dos parâmetros analisados, apresentando-se na Figura 5.35 essa informação. Neste caso, os valores mencionados correspondem à média de anomalias por caixilharia por função, ou seja, a média é resultado da divisão do número total de anomalias registadas em caixilharias com uma determinada função pelo número total de caixilharias observadas com essa função. Por observação do gráfico, verifica-se que não existe diferença significativa entre as médias observadas, concluindo-se que a função da caixilharia não constitui parâmetro diferenciador quanto ao desenvolvimento de anomalias.

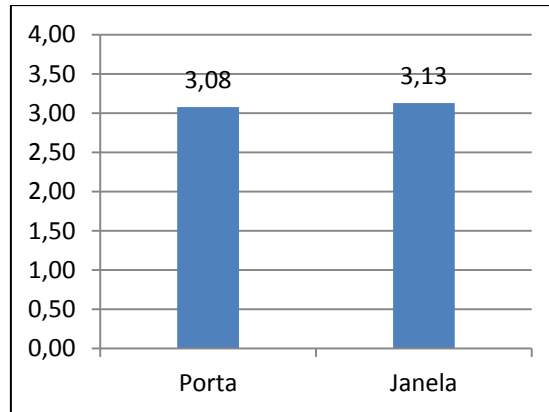


Figura 5.35 - Média de anomalias registadas por função das caixilharias

Relativamente à influência da orientação do vão no desenvolvimento de anomalias, apresenta-se na Figura 5.36 os resultados da referida recolha de dados.

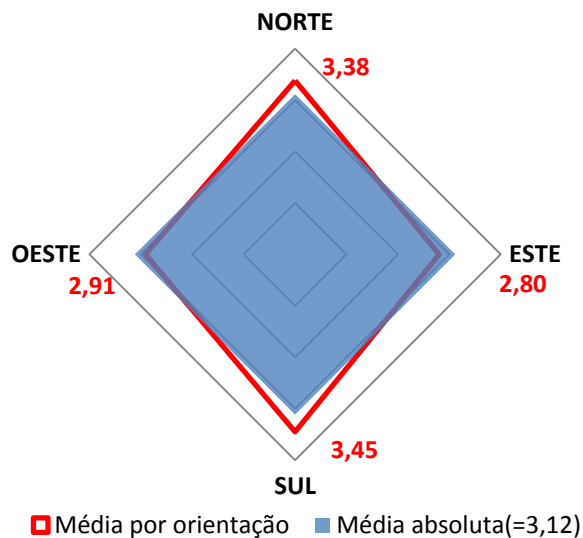


Figura 5.36 - Média de anomalias registadas em função da orientação das caixilharias

Neste caso, os valores mencionados correspondem à média de anomalias por caixilharia por orientação, ou seja, a média é resultado da divisão do número total de anomalias registadas em caixilharias com uma determinada orientação pelo número total de caixilharias observadas com essa orientação. Por observação do gráfico, verifica-se a existência de diferenças algo significativas entre as médias observadas, destacando-se com maior número médio de anomalias as caixilharias voltadas a Norte e a Sul.

A somar a estas conclusões numéricas, verificou-se na prática, por observação de caixilharias cujo único parâmetro desigual era a orientação, uma maior susceptibilidade das caixilharias voltadas a Norte, por serem zonas mais frias e húmidas, para o desenvolvimento de microorganismos (C-M1), como se exemplifica na Figura 5.37. Já nas caixilharias voltadas a Sul, por estarem directamente expostas à radiação solar, observou-se uma maior evolução na degradação do revestimento, face a caixilharias em condições semelhantes mas voltadas a outras direcções (Figura 5.38).

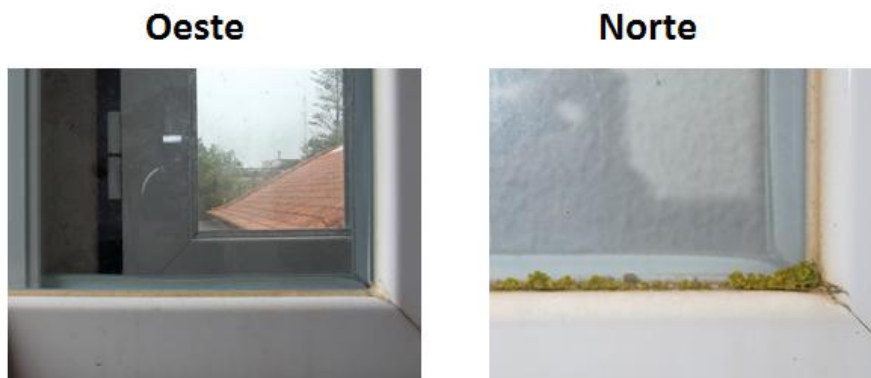


Figura 5.37 - Desenvolvimento de microorganismos; caixilharias semelhantes com orientações diferentes

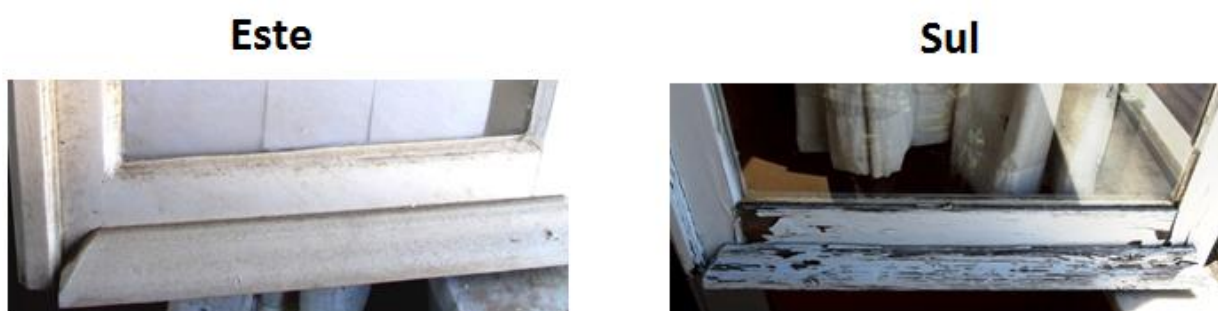


Figura 5.38 - Degradação do revestimento; caixilharias semelhantes com orientações diferentes

Por estes motivos, conclui-se que a orientação da caixilharia constitui parâmetro diferenciador quanto ao desenvolvimento de anomalias.

5.7. Conclusão

Conclui-se, após o trabalho de campo, que a variedade de idades, materiais e funções das caixilharias estudadas, assim como da sua localização por Portugal, permitiu de forma satisfatória a obtenção de resultados adequados.

Através dos dados recolhidos nas 295 inspeções a caixilharias, foi possível validar o sistema classificativo proposto e ainda calibrar as matrizes de correlação propostas, nomeadamente a matriz correlação “anomalias - causas mais prováveis”, a matriz de correlação “inter-anomalias” e a matriz de correlação “anomalias - técnicas de diagnóstico”, através de algumas alterações nos índices de correlação, de modo a torná-las mais adequadas às situações reais.

Adicionalmente, as informações resultantes da campanha de inspeções permitiram a realização de uma análise estatística, a qual permitiu retirar diversas conclusões importantes, nomeadamente sobre a frequência de anomalias, de causas e dos métodos de diagnóstico.

Conclui-se que:

- as anomalias **A-D1 - descolamento / ausência de maticques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro**, **A-E1 - degradação do revestimento** e **A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica** são as que apresentam maior probabilidade de serem observadas, ocorrendo em 55,9, 55,6 e 48,1% das caixilharias observadas, respectivamente;

- as caixilharias de ferro / aço, seguidas das de madeira, são as que, em média, apresentam maior número de anomalias; por outro lado, as caixilharias de alumínio e PVC são as que registam menos anomalias, sendo a média inferior a 3 anomalias por caixilharia no caso das de alumínio e inferior a 2 no caso das de PVC;
- o nível de gravidade / urgência de reparação 1 (monitorizar o desenvolvimento da anomalia e perspectivar uma intervenção a longo prazo) foi o mais vezes registado (67%); já o nível de gravidade que exige intervenção imediata (nível de gravidade 0) é o que apresenta menor número de registos (13%);
- as caixilharias de ferro / aço e as de madeira, *ex aequo*, são as que apresentam uma maior taxa de anomalias com nível de gravidade / urgência de reparação médio-alto (1 ou 0); por outro lado, as caixilharias de PVC são aquelas em que se registaram anomalias menos graves, sendo em 75% distinguidas com o nível de gravidade 2 (sem necessitando de intervenção);
- verifica-se que, em termos globais, o número de anomalias aumenta com a idade da caixilharia;
- a função da caixilharia (porta ou janela) não constitui parâmetro diferenciador quanto ao desenvolvimento de anomalias;
- a orientação das fachadas tem influência no desenvolvimento de anomalias, destacando-se com maior número médio de anomalias as caixilharias voltadas a Norte e a Sul;
- das 1849 causas prováveis registadas na amostra, verificou-se que o grupo de causas **C-A - acções ambientais e biológicas** é o que mais contribui para a ocorrência de anomalias (32,7%), seguido das causas do grupo **C-E - erros de execução e de montagem** (27,1%);
- as técnicas auxiliares de diagnóstico permitem um melhor conhecimento das causas e das consequências das anomalias, devendo ser utilizadas de forma a complementarem-se, para a obtenção de um diagnóstico mais preciso;
- as técnicas **D-H1 - projecção de água**, **S2 - avaliação do isolamento sonoro**, **D-T3 - termografia de infravermelhos** e **D-P1 - teste do ventilador** foram das mais registadas, uma vez que, estando associadas à avaliação do cumprimento dos principais requisitos imputados às caixilharias (estanqueidade à água, desempenho acústico, coeficiente de transmissão térmica e permeabilidade ao ar, respectivamente), possuem uma maior utilidade (teórica) em campo na detecção e avaliação de anomalias.

6. Conclusões

6.1. Considerações finais

Apresentou-se, na presente dissertação, o elemento construtivo caixilharia, desenvolvendo-se um estudo orientado para a ocorrência de anomalias no mesmo. Neste sentido, desenvolveu-se um sistema de inspecção e diagnóstico, com base nas listas classificativas de anomalias, de causas e de técnicas de diagnóstico a realizar *in situ*, e elaboraram-se matrizes de correlação entre as diversas variáveis em questão, designadamente “anomalias - causas mais prováveis”, “inter-anomalias” e “anomalias - técnicas de diagnóstico”. Em complemento ao referido estudo, desenvolveram-se fichas de anomalias e de técnicas de diagnóstico, com o objectivo de minorar o tempo de inspecção e diminuir a subjectividade do diagnóstico do inspector deste tipo de elemento construtivo.

Para a elaboração do presente trabalho, foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica, validando-se as conclusões daí resultantes com dados obtidos pela análise de uma amostra real. A obtenção dos referidos dados proveio da realização de um trabalho de campo, consistindo na inspecção a 295 caixilharias pertencentes a 11 Unidades Militares localizadas por diversas zonas de Portugal, num total de 96 edifícios. Considerou-se que as inspecções realizadas conduziram a resultados bastante satisfatórios para a validação do sistema de inspecção e diagnóstico proposto.

No decorrer da concepção e da validação do sistema de inspecção e diagnóstico de anomalias em caixilharias, a somar às conclusões enumeradas no ponto 5.7, observaram-se ainda outras relevantes, as quais se enunciam de seguida.

Relativamente à tecnologia associada a este elemento construtivo, após consulta de bibliografia da especialidade, catálogos de empresas e especialistas do ramo:

- as caixilharias podem ser constituídas por diferentes materiais; os mais comuns no parque edificado nacional, e objecto de estudo durante esta dissertação, são: a madeira, o ferro / aço, o alumínio e o PVC;
- existe uma grande diversidade caixilharias quanto à sua tipologias / tipos de funcionamento, sendo os sistemas de batente e os de correr os mais comuns no parque edificado nacional;
- tem-se assistido ao esforço da indústria da caixilharia na introdução de novos materiais ou tipos de caixilharia; são exemplo, as caixilharias mistas e a utilização de materiais como os compósitos de madeira, fibras de vidro, PRFV (poliéster reforçado com fibra de vidro), poliuretano, entre outros;
- as várias tipologias e materiais apresentam vantagens e inconvenientes, pelo que a adopção de uma solução depende sobretudo da durabilidade, economia, exigências funcionais e valor estético pretendidos.

Em relação à patologia das caixilharias, destacam-se os aspectos abaixo:

- o sistema classificativo de anomalias em caixilharias e das causas associadas, proposto no Capítulo 3, compreende todos os casos de patologia já observados nestes elementos. Contudo, o sistema é passível de alterações futuras, em resultado da experiência de utilização contínuo do referido sistema, ou do seu alargamento a outros materiais;
- após a validação, através da campanha de inspecções, a informação relativa ao sistema classificativo foi resumida em fichas de anomalias, de forma sintética e inequívoca; os campos das

fichas incluem uma breve descrição da anomalia, as causas prováveis e consequências possíveis associadas, os métodos de diagnóstico aplicáveis e os parâmetros de classificação necessários à definição do nível de gravidade / urgência de reparação; deste modo, as fichas revelam-se de fácil interpretação e utilização no decorrer das actividades de inspecção de caixilharias que apresentem anomalias;

- a validação da matriz de correlação entre anomalias é da maior importância, permitindo estabelecer a probabilidade de ocorrência simultânea de várias anomalias, tendo em conta que, numa caixilharia, uma anomalia pode ocorrer isoladamente ou estar associada a outras anomalias; este conhecimento revela-se fundamental para a realização de acções de intervenção destinadas a prevenir o desenvolvimento das anomalias.

No que diz respeito aos métodos de diagnóstico propostos, verifica-se o seguinte:

- o sistema classificativo dos métodos de diagnóstico de anomalias e respectivas causas inclui apenas os ensaios de realização *in situ*, passíveis de serem utilizados em caixilharias e classificados de acordo com o tipo de execução e funcionamento do equipamento utilizado; a caracterização completa das técnicas é apresentada em fichas individuais que, tal como as fichas de inspecção, auxiliam o inspector nas suas actividades;
- a recomendação de técnicas de diagnóstico é condicionada pela informação útil que estas podem fornecer, assim como dos custos e tempos associados; a inspecção visual prevalece prioritária a qualquer ensaio *in situ*;
- após a validação, através da amostra de inspecções, a matriz de correlação anomalias - técnicas de diagnóstico permite ao inspector verificar qual o ensaio mais indicado para o diagnóstico de uma determinada anomalia e respectivas causas, de acordo com o tipo de equipamento necessário, o grau de complexidade, vantagens e limitações de cada método.

6.2. Perspectivas de desenvolvimentos futuros

À semelhança das dissertações enquadradas nesta linha de investigação, também esta apresenta a possibilidade de ser futuramente desenvolvida e melhorada. Nesse sentido, perspectivam-se eventuais desenvolvimentos tais como:

- aperfeiçoar o sistema classificativo das anomalias elaborado, assim como aumentar o número de conclusões da análise estatística apresentada, através de mais inspecções a caixilharias (recorrendo a ensaios *in situ* quando possível);
- ampliar a aplicação desta ferramenta de apoio à inspecção a outros tipos de caixilharias que tenham uma utilização cada vez mais crescente (são exemplo as caixilharias mistas);
- com base no sistema de apoio à inspecção e diagnóstico desenvolvido no presente documento, desenvolver um módulo informático que permita o armazenamento (num equipamento portátil) de uma grande quantidade de dados resultantes de inspecções, de modo a aumentar a eficácia e a eficiência da investigação no âmbito destes elementos;
- a aplicação do módulo informático obriga à execução de um manual de inspecções a caixilharias, o qual deverá incluir as regras a que devem obedecer os procedimentos de inspecção e o preenchimento do respectivo relatório, de forma a que os resultados finais não dependam da subjectividade do inspector;

- estudar de forma aprofundada a rentabilidade e aplicabilidade dos métodos de diagnóstico apresentados, através de contactos com as empresas da especialidade e acrescentar novos métodos que entretanto forem surgindo no mercado.;
- avaliar experimentalmente a adequação das técnicas de diagnóstico às anomalias, uma vez que não foi possível aferir na presente dissertação, por não terem sido aplicados efectivamente;
- desenvolver estudos de durabilidade para os vários tipos de caixilharias, incluindo a monitorização e temporização dos processos de degradação associados, de forma a estimar a duração da sua vida útil;
- desenvolver parcerias com empresas especializadas, projectistas e aplicadores, tendo em vista a transmissão dos conhecimentos adquiridos por este trabalho e outros no mesmo âmbito, uma vez que, como se conclui, uns dos factores que contribuem para o aparecimento de anomalias, e que pode ser evitado com relativa facilidade, são os erros de projecto e execução.

Referências

Referências bibliográficas

Aguiar, José; Cabrita, Reis e Appleton, João. 2011. *Guião de Apoio à Reabilitação de Edifícios Habitacionais*. Volume 2, 8ª edição. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Amaro, Bárbara. 2011. *Sistemas de Inspeção e Diagnóstico de ETICS em Paredes*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Argilés, Adell; María, Josep; et al.. 2000. *Tratado de Rehabilitación. Patología y Técnicas de Intervención: Fachadas e Cubiertas*. Madrid: Munilla-Lería.

Arnaldo, Eugénia. 2006. *20 Anos na Construção Civil*. Encontro 20 Anos de Engenharia Civil no Instituto Politécnico de Tomar. Tomar: Instituto Politécnico de Tomar.

ASOVEN. 2004. *El Mercado de la Ventana de PVC*. Madrid: Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas PVC.

Barbosa, Luís. 2010. *Controlo de Qualidade em Caixilharias de Alumínio*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Bauer, Falcão. 1994. *Materiais de Construção*. Volume 2, 5ª edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora.

Brito, Jorge de. 1992. *Desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Obras de Arte em Betão*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Brito, Jorge de. 2005. *Caixilharias*. Folhas de apoio à cadeira de Reabilitação Não Estrutural de Edifícios. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Cardigos, Susana. 2012. *Caixilharia de Alumínio e Outros Metais*. Monografia apresentada na cadeira Construção de Edifícios. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Clement, Peter. 1997. *Metal Windows*. Wiltshire: *The Building Conservation Directory*.

Cóias, Vítor. 2006. *Inspeção e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. Lisboa : IST Press.

Costa, Luís. 2009. *Tipificação de Soluções de Reabilitação de Pavimentos Estruturais em Madeira em Edifícios Antigos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cruz, Helena. 2001. *Patologia, Avaliação e Conservação de Estruturas de Madeira*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

DAAUM. 2006. *Térmica de Edifícios*. Folhas de apoio à cadeira de Física das Construções. Braga: Departamento Autónomo de Arquitectura da Universidade do Minho.

Delgado, Anabela. 2008. *Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Revestimentos de Pisos Lenhosos*. Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Dias, Carlos. 2004. *Ensaio Não Destrutivos (END) - Qualidade e Ensaio de Materiais*. Aula apresentada ao Mestrado em Instrumentação, Manutenção Industrial e Qualidade 2003/2004. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Directiva 89/106/CEE do Conselho de 21 de Dezembro de 1988, relativa aos Produtos da Construção. Directiva 89/106/CE, transposta para direito nacional através do Decreto-Lei nº 113/93, Diário da República 84/93, Série I-A (1993-04-10), alterado pelos Decretos-Lei nº 139/95, de 14 de Julho e nº 374/98, de 24 de Novembro, e alterado e republicado pelo Decreto-Lei nº 4/2007, de 8 de Janeiro.

EN 1027:2000. *Windows and Doors - Water Tightness - Test Method*. Brussels: European Committee for Standardization.

Eusébio, Marques e Rodrigues, M. 2009. *Tintas, Vernizes e Revestimentos por Pintura para a Construção Civi*. Série: CS 14, 4ª edição. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Ferreira, Teresa. 2004. *Arquitectura e Durabilidade - Prevenção de Anomalias na Faixa Costeira*. Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Flores, Inês. 2002. *Estratégias de Manutenção: Elementos da Envolvente de Edifícios Correntes*. Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Fontinha, Isabel e Salta, Maria. 2004. *Componentes Metálicos na Construção - Comportamento à Corrosão e sua Prevenção*. Informação Técnica de Patologia e Reabilitação das Construções. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Fontinha, Isabel e Salta, Maria. 2007. *Desempenho de Componentes Metálicos em Edifícios*. Corrosion Protection Materials, vol. 26 n.º 3, pp. 86-93.

Fontinha, Isabel. 2002. *Compatibilidade de Materiais Metálicos com o Meio de Exposição*. Trabalho de síntese. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Freitas, Vasco. 2006. *Projecto de Reabilitação do Palácio da Bolsa: 2.ª Fase - Reabilitação dos Vãos Envidraçados (Relatório)*. Porto.

FREZITE, 2009. *5 Passos para a Marcação CE em Caixilharias*. Trofa: FREZITE - Ferramentas de Corte, S.A.

Gaião, Carlos. 2008. *Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Anomalias em Paredes de Placas de Gesso Laminado*. Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Gama, Vítor. 2005. *Recomendações para a Concepção Arquitectónica da Envolvente dos Edifícios na Perspectiva da Durabilidade*. Dissertação de Mestrado em Reabilitação do Património Edificado. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Garcez, Nuno. 2009. *Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Revestimentos Exteriores de Coberturas Inclinadas*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia de Aeródromos. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

- Garcia, João. 2006.** *Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Revestimentos Epóxicos em Pisos Industriais*. Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Gomes, António. 2009.** *Janelas e Portadas Históricas - Conservação e Restauro de Edifícios Históricos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Civil. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Gomes, João. 2007.** *Sistemas de Caixilharias de PVC: Um Contributo para a Qualidade e Sustentabilidade da Construção*. Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Gomes, João. 2011.** *Sistemas de Caixilharia de PVC - Um Contributo para a Qualidade e Sustentabilidade da construção*. Livro elaborado com base na dissertação de Mestrado em Construção, apresentada em 2007, em Lisboa no Instituto Superior Técnico.
- Gonçalves, Carlos. 2004.** *Anomalias Não Estruturais em Edifícios Correntes. Desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Inspeção, Registo e Classificação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Gonçalves, Carlos; Brito, Jorge de e Pereira, Telmo. 2005.** *Sistema de Apoio à Inspeção, Registo e Classificação de Anomalias Não Estruturais em Edifícios Correntes*. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.º 7, pp. 61-72.
- Gonçalves, Chantelle. 2010.** *Reabilitação de Caixilharias de Edifícios Antigos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Grimmer, Anne; Hensley, Jo; et al.. 2012.** *The Secretary of the Interior's Standards for Rehabilitation & Illustrated Guidelines for Rehabilitating Historic Buildings*. Washington: U.S. Department of the Interior.
- Gustavsen, Arild; Grynning, Steinar; et al.. 2011.** *Key Elements of and Material Performance Targets for Highly Insulating Window Frames*. Norway: Energy and Buildings.
- HUD. 1999.** *Windows & Doors. The Rehab Guide, Volume 4*. Washinton: Department of Housing and Urban Development.
- IECC. 2012.** *International Energy Conservation Code*. Washington: International Code Council.
- ISO 717-1:1996.** *Acoustics - Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements - Part 1: Airborne*. Sunderland: International Organization for Standardization.
- ITC. 2005.** *Applications of Infrared Thermography for the Inspection of Commercial and Residential Buildings*. Nashua: Infrared Training Centre.
- Kelley, Stephen; Chiropolos, James e Gustitus, Delph. 1996.** *Window Systems: Repair versus Replacement*. Standards for Preservation and Rehabilitation, ASTM STP 1258, pp.235-247.
- Le Corbusier. 1981.** *Por uma Arquitectura*, 3ª edição. São Paulo: Editora Perspectiva.
- LNEC. 1997.** *Ficha M 10, Madeira para Construção - Revestimento por Pintura de Madeira para Exteriores*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Lopes, Nuno. 2006.** *Reabilitação de Caixilharia de Madeira em Edifícios do Século XIX e Início do Século XX - Do Restauro à Selecção Exigencial de uma Nova Caixilharia: o Estudo do Caso da Habitação Corrente*

Portuense . Dissertação de Mestrado em Reabilitação do Património Edificado. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto .

Marques, Paulo e Junior, Silvério. 2006. *Ensaio Não Destrutivos*. Folhas de apoio à cadeira de Ensaio não Destrutivos. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

Martin, Louis. 1988. *Les Fenêtres à Battants. Guide technique nº 4*. Ville de Québec: Service de l'urbanisme.

Martin, Louis. 1988b. *Les Fenêtres à Guillotine. Guide technique nº 5*. Ville de Québec: Service de l'urbanisme.

Martins, Alecsander e Junior, José. 2011. *Inspecção de Fissuras em Alvenarias Utilizando Visão Computacional*. 10ª Conferência Brasileira de Dinâmica e Controle de Aplicações, pp. 219-222.

Martins, Hélder. 2010. *Resistência ao Vento de Caixilharias de Alumínio - Comparação Entre Simulação Numérica e Caracterização Experimental*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Martins, João e Pereira, Paulo. 2006. *Colas e Mastiques*. Séries Materiais. Folhas de apoio à cadeira de Materiais de Construção. Porto: Universidade Fernando Pessoa.

Martins, João e Pinto, Emanuel. 2004. *O Vidro*. Série Materiais. Folhas de apoio à cadeira de Materiais de Construção. Porto: Universidade Fernando Pessoa.

Mendonça, Luís. 2005a. *Condensações em Edifícios*. Revista Arquitectura & Vida, n.º 63, pp. 71-74.

Mendonça, Luís. 2005b. *Termografia por Infravermelhos*. Revista Engenharia & Vida, n.º 16, pp. 53-57.

Mimoso, João. 1989. *Estanqueidade à Chuva em Caixilharias de Alumínio*. Informação Técnica de Edifícios: Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Mimoso, João. 2008. *ITE 22 - Estanqueidade à Chuva em Caixilharia de Alumínio*, 6ª edição, 52 p. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

NAICI. 2011. Relatório 411/2011 - Marcação CE de Portas e Janelas no Âmbito da Norma EN 14351-1, Resultados do inquérito de 2011. Lisboa: Núcleo de Acústica, Iluminação, Componentes e Instalações do LNEC.

Neto, Natália. 2008. *Sistema de Apoio à Inspecção e Diagnóstico de Anomalias em Revestimentos em Pedra Natural*. Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

NP 2080:1985 - Preservação de Madeiras - Tratamento de Madeiras para Construção. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

NP EN 12519:2008 - Janelas e Portas Pedonais. Vocabulário. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

NP EN 14351-1:2008. Janelas e Portas. Norma de Produto, Características de Desempenho - Parte 1: Janelas e Portas Pedonais Exteriores Sem Características de Resistência ao Fogo e/ou de Estanqueidade ao Fumo. Instituto Português da Qualidade.

NP EN 335-2:1994 . *Durabilidade da Madeira de Produtos Derivados. Definição das Classes de Risco de Ataque Biológico - Parte 2: Aplicação à Madeira Maciça*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

NP EN 350-2:2000. *Durabilidade de Madeira e Derivados de Madeira*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

NP EN ISO 140-5:2009. *Acústica - Medição do Isolamento Sonoro de Edifícios e de Elementos de Construção. Parte 5: Medição In Situ do Isolamento Sonoro a Sons Aéreos de Fachadas e de Elementos de Fachada*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

Oz. 2002. *Monitorização da Abertura de Fissuras e Fendas com o Fissurómetro Oz*. Lisboa: Oz -Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Fundações, Lda.

Pereira, Ana. 2008. *Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Estuques Correntes em Paramentos Interiores*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Pereira, Clara. 2011. *Caixilharia de alumínio e outros metais*. Monografia apresentada na cadeira Construção de Edifícios. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Pereira, Jorge. 2004. *Tecnologia de Aplicação de Caixilharias*. Monografia apresentada na cadeira Tecnologia de Fachadas. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Pinho, Pedro. 1991. *Influência dos Vãos Envidraçados no Comportamento Térmico dos Edifícios*. Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Pino, Elisabete. 2012. *Caixilharia em PVC*. Monografia apresentada na cadeira Construção de Edifícios. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Pinto, Armando e Fernandes, Odete. 2011. *ITE 56 - Janelas e Portas Pedonais Exteriores - Guia para a Marcação CE (EN 14351-1:2006+A1:2010)*, 2ª edição, 93p. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Pinto, Armando. 2003. *Reabilitação de Caixilharia. Melhoria das Características de Comportamento Térmico*. 3º Encontro Sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Pinto, Armando. 2008a. *Aplicação da Avaliação de Ciclo de Vida à Análise Energética e Ambiental de Edifícios*. Tese de Doutoramento em Engenharia Mecânica. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Pinto, Armando. 2008b. *ITE 52 - Componentes de Edifícios. Aspectos de Segurança e Resistência Mecânica do Vidro*, 2ª edição, 108p. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Pinto, Armando. 2010. *Reabilitação Térmica de Vãos Envidraçados*. Cadernos de Edifícios nº 5 - Conservação e Reabilitação de Edifícios Recentes, pp. 173-202.

Pinto, Ricardo. 2009. *Definição dos Aspectos para Avaliar a Qualidade de Projectos de Acústica de Edifícios de Habitação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Pires, Rita. 2011. *Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Pinturas em Rebocos e Estuques*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

- Ramalheira, Francisco. 2005.** *Manual de Boas Práticas de Escolha de Vãos Envidraçados*. Monografia apresentada na cadeira Tecnologia de Fachadas. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Ramos, Ana. 2009.** *Os Custos do Desenvolvimento Sustentável para a Engenharia, Arquitectura e Construção nos Processos de Reabilitação*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Especialidade de Construções. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Ravara, Artur; Lynch, Frank; et al.. 2000.** *Qualidade na Construção*. Lisboa: Ingenium Edições Lda.
- Real, Luís. 2001.** *Degradação de Materiais Plásticos Usados em Aplicações Exteriores*. Informação Técnica de Materiais de Construção. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Rebello, Alberto. 2009.** *Optimização e Dimensionamento de Vãos Envidraçados*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Aveiro: Universidade de Aveiro - Departamento Engenharia Mecânica.
- Rosa, Celina e Martins, João. 2005.** *Reabilitação da Envolvente Opaca de Edifícios*. Série Reabilitação. Versão provisória das folhas de apoio à cadeira de Reabilitação. Porto: Universidade Fernando Pessoa.
- Rosa, Mateus e Barreto, Tadeu. 1998.** *Isolamento Acústico de Vãos Envidraçados*. Congresso Latino-Americano de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios, pp. 167-174. São Paulo.
- Roy, Odile. 1989.** *La Maçonnerie de Pierre. Guide Technique n.º 6*. Ville de Québec : Service de l'urbanisme.
- Roy, Odile. 1991.** *Les Portes et les Portes Cochères. Guide technique n.º 11*. Ville de Québec: Service de l'urbanisme.
- RRAE. 2008.** *Decreto-Lei nº 96/2008 - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, de 9 de Junho*.
- Sá, João. 2011.** *Sistema de Inspeção Diagnóstico de Rebocos em Paredes*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Santos, Oliveira. 1999.** *Ensaio Não Destrutivos - Guia do Formando*. Lisboa: Instituto de Soldadura e Qualidade.
- Santos, Pina e Matias, Luís. 2006.** *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios, ITE 50*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Schiappa, Fernando e Patrício, Jorge. 2003.** *Vibrações Ambientais - Critérios de Danos e de Incomodidade*. Ingenium, IIª Série, n.º 72 p. 85-88.
- Silva, António. 1991.** *Caracterização das Infiltrações Médias Anuais em Edifícios Portugueses Através do Método de Pressurização*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Térmica. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Silva, João. 2008.** *Especificações de Tratamentos de Preservação para Elementos de Madeira*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Silva, Mendes e Torres, Isabel. 2003.** *Deficiências do Desempenho dos Peitoris na Protecção das Fachadas Contra a Acção da Água*. 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

- Silvestre, José. 2005.** *Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Anomalias em Revestimentos Cerâmicos Aderentes*. Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Sirgado, Jorge. 2010.** *Análise do Impacte dos Vãos Envidraçados no Desempenho Térmico dos Edifícios*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Sousa, José. 1996.** *Caracterização da Capilaridade de Revestimentos de Fachadas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Sousa, Pontífice de. 1999.** - *A Madeira Como Material de Construção*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Sousa, Vítor. 2003.** *O Palácio Nacional de Sintra - Anomalias Não Estruturais*. Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Tavares, Alice; Costa, Aníbal e Varum, Humberto. 2011.** *Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios - Guia de Intervenção*. Aveiro: Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.
- TEC. 2012.** *Blower Door - Operation Manual*. Minneapolis: The Energy Conservatory.
- Teixeira, Amândio. 1998.** *Caixilharia de Alumínio - Guia do Formando*. Lisboa: Instituto do Emprego e Formação Profissional.
- Tirone, Lúvia. 2007.** *Construção Sustentável - Soluções Eficientes Hoje, a Nossa Riqueza Amanhã, 1ª Edição*. Lisboa: Tirone Nunes.
- Torres, Isabel. 2006.** *Estratégias e Técnicas de Inspeção, Monitorização e Análise de Construções*. Folhas de apoio à cadeira de Técnicas de Reabilitação de Patologias. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Tutton, Michael e Hirst, Elizabeth. 2007.** *Windows - History, Repair and Conservation*. Dorset: Donhead Publishing Ltd.
- Verdelho, Sara. 2005.** *Caixilharia de Alumínio*. Monografia apresentada na cadeira Tecnologia de Fachadas. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Vicente, Mário. 2012.** *Tecnologia e Reabilitação de Caixilharias*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Militar. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Viegas, João. 2008.** *ITE 51 - Componentes de Edifícios. Selecção da Caixilharia e Seu Dimensionamento Mecânico*, 3ª edição, 76p. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Vigan, Jean. 2012.** *DICOBAT - Le Dictionnaire Général du Bâtiment, 8^e édition*. Impasse Druinot: Éditions Arcature.
- Walter, Ana. 2002.** *Sistema de Classificação para a Inspeção de Impermeabilizações de Coberturas em Terraço*. Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Referências webgráficas

ABAL. 2012. *Manual de Portas e Janelas de Alumínio*. Associação Brasileira de Alumínio. [Online: 12 de Maio de 2012] <http://www.abal.org.br/servicos/manuais/portasejanelas/Manual.htm>

Ambifood, Construção. 2012. *Equipamentos de Verificação de Parâmetros de Qualidade em Obra*. Empresa fornecedora de sistemas de análise e controlo rápidos nos domínios da segurança alimentar, ambiental e controlo de qualidade industrial. [Online: 5 de Abril de 2012] http://www.ambifood.com/img_upload/construcao.pdf?PHPSESSID=3069d458dd37c56738af2450f7ed84f4

Amtec, Consultants. 2012. *Corrosion & Coatings Failures on Buildings*. Marine and industrial corrosion problems specialized company. [Online: 2 de Março de 2012] <http://www.amteccorrosion.co.uk/buildings.html>

Anicolor. 2012. *Manual de Implementação CE*. Empresa especializada na área de concepção de sistemas de alumínio. [Online: 29 de Fevereiro de 2012] http://www.anicolor.pt/media/marcacao_ce/Marcacao_CE_Portugues_NovoLogo.pdf

Anvi, Comércio e Industria Lda. 2012. *Nível Laser*. Empresa de fabricação e distribuição de equipamentos e máquinas para a construção civil. [Online: 30 de Março de 2012] http://www.anvi.com.br/nivel_laser.html

AQC. 2012a. *Humidité (degré hygrométrique de l'air)*. Agence Qualité Construction. [Online: 11 de Abril de 2012] <http://www.qualiteconstruction.com/enregistrements/fiches-pathologies-old/condensations-dans-les-logements/glossaire.html>

AQC. 2012b. *Fiches Pathologie nº2D: Infiltrations par les Liaisons Menuiserie Extérieure / Gros Oeuvre*. Agence Qualité Construction. [Online: 11 de Abril de 2012] <http://www.qualiteconstruction.com/enregistrements/fiches-pathologies-old/condensations-dans-les-logements/glossaire.html#c948>

Cleaning Winnipeg. 2012. *Residential Window Cleaning*. Windows cleaning specialized company. [Online: 18 de Abril de 2012] <http://www.cleaningwinnipeg.com/2011/02/residential-window-cleaning.html>

Cype. 2012. *Manual de Utilização e Manutenção*. Empresa de software para engenharia e construção. [Online: 5 de Março de 2012] http://www.cype.net/pdfs/portugal/manual_de_utilizacao_e_manutencao_do_edificio.pdf

Defelsko. 2012. *PosiTector 200 Series - Coating Thickness Gage for Wood, Concrete, Plastics and More*. Manufacturer of coating thickness gages and inspection instruments. [Online: 30 de Março de 2012] <http://www.defelsko.com/p200/positector200.htm>

DomusObra. 2012. *Produtos - Portas de Janelas*. Empresa de remodelações de edifícios pequena e média dimensão. [Online: 12 de Maio de 2012] <http://www.domusobras.com/pg.php?m=3&pg=9>

Dyverglass. 2012. *Isolez Vos Fenêtre*. Entreprise de fabrication et distribution de produits en verre. [Online: 29 de Fevereiro de 2012] <http://www.dyverglass.com/isolez-vos-fenetres-348.html>

- EcoArkitekt. 2012.** *Vãos envidraçados*. Empresa de serviços e projectos de arquitectura bioclimática e construção sustentável. [Online: 12 Maio de 2012] <http://www.ecoarkitekt.com/eficiencia-energetica/vaos-envidracados/>
- Energias Renováveis. 2012.** *Radiação Solar*. Fórum energias renováveis em Portugal. [Online: 3 de Março de 2012] http://www.energiasrenovaveis.com/DetailheConceitos.asp?ID_conteudo=47&ID_area=8&ID_sub_area=27
- Engenharia Civil. 2012.** *Controlo da Humidade e Condensação Interiores*. Artigo adaptado de "Ramos, Nuno. 2000. *Modelação da Variação da Humidade Relativa no Interior dos Edifícios*. Dissertação de Mestrado em Engenharia civil. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto". [Online: 4 de Março de 2012] <http://www.engenhariacivil.com/controlo-humidade-condensacao-interiores>
- Extrusal. 2012.** *Série de Correr B055 (RPT) Extrusal - Instruções de manutenção e limpeza*. Companhia Portuguesa de extrusão. [Online: 2 de Março de 2012] http://www.extrusal.pt/downloads/file31_pt.pdf
- Ferrovicmar. 2012.** *Inclinómetro Bosch DNM 60 L*. Distribuidor de herramientas eléctricas y neumáticas. [Online: 30 de Março de 2012] <http://www.ferrovicmar.com/inclin%C3%B3metro-bosch-dnm60l.asp>
- Finstral, Lda. 2012.** *Janelas e Portas*. Empresa especializada em portas, janelas e precianas. [Online: 18 de Maio de 2012] <http://www.finstral.com/web/pt/Janelas-e-Portas-U1257436055271U.html>
- Fluke Corporation. 2011.** *Seminário de Termografia*. Empresa fornecedora de câmaras térmicas. [Online: 30 de Abril de 2012] <http://www.slideshare.net/Ingenheiro/termografia-edificios>
- IEA. 2012.** *Blower Door Pressure Test (Draught & Heat Loss Detection)*. Irish Energy Assessors. [Online: 3 de Maio de 2012] http://www.irishenergyassessors.com/energy_saving_solutions/wind_tightness_solutions.shtml
- IMC. 2012.** *Palácio Nacional de Sintra*. O Instituto dos Museus e da Conservação. [Online: 7 de Maio de 2012] http://www.ipmuseus.pt/pt-PT/museus_palacios/ContentDetail.aspx?id=1127
- InspectAPedia. 2012.** *Lintels: Water, Frost, & Rust Damage at Steel Lintels over Windows or Doors in Brick Walls*. Free Encyclopedia of Building & Environmental Inspection, Testing, Diagnosis, Repair. [Online: 10 de Abril de 2012] http://www.inspectapedia.com/structure/Brick_Structural_Walls.htm
- LNEC. 2012.** *LEC - Laboratório de Ensaio de Caixilharia*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. [Online: 10 Maio 2012] <http://www.lnec.pt/laboratorios/lec>
- MCMurta, Lda. 2012.** *Madeira Lamelada*. Móveis e carpintaria Murta: empresa de móveis e carpintaria. [Online: 13 de Maio de 2012] <http://www.mcmurta.pt/website.htm>
- Nortalu, Comércio de Alumínios Lda. 2012.** *Caixilharia de Alumínio / Acessórios*. Empresa de fabricação e distribuição de caixilharias de alumínio. [Online: 6 de Abril de 2012] <http://www.nortalu.com/infouteis.php>
- Panel Channels. 2012.** *Side Slide-in Kits*. Hurricane protection kits for glass doors and windows specialized company. [Online: 4 de Março de 2012] <http://www.panelchannels.com/windows>
- Roma. 2012.** *Termo-higrómetros*. Empresa fornecedora de equipamentos de ensaio. [Online: 5 de Abril de 2012] <http://www.jroma.pt/PDFS/LOJA%20JROMA/higrometros.pdf>

Rusco, Distributors. 2012. *Window Materials*. Doors, windows, sunrooms and other home envelope products specialized company. [Online: 17 Maio de Maio de 2012]
<http://www.rusco.ca/windowpages/window%20materials.htm>

Saint-Gobain Glass. 2012a. *Condensação Sobre Vidros Duplos - Suporte Técnico*. Empresa fornecedora de produtos vítreos. [Online: 29 de Fevereiro de 2012] http://pt.saint-gobain-glass.com/upload/files/3.2.4_condensacao_sobre_os_vidros_duplos.pdf

Saint-Gobain Glass. 2012b. *Montagem dos Vidros - Suporte Técnico*. Empresa fornecedora de produtos vítreos. [Online: 29 de Fevereiro de 2012] http://pt.saint-gobain-glass.com/upload/files/3.3.1_montagem_dos_vidros.pdf

Sanderson, S.K. 2012. *Misted Up Double Glazing*. Windows and doors supplier and installer company. [Online: 29 de Fevereiro de 2012.] <http://www.sk-sanderson.co.uk/page16/page16.html>

Segurancaonline. 2012. *Segurança Interna (Criminalidade)*. [Online: 11 de Abril de 2012]
<http://www.segurancaonline.com/gca/?id=890>

Teodol. 2012. *Nível Laser*. Empresa distribuidora de equipamentos de medição. [Online: 30 de Março de 2012] <http://teodol.com.br/faq-nivel-laser.asp>

Thermography. 2012. *Détection d'Anomalies d'Origine Thermique*. Entreprise spécialisée en thermographie. [Online: 11 de Abril de 2012] <http://www.thermography.fr/prestations-industrie/isolation/>

Timecapsule. 2012. *Hurricane Tape on Windows*. Photoblog. [Online: 11 de Abril de 2012]
http://timecapsule.phasedrift.com/photo/hurricane_tape_on_windows/

Utah Infrared. 2012. *Infrared Window Inspection Detects Defective Thermal Seal*. Utah infrared home and building inspections. [Online: 9 de Abril de 2012]
http://ogdenutahhomeinspection.com/channels/activerain/topics/infrared_home_inspections

Velux. 2012. *Condensação nos Edifícios e nas Janelas - Prevenção e reparação dos danos*. Velux. Empresa fornecedora de equipamentos de janelas e acessórios. [Online: 4 de Março de 2012]
<http://www.velux.pt/pt-pt/documents/condensacao.pdf>

Watanabe, Roberto. 2012. *Infiltração nas Laterais da Janela*. Página pessoal do Eng.º Roberto Massaru Watanabe. [Online: 11 de Abril de 2012] <http://www.ebanataw.com.br/infiltracoes/caso17.htm>

Window Inspections. 2012. *Hurd Window and Homeowner Debate - Home and Window Inspection Case Study*. [Online: 11 de Abril de 2012] <http://www.windowinspections.com/index.html>

Anexos

Anexo 3.I
Fichas de anomalías

FICHA DE ANOMALIA A-C2

CONDENSAÇÕES NO INTERIOR DOS VIDROS

DESCRIÇÃO: formação de gotículas de água sob as superfícies interiores dos vidros (quando múltiplos) em consequência da passagem do vapor de água para o interior da lâmina de ar

CAUSAS PROVÁVEIS:

Causas directas (próximas)

C-E1 - concepção deficiente do caixilho e/ou componentes (em fábrica)

Causas indirectas (primeiras)

C-P4 - concepção incorrecta / inexistência de elementos de ventilação

C-P6 - consideração incorrecta ou inexistente da agressividade do meio

C-E15 - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada

C-E16 - utilização de materiais de baixa qualidade, inadequados e/ou não certificados ou homologados

C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve)

C-A6 - temperatura (ou variação)



(Sanderson, 2012)

CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:

- aspecto estético afectado
- degradação do material dos caixilhos (corrosão e apodrecimento)
- desenvolvimento de microrganismos
- perda de capacidade isolante

ASPECTOS A INSPECCIONAR:

- estanqueidade da lâmina de ar (S/N)
- temperatura e condições higrotérmicas interiores e exteriores
- comportamento térmico do vão (caixilharia e vidro)
- produção excessiva de vapor de água (S/N)
- tipo de utilização dos espaços subjacentes à caixilharia em análise
- ventilação insuficiente (S/N)

ENSAIOS A REALIZAR:

D-T1 - medição da temperatura

D-T2 - medição da humidade

D-T3 - termografia de infravermelhos

TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):

R-V1 - Substituição do envidraçado (por dano ou melhor performance)

R-V2 - Reparação do envidraçado

R-A1 - Reparação, introdução ou substituição de borrachas vedantes

R-A2 - Reparação, introdução ou substituição de mastiques isolantes

R-V3 - Instalação de sistemas de ventilação

PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:

- condições para que o fenómeno progrida (S/N)
- valor estético das áreas afectadas (A-alto; M-médio; B-baixo)

NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:

- 1 - quando houver condições para progressão do fenómeno e/ou se trate de áreas de valor estético alto
- 2 - quando o fenómeno não apresentar condições para a progressão e se trate de áreas de valor estético médio / baixo

sublinhado - grande correlação

FICHA DE ANOMALIA A-D1 DESCOLAMENTO / AUSÊNCIA DE MASTIQUES OU DE CORDÕES DE ESTANQUEIDADE

DESCRIÇÃO: separação / ausência total ou apenas parcial de elementos de vedação ou pelo seu deficiente funcionamento / eminência de separação devido ao avançado estado de deterioração

CAUSAS PROVÁVEIS:

Causas directas (próximas)

- C-E4 - colocação incorrecta dos elementos de vedação
- C-E14 - preenchimento incompleto da folga entre aro e vão
- C-E16 - utilização de materiais de baixa qualidade, inadequados e/ou não certificados ou homologados
- C-A5 - radiação solar
- Causas indirectas (primeiras)**
- C-P9 - especificação inadequada das folgas entre aro e vão
- C-E15 - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada



C-M4 vandalismo

C-U5 - manutenção inexistente

CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:

- perda de estanqueidade
-

ASPECTOS A INSPECCIONAR:

- folga entre aro e vão (E-excessiva; C-correta; I-insuficiente)
 - operacionalidade das partes móveis (S/N)
 - estanqueidade (S/N)
 - limpeza periódica (S/N)
 - agressividade do meio (A-alta; M-média; B-baixa)
-

ENSAIOS A REALIZAR:

- D-H1 - projecção de água
 - D-H2 - submersão dos caixilhos
 - D-P1 - teste do ventilador
 - D-S2 - avaliação do isolamento sonoro
 - D-T1 - medição da temperatura
 - D-T2 - medição da humidade
 - D-T3 - termografia de infravermelhos
 - D-V1 - medição de fissuras / folgas / frestas
-

TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):

- R-A1 - Reparação, introdução ou substituição de borrachas vedantes
 - R-A2 - Reparação, introdução ou substituição de mastiques isolantes
 - R-A3 - Substituição de elementos degradados, ou em falta
 - R-P1 - Limpeza geral da caixilharia
-

PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:

- condições para que o fenómeno progrida (S/N)
 - permitir infiltrações (S/N)
-

NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:

- 0 - quando o fenómeno implique a ocorrência de infiltrações abundantes
 - 1 - quando houver condições para progressão do fenómeno mas tal não implique a ocorrência de infiltrações abundantes
 - 2 - quando o fenómeno estiver circunscrito e não apresente condições para a progressão
-

sublinhado - grande correlação

FICHA DE ANOMALIA A-D2

DESPRENDIMENTO / AUSÊNCIA DE PEÇAS

DESCRIÇÃO: separação / ausência de peças previstas inicialmente como parte da caixilharia

CAUSAS PROVÁVEIS:

Causas directas (próximas)

- C-P11 - inexistência ou pormenorização incorrecta da pingadeira;
- C-E9 - fixação incorrecta das peças
- C-E11- montagem / instalação incorrecta da caixilharia

Causas indirectas (primeiras)

- C-P3 - concepção de número insuficiente de fixações
- C-M3 - colisão de objectos
- C-M4 vandalismo
- C-A7 - ventos fortes
- C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis



CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:

- perda de estanqueidade
- perda de funcionalidade das partes móveis
- aspecto estético afectado

ASPECTOS A INSPECCIONAR:

- estanqueidade (S/N)
- operacionalidade das partes móveis (S/N)
- agressividade do meio (A-alta; M-média; B-baixa)

ENSAIOS A REALIZAR:

- D-V1 - medição de fissuras / folgas / frestas
- D-V3 - avaliação de esquadrias / alinhamentos
- D-H1 - projecção de água
- D-H2 - submersão dos caixilhos
- D-P1 - teste do ventilador
- D-S2 - avaliação do isolamento sonoro
- D-T3 - termografia de infravermelhos

TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):


- R-A3 - Substituição de elementos degradados, ou em falta
- R-A1 - Reparação, introdução ou substituição de borrachas vedantes
- R-A2 - Reparação, introdução ou substituição de mastiques isolantes
- R-F2 - Afiinação ou substituição do mecanismo de abertura / fecho
- R-P3 - Reparação de zonas degradadas por corrosão

PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:

- permitir infiltrações (S/N)
- correcto funcionamento das partes móveis (S/N)

NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:

- 0 - quando a anomalia implique a inoperacionalidade das partes móveis e/ou ocorrência de infiltrações abundantes
- 1 - quando a anomalia não implique a inoperacionalidade das partes móveis mas permita ocorrência de infiltrações (pouco abundantes)
- 2 - quando a anomalia não implique a inoperacionalidade das partes móveis nem permita ocorrência de infiltrações sublinhado - grande correlação

FICHA DE ANOMALIA A-01	DEFORMAÇÕES
DESCRIÇÃO: distorções, retracções, empenos, dilatações e mossas nos elementos das caixilharias	
<p>CAUSAS PROVÁVEIS:</p> <p>Causas directas (próximas)</p> <p>C-M1 - arrombamento</p> <p>C-M2 - deformação do suporte</p> <p>C-M3 - colisão de objectos</p> <p>C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis</p> <p>Causas indirectas (primeiras)</p> <p>C-P3 - concepção de número insuficiente de fixações</p> <p>C-P7 - escolha inadequada do perfil, materiais, geometria ou sistema de caixilho em função do vão</p> <p>C-E1 - concepção deficiente do caixilho e/ou componentes (em fábrica)</p> <p>C-E2 - colocação / fixação incorrecta do aro no vão</p> <p>C-E7 - falta de rigor na execução de trabalhos posteriores</p> <p>C-E10 - incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem</p> <p>C-E11 - montagem / instalação incorrecta da caixilharia</p> <p>C-M4 vandalismo</p> <p>C-A6 - temperatura (ou variação)</p> <p>C-A7 - ventos fortes</p>	
<p>CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - perda de estanqueidade - perda de funcionalidade das partes móveis - aspecto estético afectado 	
<p>ASPECTOS A INSPECCIONAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> - estanqueidade (S/N) - operacionalidade das partes móveis (S/N) - temperatura e condições higrotérmicas interiores e exteriores 	
<p>ENSAIOS A REALIZAR:</p> <p>D-V3 - avaliação de esquadrias / alinhamentos</p> <p>D-V1 - medição de fissuras / folgas / frestas</p> <p>D-H1 - projecção de água</p> <p>D-H2 - submersão dos caixilhos</p> <p>D-P1 - teste do ventilador</p> <p>D-S2 - avaliação do isolamento sonoro</p> <p>D-T1 - medição da temperatura</p> <p>D-T2 - medição da humidade</p> <p>D-T3 - termografia de infravermelhos</p>	
<p>TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):</p> <p>R-P6 - Reparação de deformações (distorções/ retracções/ empenos/ dilatações)</p> <p>R-P8 - Substituição de caixilhos ou bites</p> <p>R-P9 - Aplicação de perfis de reforço</p> <p>R-A1 - Reparação, introdução ou substituição de borrachas vedantes</p> <p>R-A3 - Substituição de elementos degradados, ou em falta</p> <p>R-F1 - Afinação ou substituição de dobradiças</p> <p>R-F2 - Afinação ou substituição do mecanismo de abertura / fecho</p> <p>R-P5 - Repintura da superfície</p>	
<p>PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - condições para que o fenómeno progrida (S/N) - permitir infiltrações (S/N) - correcto funcionamento das partes móveis (S/N) 	
<p>NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:</p> <p>0 - quando a anomalia implique a inoperacionalidade das partes móveis e/ou ocorrência de infiltrações abundantes</p> <p>1 - quando a anomalia não implique a inoperacionalidade das partes móveis nem a ocorrência de infiltrações abundantes mas apresente condições de progressão</p> <p>2 - quando a anomalia não implique a inoperacionalidade das partes móveis nem a ocorrência de infiltrações e não apresente condições de progressão</p> <p style="text-align: center;"><u>sublinhado</u> - grande correlação</p>	

FICHA DE ANOMALIA A-F1 FOLGAS ENTRE ARO E VÃO OU ENTRE ARO E FOLHA (EXCESSIVAS OU INSUFICIENTES)

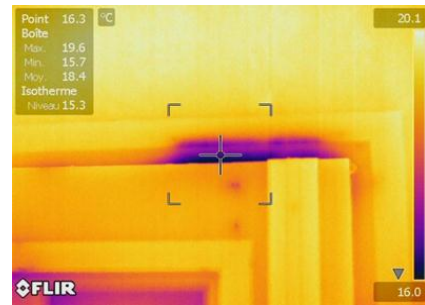
DESCRIÇÃO: incorrecta folga entre aro e o vão ou entre aro e folha, ou seja, entre ao espaço existente entre a alvenaria acabada e o caixilho ou entre aro fixo e a(s) folha(s) móveis, respectivamente

CAUSAS PROVÁVEIS:**Causas directas (próximas)**

C-E11- montagem / instalação incorrecta da caixilharia

Causas indirectas (primeiras)

- C-P9** - especificação inadequada das folgas entre aro e vão
- C-P10** - especificação inadequada das folgas entre aro e folha
- C-E2** - colocação / fixação incorrecta do aro no vão
- C-E4** - colocação incorrecta dos elementos de vedação
- C-E14** - preenchimento incompleto da folga entre aro e vão
- C-E15** - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada
- C-M2** - deformação do suporte
- C-A4** - presença de água (condensações / chuva / neve)
- C-A6** - temperatura (ou variação)



(Thermography, 2012)

CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:

- perda de estanqueidade
- aspecto estético afectado

ASPECTOS A INSPECCIONAR:

- estanqueidade (S/N)
- dimensão da folga (E-excessiva; C-correta; I-insuficiente)
- deformação do suporte (S/N)
- nivelamento entre folhas (S/N)

ENSAIOS A REALIZAR:

- D-V1 - medição de fissuras / folgas / frestas
- D-H1 - projecção de água
- D-S2 - avaliação do isolamento sonoro
- D-T3 - termografia de infravermelhos
- D-V3 - avaliação de esquadrias / alinhamentos
- D-H2 - submersão dos caixilhos
- D-P1 - teste do ventilador

TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):

- R-A1 - Reparação, introdução ou substituição de borrachas vedantes
- R-A2 - Reparação, introdução ou substituição de mastiques isolantes
- R-F1 - Afinação ou substituição de dobradiças
- R-F2 - Afinação ou substituição do mecanismo de abertura/fecho
- R-A3 - Substituição de elementos degradados, ou em falta
- R-P3 - Reparação de zonas degradadas por corrosão
- R-F3 - Instalação de ferragens complementares (dobradiças / pontos de fecho / ligações aro-vão)
- R-P6 - Reparação de deformações (distorções/ retracções / empenos/ dilatações)
- R-P8 - Substituição de caixilhos ou bites


PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:

- condições para que o fenómeno progrida (S/N)
- permitir infiltrações (S/N)
- correcto funcionamento das partes móveis (S/N)


NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:

- 0 - quando a anomalia implique a inoperacionalidade das partes móveis e/ou ocorrência de infiltrações abundantes
- 1 - quando a anomalia não implique a inoperacionalidade das partes móveis nem a ocorrência de infiltrações abundantes mas apresente condições de progressão
- 2 - quando a anomalia não implique a inoperacionalidade das partes móveis nem a ocorrência de infiltrações e não apresente condições de progressão

sublinhado - grande correlação


FICHA DE ANOMALIA A-F2	JUNTAS ABERTAS
DESCRIÇÃO: abertura das juntas de ligação entre elementos da caixilharia	
CAUSAS PROVÁVEIS:	
Causas directas (próximas)	
C-E11- montagem / instalação incorrecta da caixilharia	
Causas indirectas (primeiras)	
C-E1 - concepção deficiente do caixilho e/ou componentes (em fábrica)	
C-E9 - fixação incorrecta das peças	
C-E10 - incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem	
C-E15 - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada	
C-M1 - arrombamento	
C-M2 - deformação do suporte	
	
CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:	
- perda de estanqueidade	
- aspecto estético afectado	
ASPECTOS A INSPECIONAR:	
- estanqueidade (S/N)	
- dimensão da junta (mm)	
- temperatura e condições higrotérmicas interiores e exteriores	
ENSAIOS A REALIZAR:	
D-V1 - medição de fissuras / folgas / frestas	
D-H1 - projecção de água	
D-S2 - avaliação do isolamento sonoro	
D-T3 - termografia de infravermelhos	
D-V3 - avaliação de esquadrias / alinhamentos	
D-H2 - submersão dos caixilhos	
D-P1 - teste do ventilador	
TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):	
R-A2 - Reparação, introdução ou substituição de mastiques isolantes	
R-P11 - Aplicação de betumes em fendas	
R-A3 - Substituição de elementos degradados, ou em falta.	
R-F1 - Afinação ou substituição de dobradiças	
R-F2 - Afinação ou substituição do mecanismo de abertura/fecho	
R-P6 - Reparação de deformações (distorções/ retrações/ empenos/ dilatações)	
R-P8 - Substituição de caixilhos ou bites	
R-P9 - Aplicação de perfis de reforço	
PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:	
- condições para que o fenómeno progrida (S/N)	
- permitir infiltrações (S/N)	
NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:	
0 - quando a anomalia implique a ocorrência de infiltrações abundantes	
1 - quando a anomalia não implique a ocorrência de infiltrações abundantes mas apresente condições de progressão	
2 - quando a anomalia não implique a ocorrência de infiltrações e não apresente condições de progressão	
<u>sublinhado</u> - grande correlação	

FICHA DE ANOMALIA A-F3	DESNIVELAMENTO ENTRE FOLHAS
DESCRIÇÃO: disniveamento entre partes móveis (folhas) adjacentes	
<p>CAUSAS PROVÁVEIS:</p> <p>Causas directas (próximas)</p> <p>C-E8 - falta de rigor na execução do nivelamento das folhas</p> <p>Causas indirectas (primeiras)</p> <p>C-P7 - escolha inadequada do perfil, materiais, geometria ou sistema de caixilho em função do vão</p> <p>C-P12 - pontos de fecho insuficientes ou mal distribuídos</p> <p>C-E10 - incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem</p> <p>C-E11 - montagem / instalação incorrecta da caixilharia</p> <p>C-E15 - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada</p> <p>C-M1 - arrombamento</p> <p>C-M2 - deformação do suporte</p> <p>C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis</p> <p>C-U5 - manutenção inexistente</p>	
<p>CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - perda de estanqueidade - perda de funcionalidade das partes moveis - aspecto estético afectado 	
<p>ASPECTOS A INSPECCIONAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> - estanqueidade (S/N) - dimensão do desnível (mm) - operacionalidade das partes móveis (S/N) 	
<p>ENSAIOS A REALIZAR:</p> <p>D-V3 - avaliação de esquadrias / alinhamentos</p> <p>D-V1 - medição de fissuras / folgas / frestas</p> <p>D-H1 - projecção de água</p> <p>D-P1 - teste do ventilador</p> <p>D-S2 - avaliação do isolamento sonoro</p> <p>D-T3 - termografia de infravermelhos</p>	
<p>TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):</p> <p>R-F1 - Afinação ou substituição de dobradiças</p> <p>R-F3 - Instalação de ferragens complementares (dobradiças / pontos de fecho / ligações aro-vão)</p> <p>R-A2 - Reparação, introdução ou substituição de mastiques isolantes</p> <p>R-A3 - Substituição de elementos degradados, ou em falta</p> <p>R-F2 - Afinação ou substituição do mecanismo de abertura/fecho</p> <p>R-P6 - Reparação de deformações (distorções/ retracções / empenos/ dilatações)</p> <p>R-P8 - Substituição de caixilhos ou bites</p> <p>R-P9 - Aplicação de perfis de reforço</p>	
<p>PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - condições para que o fenómeno progrida (S/N) - permitir infiltrações (S/N) - correcto funcionamento das partes móveis (S/N) - correcto funcionamento dos mecanismos de fecho (S/N) 	
<p>NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:</p> <p>0 - quando a anomalia implique a inoperacionalidade das partes móveis ou mecanismos de fecho e/ou ocorrência de infiltrações abundantes</p> <p>1 - quando a anomalia não implique a inoperacionalidade das partes móveis ou mecanismos de fecho nem a ocorrência de infiltrações abundantes mas apresente condições de progressão</p> <p>2 - quando a anomalia não implique a inoperacionalidade das partes móveis ou mecanismos de fecho nem a ocorrência de infiltrações e não apresente condições de progressão</p>	
<p><u>sublinhado</u> - grande correlação</p>	

FICHA DE ANOMALIA A-Q1	VIDROS QUEBRADOS
DESCRIÇÃO: quebra de vidros que compõem o vão envidraçado	
<p>CAUSAS PROVÁVEIS:</p> <p>Causas directas (próximas)</p> <p>C-M1 - arrombamento</p> <p>C-M2 - deformação do suporte</p> <p>C-M3 - colisão de objectos</p> <p>C-M5 vibrações</p> <p>C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis</p> <p>Causas indirectas (primeiras)</p> <p>C-A7 - ventos fortes</p> <p>C-E7 - falta de rigor na execução de trabalhos posteriores</p> <p>C-E13 - manuseamento incorrecto dos materiais ou utilização de ferramentas inadequadas</p> <p>C-A6 - temperatura (ou variação)</p> <p>C-E3 - colocação / fixação incorrecta do vidro</p>	
<p>CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - permeabilidade total - aspecto estético afectado 	
<p>ASPECTOS A INSPECCIONAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> - número de vidros partidos - proximidade a fonte de vibrações (estrada, caminho de ferro, entre outras) (S/N) - deformação do suporte (S/N) - acessível a transeuntes (S/N) 	
<p>ENSAIOS A REALIZAR:</p> <p>D-V3 - avaliação de esquadrias / alinhamentos</p> <p>D-P1 - teste do ventilador</p> <p>D-T1 - medição da temperatura</p> <p>D-T3 - termografia de infravermelhos</p>	
<p>TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):</p> <p>R-V1 - <u>Substituição do envidraçado (por dano ou melhor performance)</u></p> <p>R-V2 - <u>Reparação do envidraçado</u></p> <p>R-P3 - <u>Reparação de zonas degradadas por corrosão</u></p>	
<p>PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - permitir infiltrações (S/N) - risco para transeuntes (S/N) 	
<p>NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:</p> <p>0 - quando permitir a entrada da água da chuva ou implique risco para os transeuntes</p> <p>1 - quando não permita entrada abundante de água nem risco para transeuntes</p> <p>2 - quando não comprometa a estanqueidade nem se traduza em risco para transeuntes (vidro rachado)</p> <p style="text-align: center;"><u>sublinhado</u> - grande correlação</p>	

FICHA DE ANOMALIA A-Q2	DOBRADIÇAS DANIFICADAS
DESCRIÇÃO: dobradiças danificadas ou em mau funcionamento	
CAUSAS PROVÁVEIS:	
Causas directas (próximas)	
C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis	
C-U5 - manutenção inexistente	
Causas indirectas (primeiras)	
C-P3 - concepção de número insuficiente de fixações	
C-P7 - escolha inadequada do perfil, materiais, geometria ou sistema de caixilho em função do vão	
C-E8 - falta de rigor na execução do nivelamento das folhas	
C-E10 - incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem	
C-E11- montagem / instalação incorrecta da caixilharia	
C-M1 - arrombamento	
C-E16 - utilização de materiais de baixa qualidade, inadequados e/ou não certificados ou homologados	
C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve)	
CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:	
- perda de funcionalidade das partes móveis	
- aspecto estético afectado	
ASPECTOS A INSPECCIONAR:	
- operacionalidade das partes móveis (S/N)	
- manutenção periódica (S/N)	
- número suficiente de fixações (S/N)	
ENSAIOS A REALIZAR:	
D-V3- avaliação de esquadrias / alinhamentos	
TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):	
R-F3 - Instalação de ferragens complementares (dobradiças / pontos de fecho/ ligações aro-vão)	
R-A3 - Substituição de elementos degradados, ou em falta	
R-F1 - Afinação ou substituição de dobradiças	
R-P3 - Reparação de zonas degradadas por corrosão	
R-P8 - Substituição de caixilhos ou bites	
PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:	
- correcto funcionamento das partes móveis (S/N)	
- condições para que o fenómeno progrida (S/N)	
NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:	
1 - quando a anomalia implique a inoperacionalidade das partes móveis mas apresente condições de progressão	
2 - quando a anomalia não implique a inoperacionalidade das partes móveis mas apresente condições de progressão	
<u>sublinhado</u> - grande correlação	



FICHA DE ANOMALIA A-Q3	MECANISMOS DE FECHO DANIFICADOS	
DESCRIÇÃO: mecanismos de fecho danificados ou em mau funcionamento		
CAUSAS PROVÁVEIS:		
Causas directas (próximas)		
C-P12 - pontos de fecho insuficientes ou mal distribuídos		
C-U4 - manuseamento incorrecto do mecanismo de fecho		
C-M1 - arrombamento		
Causas indirectas (primeiras)		
C-P7 - escolha inadequada do perfil, materiais, geometria ou sistema de caixilho em função do vão		
C-E1 - concepção deficiente do caixilho e/ou componentes (em fábrica)		
C-E10 - incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem		
C-E11- montagem / instalação incorrecta da caixilharia		
C-E15 - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada		
C-M3 - colisão de objectos		
C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve)		
C-U5 - manutenção inexistente		
CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:		
- perda de funcionalidade das partes móveis		
- aspecto estético afectado		
ASPECTOS A INSPECCIONAR:		
- operacionalidade das partes móveis (S/N)		
- manutenção periódica (S/N)		
- número suficiente de pontos de fecho (S/N)		
- acessibilidade a transeuntes (S/N)		
ENSAIOS A REALIZAR:		
D-V3 - avaliação de esquadrias / alinhamentos		
TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):		
R-F2 - Afinação ou substituição do mecanismo de abertura/fecho		
R-A3 - Substituição de elementos degradados, ou em falta		
R-F1 - Afinação ou substituição de dobradiças		
R-F3 - Instalação de ferragens complementares (dobradiças / pontos de fecho/ ligações aro-vão)		
R-P3 - Reparação de zonas degradadas por corrosão		
R-P8 - Substituição de caixilhos ou bites		
R-P9 - Aplicação de perfis de reforço		
PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:		
- correcto funcionamento dos mecanismos de fecho (S/N)		
- correcto funcionamento das partes móveis (S/N)		
- condições para que o fenómeno progrida (S/N)		
- comprometer a segurança à intrusão (S/N)		
NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:		
0 - quando a anomalia não permita a abertura / fecho e/ou operacionalidade das partes móveis e comprometa a segurança à intrusão		
1 - quando a anomalia não permita a abertura / fecho e/ou operacionalidade das partes móveis mas não comprometa a segurança à intrusão		
2 - quando a anomalia não implique a inoperacionalidade das partes móveis nem impeça a abertura / fecho		
<u>sublinhado</u> - grande correlação		

FICHA DE ANOMALIA A-M1 ACUMULAÇÃO DE DETRITOS / SUJIDADE / COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA

DESCRIÇÃO: acumulação de detritos e outros materiais (folhas, teias de aranha, excrementos de aves, salpicos de tinta ou argamassa, bolores, entre outros) sobre a caixilharia e/ou peitoris

CAUSAS PROVÁVEIS:**Causas directas (próximas)**

C-E7 - falta de rigor na execução de trabalhos posteriores

C-U5 - manutenção inexistente

Causas indirectas (primeiras)

C-A1 - poluição atmosférica

C-A3 - acção biológica

C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve)

**CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:**

- entupimento do sistema de evacuação de águas
- degradação dos materiais (por contacto com os detritos)
- aspecto estético afectado

ASPECTOS A INSPECCIONAR:

- limpeza periódica (S/N)
- operacionalidade das partes móveis (S/N)
- funcionamento do sistema de evacuação de águas
- inclinação do peitoril

ENSAIOS A REALIZAR:

D-V2 - medição da inclinação (do peitoril)

D-T1 - medição da temperatura

D-T2 - medição da humidade

TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):

R-P1 - Limpeza geral da caixilharia

R-A2 - Reparação, introdução ou substituição de mastiques isolantes

R-A3 - Substituição de elementos degradados, ou em falta

R-P5 - Repintura da superfície

R-P7 - Reparação ou execução de rasgos drenantes

R-P10 - Aplicação de hidrofugantes e anti-fúngicos

PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:

- correcto funcionamento das partes móveis (S/N)
- agressividade química dos detritos (S/N)
- valor estético das áreas afectadas (A-alto; M-médio; B-baixo)
- correcto funcionamento dos rasgos drenantes (S/N)

NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:

1 - detritos de elevada agressividade química e/ou valor estético das áreas afectadas alto e/ou incorrecto funcionamento das partes móveis e/ou obturação dos rasgos drenantes

2 - nos restantes casos

sublinhado - grande correlação

FICHA DE ANOMALIA A-E1	DEGRADAÇÃO DO REVESTIMENTO
<p>DESCRIÇÃO: degradação do material, tinta ou verniz que serve de revestimento ao material que compõe os caixilhos</p>	
<p>CAUSAS PROVÁVEIS:</p> <p>Causas directas (próximas)</p> <p>C-E12 - execução incorrecta do revestimento</p> <p>C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve)</p> <p>C-A5 - radiação solar</p> <p>Causas indirectas (primeiras)</p> <p>C-P6 - consideração incorrecta ou inexistente da agressividade do meio</p> <p>C-P8 - escolha / preparação / espessura incorrecta do revestimento</p> <p>C-U5 - manutenção inexistente</p> <p>C-M3 - colisão de objectos</p> <p>C-M4 - vandalismo</p> <p>C-A1 - poluição atmosférica</p> <p>C-A2 - acção química dos detritos / sujidade acumulada</p> <p>C-A3 - acção biológica</p> <p>C-U2 - lavagens excessivas ou com produtos de limpeza inadequados</p> <p>C-E7 - falta de rigor na execução de trabalhos posteriores</p>	
<p>CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - degradação dos materiais - aspecto estético afectado 	
<p>ASPECTOS A INSPECIONAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> - limpeza periódica (S/N) - espessura do revestimento - temperatura e condições higrotérmicas interiores e exteriores - acumulação de detritos (S/N) - colonização biológica (S/N) - acumulação de água (S/N) 	
<p>ENSAIOS A REALIZAR:</p> <p>D-S1 - ultra-sons</p> <p>D-E1 - correntes induzidas (caixilharias metálicas)</p> <p>D-T1 - medição da temperatura</p> <p>D-T2 - medição da humidade</p>	
<p>TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):</p> <p>R-A2 - <u>Reparação, introdução ou substituição de mastiques isolantes</u></p> <p>R-P2 - <u>Reparação de revestimentos</u></p> <p>R-P3 - <u>Reparação de zonas degradadas por corrosão</u></p> <p>R-P5 - <u>Repintura da superfície</u></p> <p>R-A3 - Substituição de elementos degradados, ou em falta</p> <p>R-F1 - Afinação ou substituição de dobradiças</p> <p>R-F2 - Afinação ou substituição do mecanismo de abertura/fecho</p> <p>R-P1 - Limpeza geral da caixilharia</p> <p>R-P4 - Execução de próteses</p> <p>R-P7 - Reparação ou execução de rasgos drenantes</p> <p>R-P8 - Substituição de caixilhos ou bites</p> <p>R-P9 - Aplicação de perfis de reforço</p> <p>R-P10 - Aplicação de hidrofugantes e anti-fúngicos</p> <p>R-P11 - Aplicação de betumes em fendas</p>	
<p>PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - condições para que o fenómeno progrida (S/N) - valor estético das áreas afectadas (A-alto; M-médio; B-baixo) 	
<p>NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - quando houver condições para a progressão do fenómeno e consequente degradação do material revestido ou quando o valor estético das áreas afectadas for alto 2 - quando o fenómeno estiver circunscrito e não apresentar condições para a progressão <p style="text-align: center;"><u>sublinhado</u> - grande correlação</p>	

FICHA DE ANOMALIA A-E2	DEGRADAÇÃO DOS MATERIAIS DOS CAIXILHOS
DESCRIÇÃO: degradação do material que compõe os caixilhos	
CAUSAS PROVÁVEIS:	
Causas directas (próximas)	
C-A3 - acção biológica	
C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve)	
C-A5 - radiação solar	
Causas indirectas (primeiras)	
C-P6 - consideração incorrecta ou inexistente da agressividade do meio	
C-P8 - escolha / preparação / espessura incorrecta do revestimento	
C-E1 - concepção deficiente do caixilho e/ou componentes (em fábrica)	
C-U2 - lavagens excessivas ou com produtos de limpeza inadequados	
C-A1 - poluição atmosférica	
C-A2 - acção química dos detritos / sujidade acumulada	
C-M3 - colisão de objectos	
CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:	
- aspecto estético afectado	
- perda de estanqueidade	
ASPECTOS A INSPECCIONAR:	
- degradação do revestimento (S/N)	
- estanqueidade (S/N)	
- temperatura e condições higrotérmicas interiores e exteriores	
- colonização biológica (S/N)	
- acumulação de água (S/N)	
- agressividade do meio (A-alta; M-média; B-baixa)	
ENSAIOS A REALIZAR:	
D-S1 - ultra-sons	
D-E1 - correntes induzidas (caixilharias metálicas)	
D-T2 - medição da humidade	
TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):	
R-A2 - <u>Reparação, introdução ou substituição de mastiques isolantes</u>	
R-P3 - <u>Reparação de zonas degradadas por corrosão</u>	
R-P4 - <u>Execução de próteses</u>	
R-P5 - <u>Repintura da superfície</u>	
R-P8 - <u>Substituição de caixilhos ou bites</u>	
R-A3 - Substituição de elementos degradados, ou em falta	
R-P1 - Limpeza geral da caixilharia	
R-P2 - Reparação de revestimentos	
R-P6 - Reparação de deformações (distorções/ retracções/ empenos/ dilatações)	
R-P7 - Reparação ou execução de rasgos drenantes	
R-P11 - Aplicação de betumes em fendas	
PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:	
- permitir infiltrações (S/N)	
- condições para que o fenómeno progrida (S/N)	
- valor estético das áreas afectadas (A-alto; M-médio; B-baixo)	
NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:	
0 - quando o fenómeno implique a ocorrência de infiltrações abundantes	
1 - quando houver condições para a progressão do fenómeno e/ou quando o valor estético das áreas afectadas for alto	
2 - quando o fenómeno estiver circunscrito e não apresentar condições para a progressão	
<u>sublinhado</u> - grande correlação	



FICHA DE ANOMALIA A-11	INFILTRAÇÕES
DESCRIÇÃO: entrada de água de precipitação através do vão envidraçado	
CAUSAS PROVÁVEIS:	
Causas directas (próximas)	
C-P1 - concepção / pormenorização incorrecta do sistema de evacuação de águas	
C-P2 - concepção / pormenorização incorrecto do peitoril	
C-E5 - execução incorrecta do peitoril	
C-E6 - execução incorrecta do sistema de evacuação de águas	
C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve)	
Causas indirectas (primeiras)	
C-P9 - especificação inadequada das folgas entre aro e vão	
C-P10 - especificação inadequada das folgas entre aro e folha	
C-P11 - inexistência ou pormenorização incorrecta da pingadeira;	
C-E2 - colocação / fixação incorrecta do aro no vão	
C-E4 - colocação incorrecta dos elementos de vedação	
C-E11- montagem / instalação incorrecta da caixilharia	
C-E14 - preenchimento incompleto da folga entre aro e vão	
C-M3 - colisão de objectos	
C-M5 - vibrações	
C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis	
CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:	
- aspecto estético afectado	
- degradação do revestimento	
- degradação do material dos caixilhos (corrosão e apodrecimento)	
- desenvolvimento de microrganismos	
- deformações	
ASPECTOS A INSPECCIONAR:	
- estanqueidade	
ENSAIOS A REALIZAR:	
<u>D-H1 - projecção de água</u>	
<u>D-H2 - submersão dos caixilhos</u>	
D-V1 - medição de fissuras / folgas / frestas	
D-V2 - medição da inclinação (do peitoril)	
D-V3 - avaliação de esquadrias / alinhamentos	
D-P1 - teste do ventilador	
D-S2 - avaliação do isolamento sonoro	
D-T2 - medição da humidade	
D-T3 - termografia de infravermelhos	
TÉCNICAS DE REPARAÇÃO (Vicente, 2012):	
<u>R-A1 - Reparação, introdução ou substituição de borrachas vedantes</u>	
<u>R-P7 - Reparação ou execução de rasgos drenantes</u>	
<u>R-P8 - Substituição de caixilhos ou bites</u>	
R-A2 - Reparação, introdução ou substituição de mastiques isolantes	
R-A3 - Substituição de elementos degradados, ou em falta	
R-F1 - Afinação ou substituição de dobradiças	
R-F2 - Afinação ou substituição do mecanismo de abertura/fecho	
R-F3 - Instalação de ferragens complementares (dobradiças / pontos de fecho/ ligações aro-vão)	
R-P1 - Limpeza geral da caixilharia	
R-P2 - Reparação de revestimentos	
R-P3 - Reparação de zonas degradadas por corrosão	
R-P4 - Execução de próteses	
R-P5 - Repintura da superfície	
R-P6 - Reparação de deformações (distorções/ retrações/ empenos/ dilatações)	
R-P9 - Aplicação de perfis de reforço	
R-P10 - Aplicação de hidrofugantes e anti-fúngicos	
R-P11 - Aplicação de betumes em fendas	
R-V1 - Substituição do envidraçado (por dano ou melhor performance)	
PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:	
- condições para que o fenómeno progrida (S/N)	
- provoca degradação dos revestimentos e/ou materiais (S/N)	
NÍVEL DE GRAVIDADE / URGÊNCIA DE REPARAÇÃO:	
0 - quando houver condições para a progressão do fenómeno e/ou provoque a degradação dos revestimentos e/ou materiais	
1 - quando não houver condições para a progressão do fenómeno e este não provoque degradação dos revestimentos e/ou materiais	
<u>sublinhado</u> - grande correlação	



Anexo 4.I
Fichas dos métodos de diagnóstico

FICHA DE ENSAIO D-V1	MEDIÇÃO DE FISSURAS E FOLGAS / FRESTAS
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
a) Quantificar e/ou monitorizar abertura de fissuras da zona opaca	
b) Quantificar folgas ou frestas da caixilharia	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
a) Comparador de fissuras, medidor óptico, fissurómetro ou alongâmetro mecânico	
b) Comparador de fissuras ou fita métrica	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
1 - Colocação do equipamento junto à fissura; 2- leitura do valor no mostrador	
VANTAGENS:	
Método expedito, rápida interpretação dos dados (fita métrica, comparador e medidor óptico) e precisão nos resultados (alongâmetro e fissurómetro)	
LIMITAÇÕES:	
a) Menor grau de precisão do comparador e medidor óptico	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(Oz, 2002) (Martins <i>et al.</i> , 2005) (Cóias, 2006) (Garcia, 2006) (Martins <i>et al.</i> , 2011)	



FICHA DE ENSAIO D-V2	MEDIÇÃO DA INCLINAÇÃO
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
Verificar se os peitoris têm uma inclinação correcta, que não favoreça a acumulação de água ou detritos	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
Régua de nível ou nível <i>laser</i>	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
1 - Colocação do equipamento sobre o peitoril, perpendicular ao plano do vão envidraçado; 2 – leitura / apreciação no equipamento do valor da inclinação	
VANTAGENS:	
Técnica expedita e simples, não exigindo pessoal qualificado para a execução e interpretação dos resultados das medições	
LIMITAÇÕES:	
É necessário o acesso (no caso da régua de nível)	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(Silva <i>et al.</i> , 2003) (Garcez, 2009) (Anvi, 2012) (Ferrovicmar, 2012)	





FICHA DE ENSAIO D-V3	AVALIAÇÃO DE ESQUADRIAS / ALINHAMENTOS
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
Avaliar se as esquadrias e os alinhamentos estão correctos	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
Fita métrica, prumo ou nível <i>laser</i>	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
1 - Colocação do fio-de-prumo ou <i>laser</i> na vertical junto à esquadria a avaliar; 2 - verificar a esquadria recorrendo a uma fita métrica tendo como referência a linha de prumada. 3 - proceder de modo semelhante, com o nível <i>laser</i> na horizontal, paralelo (justaposto) a um dos caixilhos, verificar o alinhamento entre caixilhos opostos	
VANTAGENS:	
Técnica expedita e simples, não exigindo pessoal qualificado quer para a execução quer para interpretação dos resultados	
LIMITAÇÕES:	
Nada de significativo a assinalar	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(Teodol, 2012)	






FICHA DE ENSAIO D-H1	PROJEÇÃO DE ÁGUA
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
Avaliação da estanqueidade à água da caixilharia	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
Meios de acesso (escada) e mangueira de água	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
Projecção de água sobre a caixilharia (pelo exterior) e, em simultâneo, análise visual pelo interior (detecção e localização da entrada de água)	
VANTAGENS:	
Não implica o uso de equipamento ou mão-de-obra especializados, apresentando-se como um ensaio de reduzida complexidade e custo	
LIMITAÇÕES:	
Requer a presença de dois técnicos	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(Window Inspections, 2012)	






FICHA DE ENSAIO D-H2	SUBMERSÃO DOS CAIXILHOS
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
Avaliação da estanqueidade à água da caixilharia (efeito “barragem”)	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
Meios de acesso (escada), fita adesiva impermeável e mangueira de água	
	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
1 - Criar, na face voltada ao exterior, um canal com fita adesiva impermeável; 2 - encher o canal de água até um determinado nível a registar; 3 - proceder a uma análise visual cuidada com vista à detecção e localização da entrada de água: pelo exterior pela observação do fluxo da água no canal e pelo interior detectando o aparecimento de água	
VANTAGENS:	
Não implica o uso de equipamento ou mão-de-obra especializados, apresentando-se como um ensaio de reduzida complexidade e custo	
LIMITAÇÕES:	
Não permitir a avaliação da estanqueidade dos caixilhos laterais e de topo	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(Window Inspections, 2012)	

FICHA DE ENSAIO D-P1	TESTE DO VENTILADOR
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
Detecção e localização de fugas de ar pela envolvente do edifício (folgas / frestas na caixilharia)	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
Ventilador, manómetros, sistema de montagem e caneta de fumos	
	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
1 - Montagem do sistema de ventilação numa porta ou janela (figura à esquerda); 2 - fecho de todas as comunicações com o exterior (portas, janelas, chaminés, entre outros) e abertura das portas interiores; 3 - activação do ventilador, regulando-o (velocidade de giração) até obter o gradiente de pressão desejado; 4 - inspecção das juntas e folgas das caixilhas borrifando-as com fumo (figura à direita)	
VANTAGENS:	
Precisão na medição da permeabilidade da envolvente; permite detectar e localizar com precisão as fugas de ar pela caixilharia	
LIMITAÇÕES:	
Difícil aplicabilidade em edifícios de grandes dimensões; não foram encontradas em Portugal empresas especializadas neste ensaio	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(TEC, 2012) (IECC, 2012) (IEA, 2012) (Grimmer, 2012)	

FICHA DE ENSAIO D-E1	CORRENTES INDUZIDAS
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
Detecção de defeitos (fissuras, corrosão), medição da espessura de revestimentos e medição da espessura de camadas protectoras	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
Medidor portátil de condutibilidade eléctrica	
	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
1 - Colocação da sonda emissora e receptora de corrente eléctrica em contacto com a superfície do revestimento; 2 - geração e aplicação de corrente eléctrica através da sonda; 3 - interpretação dos resultados obtidos, relacionando-os com as propriedades físicas (espessura) e mecânicas (nível de desenvolvimento da corrosão) dos materiais	
VANTAGENS:	
Ensaio rápido, de baixo custo e preciso	
LIMITAÇÕES:	
Exige experiência na interpretação dos resultados; influenciado por factores como: condutividade eléctrica, permeabilidade magnética e efeito de bordo. Muitos dos equipamentos de correntes induzidas existentes no mercado apenas podem ser usados em materiais metálicos	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(Santos, 1999) (Dias, 2004) (Garcez, 2009)	
FICHA DE ENSAIO D-S1	ULTRA-SONS
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
Detectar defeitos e descontinuidades no interior dos elementos e determinar espessuras dos materiais e fenómenos de corrosão através da propagação de ondas acústicas	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
Gerador de impulsos; dois transdutores (transmissor e receptor) de características idênticas; base de tempos; tubo de raios catódicos; massa acoplante para fixação dos transdutores	
	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
1 - Colocação dos transdutores de transmissão e recepção em contacto com a superfície do revestimento sob uma fina camada de acoplante, exercendo a pressão apropriada para evitar a presença de ar entre as superfícies de contacto; 2 - aplicação de um impulso eléctrico através do transmissor; 3 - leitura da velocidade de propagação das ondas reflectidas no ecrã LCD ou no tubo de raios catódicos do aparelho; 4 - interpretação dos resultados obtidos, relacionando-os com as propriedades físicas (espessura) e mecânicas (estado de degradação e existência de descontinuidades / defeitos) dos materiais	
VANTAGENS:	
Penetração elevada numa vasta gama de espessuras e materiais permitindo a detecção de descontinuidades no interior dos elementos; determinação precisa da localização, dimensão e forma das descontinuidades; ensaio de baixo custo e execução rápida	
LIMITAÇÕES:	
Aplicação difícil em peças de geometria complexa e/ou de espessura muito reduzida e/ou em materiais de grande atenuação acústica; toxicidade dos materiais penetrantes, emulsificadores e reveladores exige cuidados no manuseamento; ensaio que requer um operador experiente para a interpretação dos resultados e para execução correcta do acoplamento dos transdutores	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(Santos, 1999) (Dias, 2004) (Silvestre, 2005) (Garcez, 2009) (Costa, 2009) (Defelsko, 2012)	

FICHA DE ENSAIO D-S2	VERIFICAÇÃO DO ISOLAMENTO SONORO
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
Verificação da capacidade de isolamento sonoro dos vãos envidraçados	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
Sonómetro e fonte sonora normalizada	
	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
1 - Colocação do sonómetro na proximidade do vão envidraçado a analisar 2 - colocação da fonte sonora no lado oposto, constituindo o vão envidraçado uma separação física entre os dispositivos 3 - activação da fonte sonora 4 - medição, com o sonómetro, do nível de pressão sonora que “passa” pelo vão envidraçado; 5 - interpretação dos resultados obtidos	
VANTAGENS:	
Permite quantificar com precisão a capacidade de isolamento sonora dos vãos envidraçados após instalação	
LIMITAÇÕES:	
Dificuldade em obter uma exacta informação sobre as condições, em termos de ruído de fundo, na altura da realização dos ensaios	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(ISO 717-1:1996) (Rosa <i>et al.</i> , 1998) (RRAE, 2008) (NP EN ISO 140-5:2009) (Pinto, 2009)	

FICHA DE ENSAIO D-T1	MEDIÇÃO DA TEMPERATURA (SUPERFICIAL E AMBIENTE)
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
Medição da temperatura na superfície da superfície da caixilharia e/ou no ambiente circundante	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
Termómetro ou termo-higrómetro	
	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
1 - Colocação do equipamento junto à caixilharia; 2 - leitura do valor no mostrador; 3 - repetição da medição em diferentes pontos da caixilharia e/ou do ambiente circundante	
VANTAGENS:	
Método expedito, rápida interpretação dos dados e grau de precisão aceitável	
LIMITAÇÕES:	
Uma boa precisão na medição implica que se considerem determinados parâmetros de correcção (ex.: emissividade do material)	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(Garcia, 2006) (Ambifood, 2012) (Roma Lda., 2012)	

FICHA DE ENSAIO D-T2	MEDIÇÃO DA HUMIDADE (AMBIENTE E DOS MATERIAIS)
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
a) Medição da temperatura e da humidade relativa ambientes junto à caixilharia b) Medição do teor em água nos materiais	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
a) Higrómetro ou termo-higrómetro; b) Humidímetro	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>a)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>b)</p>  </div> </div>	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
a) 1 - Colocação do higrómetro ou termo-higrómetro na proximidade da caixilharia; 2 - leitura no visor do valor medido; 3 - repetição da medição em diferentes zonas b) 1 - Colocação do humidímetro em contacto com a caixilharia; 2 - leitura no visor do valor medido; 3 - repetição da medição em diferentes pontos da caixilharia	
VANTAGENS:	
Versatilidade na execução; rapidez na medição e facilidade na interpretação dos resultados; grau de precisão aceitável	
LIMITAÇÕES:	
Uma boa precisão na medição implica que se calibre o equipamento para o material em análise	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(Mendonça, 2005) (Garcia, 2006) (Costa, 2009) (Garcez, 2009) (Roma, 2012)	
FICHA DE ENSAIO D-T3	TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHOS
DESTRUTIVO (D) / NÃO DESTRUTIVO (ND):	
ND	
OBJECTIVOS:	
Avaliar a qualidade de isolamento térmico dos vãos envidraçados	
EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:	
Câmara termográfica sensível à radiação infravermelha; pares termoelétricos para controlo das temperaturas e equipamento de gravação em cassete vídeo e em disquete, para gravação dos termogramas obtidos	
	
DESCRIÇÃO DO MÉTODO:	
1 - Aproveitando o aquecimento provocado pela radiação solar, observar as imagens termográficas obtidas através da câmara de infravermelhos; 2 - registar em disquetes ou aparelhagem videográfica as imagens recolhidas, para posterior interpretação e diagnóstico	
VANTAGENS:	
Técnica eficaz e económica, permitindo a inspeção sem existir contacto com os elementos a diagnosticar; técnica de teste de áreas em vez de pontos; permite apresentar uma imagem da superfície analisada	
LIMITAÇÕES:	
As observações termográficas efectuadas implicam ensaios posteriores mais localizados; a interpretação dos resultados exige um profissional com experiência e conhecimento na área do comportamento térmico dos materiais	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	
(Mendonça, 2005b) (Silvestre, 2005) (Cóias, 2006) (Garcez, 2009) (Thermography, 2012)	

Anexo 5.1
Ficha-tipo de inspecção

FICHA DE INSPECÇÃO N.º		DATA DA INSPECÇÃO	
RESPONSÁVEL / FUNÇÃO			
OBJECTIVO DA INSPECÇÃO			

I - CONDIÇÕES CLIMÁTICAS						
I.1 - Temperatura	<5°		entre 5° e 15°		> 15°	
I.2 - Pluviosidade	Nula		Aguaceiros		Chuva forte	
I.3 - Humidade	Baixa		Média		Alta	

II - EDIFÍCIO		(Nome)									
II.1 - Localização											
II.2 - Altitude		0 - 300		300 - 600		> 600					
II.3 - Tipo de utilização		Dormitório		Gabinete / sala de aula		Cozinha		WC		Outra	
II.4 - Ano de conclusão											
II.5 - Caracterização construtiva											
II.6 - N.º de pisos acima do solo											
II.7 - Zona térmica (ver anexo 5.Ia)	Inverno	A		B							
	Verão	A		B		C					
II.8 - Zona vento		A		B		(ver anexo 5.Ib)					
II.9 - Rugosidade aerodinâmica (ver anexo 5.Ib)		Tipo 0		Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV	
II.10 - Exposição a agentes poluentes		Alta		Média		Baixa		Nula			
II.11 - Tipo de envolvente		Rural		Urbana		Marítima					
II.12 - Proximidade do mar		< 1 km		< 5 km		> 5 km					
II.13 - Contactos efectuados		Comandante / Oficial de dia				Projectista			Empreiteiro		Outro
II.13.1 - Nome(s)											
II.14 - Notas											

III.A - CAIXILHARIAS VISTORIADAS												
III.1 - Caixilharia		(código)										
III.2 - Ano de instalação												
III.3 - Função		Porta		Janela								
III.4 - Orientação da fachada		Norte		Sul		Este		Oeste		(ex.: NE = Norte + Este)		
III.5 - Exposição do vão (ao vento)		Protegido		Exposto		(ver anexo 5.Ic)						
III.6 - Condições de sombreamento		Sim		Não		(ex.: precianas / portadas exteriores)						
III.7 - Posição do vão na fachada		Central (G)			Periférica (F)			(ver anexo 5.Ic)				
III.8 - Cota do vão acima do terreno (m)												
III.9 - Dimensões do vão (m)		Altura		Largura								
III.10 - Material		Madeira		Alumínio		PVC		Ferro / aço		Outro		
III.11 - Revestimento	Madeira	Sem revestimento			Tinta		Verniz		Velatura			
	Alumínio	Sem revestimento			Anodização		Lacagem					
	PVC	Sem revestimento					Película		Lacagem			
	Ferro / aço	Sem			Tinta		Anodização		Lacagem			
	Outro											
III.12 - Forma de abertura		Fixa			Oscilo-batente			Guilhotina			Outra	
		De batente			Pivotante			Vitrô			(*seleccionar as várias)	
		Basculante			De correr			Composta*				
III.13 - Tipo de preenchimento		Vidro		Vidro duplo		Grade		Lâmina opaca		Outro		
III.14 - Divisão fonte de vapor de água		Sim		Não		(ex.: cozinha, balneários e ginásio)						

Ficha de inspecção

III.15 - Intervenção posteriores na caixilharia	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	(Se sim, preencher ponto III)
III.16 - Marcação CE	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	
III.17 - Notas					

IV - MANUTENÇÃO

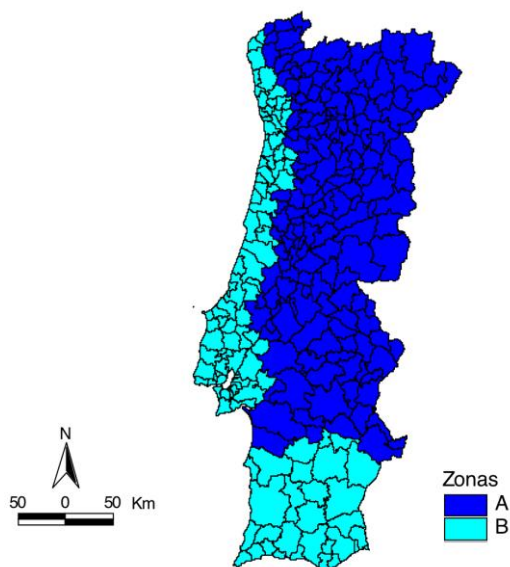
IV.1 - Tipologia implementada	
IV.2 - Periodicidade das inspecções e/ou das intervenções	
IV.3 - Características das intervenções efectuadas	
Data Técnica utilizada Materiais aplicados	
Data Técnica utilizada Materiais aplicados	
Data Técnica utilizada Materiais aplicados	

V - OBSERVAÇÕES

Anexo 5.Ia

Zonamento Térmico (EC1 - Parte 1.5)

Inverno



(Fonte: apontamentos da disciplina de Dimensionamento de Estruturas do IST - resumo da EN 1991-1-5)

Zona A – $T_{\min} = -5 \text{ °C}$

Continente:

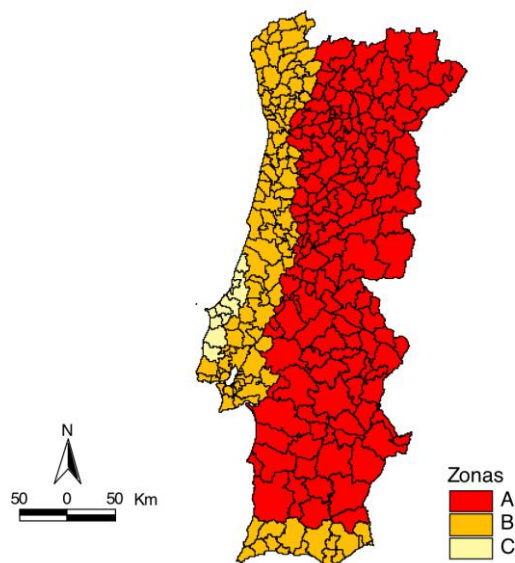
Abrantes, Aguiar da Beira, Alandroal, Alcácer do Sal, Alcanena, Alfândega da Fé, Alijó, Almeida, Almeirim, Alpiarça, Alter do Chão, Alvaiázere, Alvito, Amarante, Amares, Anadia, Ansião, Arcos de Valdevez, Arganil, Armamar, Arouca, Arraiolos, Arronches, Avis, Baião, Barrancos, Belmonte, Borba, Boticas, Braga, Bragança, Cabeceiras de Basto, Campo Maior, Carrazeda de Ansiães, Carregal do Sal, Castanheira de Pêra, Castelo Branco, Castelo de Paiva, Castelo de Vide, Castro Daire, Celorico da Beira, Celorico de Basto, Chamusca, Chaves, Cinfães, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Constância, Coruche, Covilhã, Crato, Elvas, Entroncamento, Estremoz, Évora, Fafe, Felgueiras, Ferreira do Zêzere, Figueira de Castelo Rodrigo, Figueiró dos Vinhos, Fornos de Algodres, Freixo de Espada à Cinta, Fronteira, Fundão, Gavião, Góis, Golegã, Gouveia, Grândola, Guarda, Guimarães, Idanha-a-Nova, Lamego, Lousã, Lousada, Mação, Macedo de Cavaleiros, Mangualde, Manteigas, Marco de Canaveses, Marvão, Mealhada, Meda, Melgaço, Mesão Frio, Miranda do Corvo, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Moimenta da Beira, Monção, Mondim de Basto, Monforte, Montalegre, Montemor-o-Novo, Mora, Mortágua, Moura, Mourão, Murça, Nelas, Nisa, Oleiros, Oliveira de Frades, Oliveira do Hospital, Ourém, Pampilhosa da Serra, Paredes de Coura, Pedrógão Grande, Penacova, Penafiel, Penalva do Castelo, Penamacor, Penedono, Penela, Peso da Régua, Pinhel, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Ponte de Sor, Portalegre, Portel, Póvoa de Lanhoso, Proença-a-Nova, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Resende, Ribeira de Pena, Sabrosa, Sabugal, Santa Comba, Dão, Santa Marta de Penaguião, Santarém, São João da Pesqueira, São Pedro do Sul, Sardoal, Sátão, Seia, Sernancelhe, Sertã, Sousel, Tábua, Tabuaço, Tarouca, Terras de Bouro, Tomar, Tondela, Torre de Moncorvo, Torres Novas, Trancoso, Valença, Valpaços, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vieira do Minho, Vila de Rei, Vila Flor, Vila Nova da Barquinha, Vila Nova de Foz Côa, Vila Nova de Paiva, Vila Nova de Poiares, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real, Vila Velha de Ródão, Vila Verde, Vila Viçosa, Vimioso, Vinhais, Viseu, Vizela, Vouzela

Zona B – $T_{\min} = 0 \text{ °C}$

Continente:

Águeda, Albergaria-a-Velha, Albufeira, Alcobaça, Alcochete, Alcoutim, Alenquer, Aljezur, Aljustrel, Almada, Almodôvar, Amadora, Arruda dos Vinhos, Aveiro, Azambuja, Barcelos, Barreiro, Batalha, Beja, Benavente, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Caminha, Cantanhede, Cartaxo, Cascais, Castro Marim, Castro Verde, Cuba, Espinho, Esposende, Estarreja, Faro, Ferreira do Alentejo, Figueira da Foz, Gondomar, Ílhavo, Lagoa, Lagos, Leiria, Lisboa, Loulé, Loures, Lourinhã, Mafra, Maia, Marinha Grande, Matosinhos, Mértola, Mira, Moita, Monchique, Montemor-o-Velho, Montijo, Murtosa, Nazaré, Óbidos, Odemira, Odivelas, Oeiras, Olhão, Oliveira de Azeméis, Oliveira do Bairro, Ourique, Ovar, Paços de Ferreira, Palmela, Paredes, Peniche, Pombal, Portimão, Porto, Porto de Mós, Póvoa de Varzim, Rio Maior, Salvaterra de Magos, Santa Maria da Feira, Santiago do Cacém, Santo Tirso, São Brás de Alportel, São João da Madeira, Seixal, Serpa, Sesimbra, Setúbal, Sever do Vouga, Silves, Sines, Sintra, Sobral de Monte Agraço, Soure, Tavira, Torres Vedras, Trofa, Vagos, Vale de Cambra, Valongo, Viana do Castelo, Vidigueira, Vila do Bispo, Vila do Conde, Vila Franca de Xira, Vila Nova de Cerveira, Vila Nova de Famalicão, Vila Nova de Gaia, Vila Real de Santo António

Verão



(Fonte: apontamentos da disciplina de Dimensionamento de Estruturas do IST - resumo da EN 1991-1-5)

Zona A – $T_{\max} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Continente:

Abrantes, Aguiar da Beira, Alandroal, Alcácer do Sal, Alcútem, Alfândega da Fé, Alijó, Aljustrel, Almeida, Almeirim, Almodôvar, Alpiarça, Alter do Chão, Alvito, Amarante, Arganil, Armamar, Arouca, Arraiolos, Arronches, Avis, Baião, Barrancos, Beja, Belmonte, Borba, Boticas, Bragança, Cabeceiras de Basto, Campo Maior, Carrazeda de Ansiães, Carregal do Sal, Castanheira de Pêra, Castelo Branco, Castelo de Paiva, Castelo de Vide, Castro Daire, Castro Verde, Celorico da Beira, Celorico de Basto, Chamusca, Chaves, Cinfães, Constância, Coruche, Covilhã, Crato, Cuba, Elvas, Entroncamento, Estremoz, Évora, Ferreira do Alentejo, Ferreira do Zêzere, Figueira de Castelo Rodrigo, Figueiró dos Vinhos, Fornos de Algodres, Freixo de Espada à Cinta, Fronteira, Fundão, Gavião, Góis, Golegã, Gouveia, Grândola, Guarda, Idanha-a-Nova, Lamego, Lousã, Mação, Macedo de Cavaleiros, Mangualde, Manteigas, Marco de Canaveses, Marvão, Meda, Mértola, Mesão Frio, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Moimenta da Beira, Mondim de Basto, Monforte, Montalegre, Montemor-o-Novo, Mora, Mortágua, Moura, Mourão, Murça, Nelas, Nisa, Odemira, Oleiros, Oliveira de Frades, Oliveira do Hospital, Ourique, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penacova, Penafiel, Penalva do Castelo, Penamacor, Penedono, Peso da Régua, Pinhel, Ponte de Sor, Portalegre, Portel, Proença-a-Nova, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Resende, Ribeira de Pena, Sabrosa, Sabugal, Santa Comba Dão, Santa Marta de Penaguião, Santiago do Cacém, São João da Pesqueira, São Pedro do Sul, Sardoal, Sátão, Seia, Sernancelhe, Serpa, Sertã, Sines, Sousel, Tábua, Tabuaço, Tarouca, Tomar, Tondela, Torre de Moncorvo, Trancoso, Valpaços, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vidigueira, Vila de Rei, Vila Flor, Vila Nova da Barquinha, Vila Nova de Foz Côa, Vila Nova de Paiva, Vila Nova de Poiares, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real, Vila Velha de Ródão, Vila Viçosa, Vimioso, Vinhais, Viseu, Vouzela

Zona B – $T_{\max} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Continente:

Águeda, Albergaria-a-Velha, Albufeira, Alcanena, Alcochete, Alenquer, Aljezur, Almada, Alvaiázere, Amadora, Amares, Anadia, Ansião, Arcos de Valdevez, Arruda dos Vinhos, Aveiro, Azambuja, Barcelos, Barreiro, Batalha, Benavente, Braga, Cadaval, Caminha, Cantanhede, Cartaxo, Cascais, Castro Marim, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Espinho, Esposende, Estarreja, Fafe, Faro, Felgueiras, Figueira da Foz, Gondomar, Guimarães, Ílhavo, Lagoa, Lagos, Leiria, Lisboa, Loulé, Loures, Lousada, Maia, Matosinhos, Mealhada, Melgaço, Mira, Miranda do Corvo, Moita, Monção, Monchique, Montemor-o-Velho, Montijo, Murtosa, Odivelas, Oeiras, Olhão, Oliveira de Azeméis, Oliveira do Bairro, Ourém, Ovar, Paços de Ferreira, Palmela, Paredes, Paredes de Coura, Penela, Pombal, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Portimão, Porto, Porto de Mós, Póvoa de Lanhoso, Póvoa de Varzim, Rio Maior, Salvaterra de Magos, Santa Maria da Feira, Santarém, Santo Tirso, São Brás de Alportel, São João da Madeira, Seixal, Sesimbra, Setúbal, Sever do Vouga, Silves, Sintra, Sobral de Monte Agraço, Soure, Tavira, Terras de Bouro, Torres Novas, Trofa, Vagos, Vale de Cambra, Valença, Valongo, Viana do Castelo, Vieira do Minho, Vila do Bispo, Vila do Conde, Vila Franca de Xira, Vila Nova de Cerveira, Vila Nova de Famalicão, Vila Nova de Gaia, Vila Real de Santo António, Vila Verde, Vizela

Anexo 5.Ib

Zonamento do território em termos da acção do vento

(EC1 - Parte 1.4)



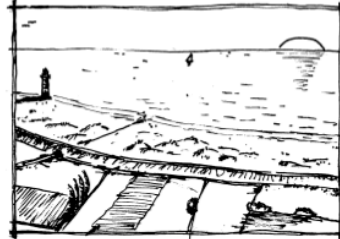
(Fonte: <http://www.ceramicatorreense.pt/>)

- zona A - generalidade do território, excepto zona B;
- zona B - arquipélago dos Açores e da Madeira e regiões do continente situadas numa faixa costeira com 5 km de largura ou altitudes superiores a 600 m.

Rugosidade aerodinâmica (EC1 - Parte 1.4)

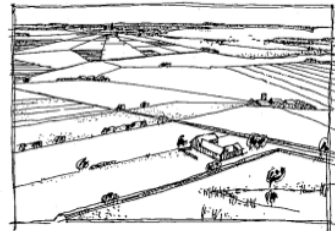
Categoria de terreno 0

Mar ou zona costeira exposta aos ventos de mar



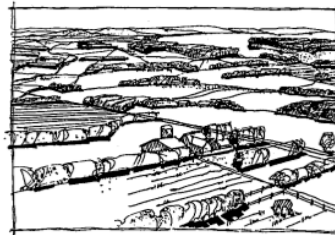
Categoria de terreno I

Lagos ou zona com vegetação negligenciável e livre de obstáculos



Categoria de terreno II

Zona de vegetação rasteira, tal como erva, e obstáculos isolados (árvores, edifícios) com separações entre si de, pelo menos, 20 vezes a sua altura



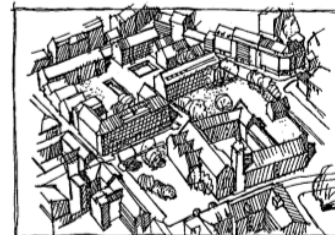
Categoria de terreno III

Zona com uma cobertura regular de vegetação ou edifícios, ou com obstáculos isolados com separações entre si de, no máximo, 20 vezes a sua altura (por exemplo: aldeias, zonas suburbanas, florestas permanentes)



Categoria de terreno IV

Zona na qual pelo menos 15 % da superfície está coberta por edifícios com uma altura média superior a 15 m

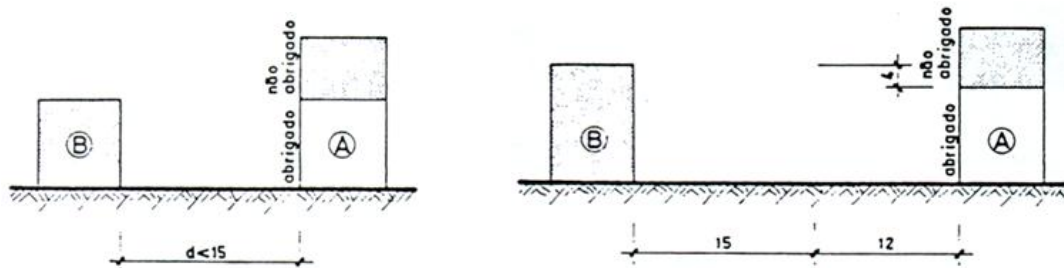


(Fonte: apontamentos da disciplina de Dimensionamento de Estruturas do IST - resumo da EN 1991-1-4)

Anexo 5.Ic

Exposição do vão (RSA)

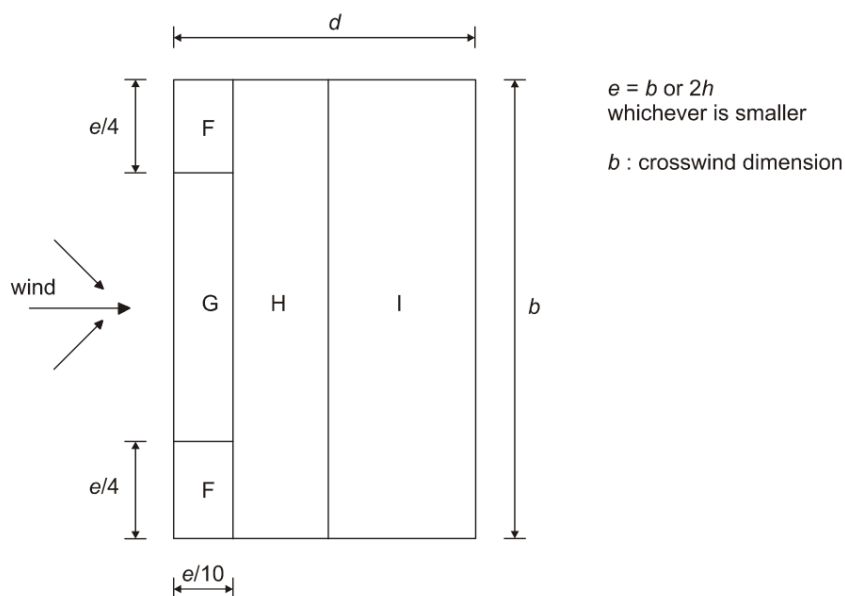
Define-se construção abrigada como:



(Fonte: Fernandes, Maria. 2002. *Regulamentação aplicável às caixilharias*. Monografia apresentada na cadeira Tecnologia de Fachadas. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.)

- para uma linha de construções situada a uma distância máxima de 15 m, a parte considerada da fachada não excede a altura dessas construções;
- para uma linha de construções situada a uma distância entre 15 e 30 m, a parte considerada da fachada não excede a altura dessas construções deduzida de 1/3 do excesso além de 15 m da distância entre edifícios.

Posição do vão na fachada (EC1 - Parte 1.4)



(Fonte: apontamentos da disciplina de Dimensionamento de Estruturas do IST - resumo da EN 1991-1-4)

Anexo 5.II
Ficha-tipo de validação

FICHA DE VALIDAÇÃO N.º		DATA DA INSPECÇÃO	
CÓDIGO DA CAIXILHARIA			

I - ANOMALIAS DETECTADAS	
A-C CONDENSAÇÕES	
A-C1 condensações no exterior dos vidros	
A-C2 condensações no interior dos vidros (quando múltiplos)	
A-D DESCOLAMENTOS / DESPRENDIMENTOS / AUSÊNCIAS	
A-D1 descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro	
A-D2 desprendimento / ausência de peças (caixilhos/ bites/ pingadeiras)	
A-O DEFORMAÇÕES	
A-O1 deformações (distorções / retracções / empenos / dilatações / mossas)	
A-F FOLGAS / FRESTAS	
A-F1 folgas entre aro e vão ou entre aro e folha (excessiva ou insuficiente)	
A-F2 juntas abertas / frestas	
A-F3 desnivelamento entre folhas	
A-U ELEMENTOS DANIFICADOS / QUEBRADOS	
A-Q1 vidros quebrados	
A-Q2 dobradiças danificadas ou ausentes	
A-Q3 mecanismos de fecho danificados ou ausentes	
A-M ACUMULAÇÃO DE DETRITOS / MICROORGANISMOS	
A-M1 acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica	
A-E DEGRADAÇÃO	
A-E1 degradação do revestimento / acabamento	
A-E2 degradação dos materiais dos caixilhos	
A-I INFILTRAÇÕES	
A-I1 infiltrações	
NOTAS	

II - CARACTERIZAÇÃO DAS ANOMALIAS	ANOMALIAS				
(Preencher apenas as aplicáveis à anomalia)					
Agressividade química dos detritos (S/N)					
Comprometer a segurança à intrusão (S/N)					
Condições para que o fenómeno progrida (S/N)					
Correcto funcionamento das partes móveis (S/N)					
Correcto funcionamento dos rasgos drenates (S/N)					
Operacionalidade dos mecanismos de fecho (S/N)					
Permitir infiltrações (S/N)					
Provoca degradação dos revestimentos e/ou materiais (S/N)					
Risco para transeuntes (S/N)					
Tipo de utilização dos espaços subjacentes à caixilharia (Fonte de vapor de água [S/N])					
Valor estético das áreas afectadas (A-alto; M-médio; B-baixo)					
Nível de gravidade (0; 1; 2)					
NOTAS					

III - CAUSAS PROVÁVEIS (1 - causa directa / 2 - causa indirecta)	ANOMALIAS				
C-P - ERROS DE PROJECTO / CONCEPÇÃO					
C-P1 - concepção / pormenorização incorrecta do sistema de evacuação de águas					
C-P2 - concepção / pormenorização incorrecto do peitoril					
C-P3 - concepção de número insuficiente de fixações					
C-P4 - concepção incorrecta / inexistência de elementos de ventilação					
C-P5 - concepção incorrecta do suporte					
C-P6 - consideração incorrecta ou inexistente da agressividade do meio					
C-P7 - escolha inadequada do perfil, materiais, geometria ou sistema de caixilho em função do vão					
C-P8 - escolha / preparação / espessura incorrecta do revestimento					
C-P9 - especificação inadequada das folgas entre aro e vão					
C-P10 - especificação inadequada das folgas entre aro e folha					
C-P11 - inexistência ou pormenorização incorrecta da pingadeira;					
C-P12 - pontos de fecho insuficientes ou mal distribuídos					
C-E - ERROS DE EXECUÇÃO E DE MONTAGEM					
C-E1 - concepção deficiente do caixilho e/ou componentes (em fábrica)					
C-E2 - colocação / fixação incorrecta do aro no vão					
C-E3 - colocação / fixação incorrecta do vidro					
C-E4 - colocação incorrecta dos elementos de vedação					
C-E5 - execução incorrecta do peitoril					
C-E6 - execução incorrecta do sistema de evacuação de águas					
C-E7 - falta de rigor na execução de trabalhos posteriores					
C-E8 - falta de rigor na execução do nivelamento das folhas					
C-E9 - fixação incorrecta das peças					
C-E10 - incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem					
C-E11 - montagem / instalação incorrecta da caixilharia					
C-E12 - execução incorrecta do revestimento					
C-E13 - manuseamento incorrecto dos materiais ou utilização de ferramentas inadequadas					
C-E14 - preenchimento incompleto da folga entre aro e vão					
C-E15 - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada					
C-E16 - utilização de materiais de baixa qualidade, inadequados e/ou não certificados ou homologados					
C-M - ACÇÕES DE ORIGEM MECÂNICA					
C-M1 - arrombamento					
C-M2 - deformação do suporte					
C-M3 - colisão de objectos					
C-M4 - vandalismo					
C-M5 - vibrações					
C-A - ACÇÕES AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS					
C-A1 - poluição atmosférica					
C-A2 - acção química dos detritos / sujidade acumulada					
C-A3 - acção biológica					
C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve)					
C-A5 - radiação solar					
C-A6 - temperatura (ou variação)					
C-A7 - ventos fortes					

C-U - ERROS DE UTILIZAÇÃO E DE MANUTENÇÃO					
C-U1 - alteração das condições de utilização inicialmente previstas					
C-U2 - lavagens excessivas ou com produtos de limpeza inadequados					
C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis					
C-U4 - manuseamento incorrecto do mecanismo de fecho					
C-U5 - manutenção inexistente					
NOTAS					

IV - MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO	ANOMALIAS					
D-V ANÁLISE VISUAL ASSISTIDA						
D-V1- medição de fissuras / folgas / frestas						
D-V2 - medição da inclinação (do peitoril)						
D-V3 - avaliação de esquadrias / alinhamentos						
D-H MÉTODOS HÍDRICOS						
D-H1 - projecção de água						
D-H2 - submersão da base da caixilharia						
D-P MÉTODOS PNEUMÁTICOS						
D-P1 - teste do ventilador						
D-E MÉTODOS ELÉTRICOS						
D-E1 - correntes induzidas						
D-S MÉTODOS SONOROS / ACÚSTICOS						
D-S1 - ultra-sons						
D-S2 - avaliação do isolamento sonoro						
D-T MÉTODOS TERMO-HIGROMÉTRICOS						
D-T1 - medição da temperatura (superficial e ambiente)						
D-T2 - medição da humidade (ambiente e dos materiais)						
D-T3 - termografia de infravermelhos						
NOTAS						

Anexo 5.III
Exemplo prático de ficha de inspeção

FICHA DE INSPECÇÃO N.º	139	DATA DA INSPECÇÃO	18/07/2012
RESPONSÁVEL / FUNÇÃO	Alberto Santos; Mário Vicente		
OBJECTIVO DA INSPECÇÃO	Inspeção no âmbito da Dissertação de Mestrado		

I - CONDIÇÕES CLIMATÉRICAS						
I.1 - Temperatura	<5°		entre 5° e 15°		> 15°	
I.2 - Pluviosidade	Nula	X	Aguaceiros		Chuva forte	
I.3 - Humidade	Baixa		Média	X	Alta	

II - EDIFÍCIO		Dormitórios Masculinos (2ª Companhia)					
II.1 - Localização		Espinho					
II.2 - Altitude		0 - 300	X	300 - 600		> 600	
II.3 - Tipo de utilização		Dormitório		Gabinete / sala de aula		Cozinha	WC X Outra
II.4 - Ano de conclusão		1980					
II.5 - Caracterização construtiva		Construção mista de alvenaria e betão armado.					
II.6 - N.º de pisos acima do solo		1					
II.7 - Zona térmica (ver anexo 5.Ia)	Inverno	A		B	X		
	Verão	A		B	X	C	
II.8 - Zona vento		A	X	B		(ver anexo 5.Ib)	
II.9 - Rugosidade aerodinâmica (ver anexo 5.Ib)		Tipo 0	X	Tipo I		Tipo II	Tipo III
II.10 - Exposição a agentes poluentes		Alta		Média		Baixa	X Nula
II.11 - Tipo de envolvente		Rural		Urbana		Marítima	X
II.12 - Proximidade do mar		< 1 km	X	< 5 km		> 5 km	
II.13 - Contactos efectuados		Comandante / Oficial de dia		X	Projectista	Empreiteiro	Outro
II.13.1 - Nome(s)		COR. Caetano					
II.14 - Notas		Nada a assinalar.					

III.A - CAIXILHARIAS VISTORIADAS								
III.1 - Caixilharia		A62						
III.2 - Ano de instalação		1980						
III.3 - Função		Porta		Janela	X			
III.4 - Orientação da fachada		Norte	X	Sul		Este	Oeste (ex.: NE = Norte + Este)	
III.5 - Exposição do vão (ao vento)		Protegido		Exposto	X	(ver anexo 5.Ic)		
III.6 - Condições de sombreamento		Sim		Não	X	(ex.: precianas / portadas exteriores)		
III.7 - Posição do vão na fachada		Central (G)	X	Periférica (F)		(ver anexo 5.Ic)		
III.8 - Cota do vão acima do terreno (m)		2,3						
III.9 - Dimensões do vão (m)		Altura	0,6	Largura	2,0			
III.10 - Material		Madeir		Alumínio	X	PVC	Ferro / aço	
III.11 - Revestimento	Madeira	Sem revestimento			Tinta		Verniz	
	Alumínio	Sem revestimento			Anodização	X	Lacagem	
	PVC	Sem revestimento					Película	Lacagem
	Ferro / aço	Sem			Tinta		Anodização	Lacagem
	Outro							
III.12 - Forma de abertura		Fixa		Oscilo-batente		Guilhotina		
		De batente		Pivotante		Vitrô		
		Basculante		X	De correr		Composta* (*seleccionar as várias)	
III.13 - Tipo de preenchimento		Vidro	X	Vidro duplo		Grade	Lâmina opaca	
III.14 - Divisão fonte de vapor de água		Sim	X	Não		(ex.: cozinha, balneários e ginásio)		
III.15 - Intervenção posteriores na caixilharia		Sim	X	Não		(Se sim, preencher ponto III)		
III.16 - Marcação CE		Sim		Não	X			
III.17 - Notas								

Ficha de inspecção

IV - MANUTENÇÃO	
IV.1 - Tipologia implementada	Manutenção
IV.2 - Periodicidade das inspecções e/ou das intervenções	Única
IV.3 - Características das intervenções efectuadas	Reparação dos sistemas de abertura / fecho
Data Técnica utilizada Materiais aplicados	2001 R.F2 Sistemas de abertura / fecho novos.
Data Técnica utilizada Materiais aplicados	
Data Técnica utilizada Materiais aplicados	

V - OBSERVAÇÕES
Nada a assinalar.

Anexo 5.IV
Exemplo prático de ficha de validação

FICHA DE VALIDAÇÃO N.º	139	DATA DA INSPECÇÃO	18/07/2012
CÓDIGO DA CAIXILHARIA	A 62		

I - ANOMALIAS DETECTADAS	
A-C CONDENSAÇÕES	
A-C1 condensações no exterior dos vidros	X
A-C2 condensações no interior dos vidros (quando múltiplos)	
A-D DESCOLAMENTOS / DESPRENDIMENTOS / AUSÊNCIAS	
A-D1 descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro	X
A-D2 desprendimento / ausência de peças (caixilhos/ bites/ pingadeiras)	
A-O DEFORMAÇÕES	
A-O1 deformações (distorções / retracções / empenos / dilatações / mossas)	
A-F FOLGAS / FRESTAS	
A-F1 folgas entre aro e vão ou entre aro e folha (excessiva ou insuficiente)	
A-F2 juntas abertas / frestas	
A-F3 desnivelamento entre folhas	
A-U ELEMENTOS DANIFICADOS / QUEBRADOS	
A-Q1 vidros quebrados	
A-Q2 dobradiças danificadas ou ausentes	
A-Q3 mecanismos de fecho danificados ou ausentes	
A-M ACUMULAÇÃO DE DETRITOS / MICROORGANISMOS	
A-M1 acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica	X
A-E DEGRADAÇÃO	
A-E1 degradação do revestimento / acabamento	X
A-E2 degradação dos materiais dos caixilhos	
A-I INFILTRAÇÕES	
A-I1 infiltrações	
NOTAS	

II - CARACTERIZAÇÃO DAS ANOMALIAS	ANOMALIAS				
	C1	D1	M1	E1	
(Preencher apenas as aplicáveis à anomalia)					
Agressividade química dos detritos (S/N)			N		
Comprometer a segurança à intrusão (S/N)					
Condições para que o fenómeno progrida (S/N)		S		S	
Correcto funcionamento das partes móveis (S/N)			S		
Correcto funcionamento dos rasgos drenates (S/N)			S		
Operacionalidade dos mecanismos de fecho (S/N)					
Permitir infiltrações (S/N)		S			
Provoca degradação dos revestimentos e/ou materiais (S/N)	S				
Risco para transeuntes (S/N)					
Tipo de utilização dos espaços subjacentes à caixilharia (Fonte de vapor de água [S/N])	S				
Valor estético das áreas afectadas (A-alto; M-médio; B-baixo)			M	M	
Nível de gravidade (0; 1; 2)	1	1	2	1	
NOTAS					

III - CAUSAS PROVÁVEIS (1 - causa directa / 2 - causa indirecta)	ANOMALIAS				
	C1	D1	M1	E1	
C-P - ERROS DE PROJECTO / CONCEPÇÃO					
C-P1 - concepção / pormenorização incorrecta do sistema de evacuação de águas					
C-P2 - concepção / pormenorização incorrecto do peitoril					
C-P3 - concepção de número insuficiente de fixações					
C-P4 - concepção incorrecta / inexistência de elementos de ventilação	2				
C-P5 - concepção incorrecta do suporte					
C-P6 - consideração incorrecta ou inexistente da agressividade do meio					
C-P7 - escolha inadequada do perfil, materiais, geometria ou sistema de caixilho em função do vão					
C-P8 - escolha / preparação / espessura incorrecta do revestimento					
C-P9 - especificação inadequada das folgas entre aro e vão					
C-P10 - especificação inadequada das folgas entre aro e folha					
C-P11 - inexistência ou pormenorização incorrecta da pingadeira;					
C-P12 - pontos de fecho insuficientes ou mal distribuídos					
C-E - ERROS DE EXECUÇÃO E DE MONTAGEM					
C-E1 - concepção deficiente do caixilho e/ou componentes (em fábrica)					
C-E2 - colocação / fixação incorrecta do aro no vão					
C-E3 - colocação / fixação incorrecta do vidro					
C-E4 - colocação incorrecta dos elementos de vedação					
C-E5 - execução incorrecta do peitoril					
C-E6 - execução incorrecta do sistema de evacuação de águas					
C-E7 - falta de rigor na execução de trabalhos posteriores					
C-E8 - falta de rigor na execução do nivelamento das folhas					
C-E9 - fixação incorrecta das peças					
C-E10 - incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem					
C-E11 - montagem / instalação incorrecta da caixilharia					
C-E12 - execução incorrecta do revestimento					
C-E13 - manuseamento incorrecto dos materiais ou utilização de ferramentas inadequadas					
C-E14 - preenchimento incompleto da folga entre aro e vão					
C-E15 - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada					
C-E16 - utilização de materiais de baixa qualidade, inadequados e/ou não certificados ou homologados					
C-M - ACÇÕES DE ORIGEM MECÂNICA					
C-M1 - arrombamento					
C-M2 - deformação do suporte					
C-M3 - colisão de objectos					
C-M4 - vandalismo					
C-M5 - vibrações					
C-A - ACÇÕES AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS					
C-A1 - poluição atmosférica					
C-A2 - acção química dos detritos / sujidade acumulada					
C-A3 - acção biológica			2		
C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve)	2	2	1	2	
C-A5 - radiação solar					
C-A6 - temperatura (ou variação)					
C-A7 - ventos fortes					

C-U - ERROS DE UTILIZAÇÃO E DE MANUTENÇÃO					
C-U1 - alteração das condições de utilização inicialmente previstas					
C-U2 - lavagens excessivas ou com produtos de limpeza inadequados					
C-U3 - manuseamento incorrecto das partes móveis					
C-U4 - manuseamento incorrecto do mecanismo de fecho					
C-U5 - manutenção inexistente				2	
NOTAS					

IV - MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO	ANOMALIAS						
	C1	D1	M1	E1			
D-V ANÁLISE VISUAL ASSISTIDA							
D-V1- medição de fissuras / folgas / frestas							
D-V2 - medição da inclinação (do peitoril)							
D-V3 - avaliação de esquadrias / alinhamentos							
D-H MÉTODOS HÍDRICOS							
D-H1 - projecção de água		1					
D-H2 - submersão da base da caixilharia							
D-P MÉTODOS PNEUMÁTICOS							
D-P1 - teste do ventilador		1					
D-E MÉTODOS ELÉTRICOS							
D-E1 - correntes induzidas				2			
D-S MÉTODOS SONOROS / ACÚSTICOS							
D-S1 - ultra-sons				1			
D-S2 - avaliação do isolamento sonoro		1					
D-T MÉTODOS TERMO-HIGROMÉTRICOS							
D-T1 - medição da temperatura (superficial e ambiente)	2		1				
D-T2 - medição da humidade (ambiente e dos materiais)	2		1				
D-T3 - termografia de infravermelhos		1					
NOTAS							

Anexo 5.V
Comparação entre valores de correlação
“anomalias - causas mais prováveis”

Quadro I - Comparação entre valores de correlação "anomalias - causas mais prováveis" (1/5)

	C-P1	C-P2	C-P3	C-P4	C-P5	C-P6	C-P7	C-P8	C-P9	C-P10
A-C1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0
A-C2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
A-D1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A-D2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A-O1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
A-F1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A-F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-F3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A-Q1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-Q2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
A-Q3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A-M1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-E1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
A-E2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
A-I1	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1

matriz teórica matriz prática matriz final discrepâncias valores alterados

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; A-C2 - condensações no interior dos vidros; A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidro; A-D2 - desprendimento / ausência de peças; A-O1 - deformações; A-F1 - folgas entre aro e vão ou entre aro e folha; A-F2 - juntas abertas / frestas; A-F3 - desnivelamento entre folhas; A-Q1 - vidros quebrados; A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes; A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; A-E1 - degradação do revestimento; A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos; A-I1 - infiltrações

C-P1 - concepção / pormenorização incorrecta do sistema de evacuação de águas; C-P2 - concepção / pormenorização incorrecta do peitoril; C-P3 - concepção de número insuficiente de fixações; C-P4 - concepção incorrecta / inexistência de elementos de ventilação; C-P5 - concepção incorrecta do suporte; C-P6 - consideração incorrecta ou inexistente da agressividade do meio; C-P7 - escolha inadequada do perfil, materiais, geometria ou sistema de caixilho em função do vão; C-P8 - escolha / preparação / espessura incorrecta do revestimento; C-P9 - especificação inadequada das folgas entre aro e vão; C-P10 - especificação inadequada das folgas entre aro e folha

Quadro I - Comparação entre valores de correlação "anomalias - causas mais prováveis" (2/5)

	C-P11	C-P12	C-E1	C-E2	C-E3	C-E4	C-E5	C-E6	C-E7	C-E8
A-C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-C2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
A-D1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
A-D2	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-O1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
A-F1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
A-F2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A-F3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
A-Q1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
A-Q2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A-Q3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
A-M1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
A-E1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A-E2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A-I1	1	0	0	1	0	1	2	2	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	1	0	1	2	2	0	0

matriz teórica matriz prática matriz final discrepâncias valores

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; A-C2 - condensações no interior dos vidros; A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; A-D2 - desprendimento / ausência de peças; A-O1 - deformações; A-F1 - folgas entre aro e vão ou entre aro e folha; A-F2 - juntas abertas / frestas; A-F3 - desnivelamento entre folhas; A-Q1 - vidros quebrados; A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes; A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; A-E1 - degradação do revestimento; A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos; A-I1 - infiltrações

C-P11 - inexistência ou pormenorização incorrecta da pingadeira; C-P12 - pontos de fecho insuficientes ou mal distribuídos; C-E1 - concepção deficiente do caixilho (em fábrica); C-E2 - colocação / fixação incorrecta do aro no vão; C-E3 - colocação / fixação incorrecta do vidro; C-E4 - colocação incorrecta dos elementos de vedação; C-E5 - execução incorrecta do peitoril; C-E6 - execução incorrecta do sistema de evacuação de águas; C-E7 - falta de rigor na execução de trabalhos posteriores; C-E8 - falta de rigor na execução do nivelamento das folhas

Quadro I - Comparação entre valores de correlação "anomalias - causas mais prováveis" (3/5)

	C-E9	C-E10	C-E11	C-E12	C-E13	C-E14	C-E15	C-E16	C-M1	C-M2
A-C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-C2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
A-D1	0	1	1	0	0	2	1	2	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0
A-D2	2	0	2	0	1	0	1	1	1	0
	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
A-O1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	1	0	0	0	0	0	2	2
A-F1	0	0	2	0	0	1	1	0	0	1
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	2	0	0	1	1	0	0	1
A-F2	1	1	2	0	0	0	1	0	1	1
	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	2	0	0	0	1	0	1	1
A-F3	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
A-Q1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2
A-Q2	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
A-Q3	0	1	1	0	0	0	1	1	2	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	1	0	0	0	1	0	2	0
A-M1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-E1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
A-E2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-I1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0

matriz teórica matriz prática matriz final discrepâncias valores alterados

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; A-C2 - condensações no interior dos vidros; A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; A-D2 -desprendimento / ausência de peças; A-O1 - deformações; A-F1 - folgas entre aro e vão ou entre aro e folha; A-F2 - juntas abertas / frestas; A-F3 - desnivelamento entre folhas; A-Q1 - vidros quebrados; A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes; A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; A-E1 - degradação do revestimento; A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos; A-I1 - infiltrações

C-E9 - fixação incorrecta das peças; C-E10 - incorrecta interpretação do projecto de execução / montagem; C-E11- montagem / instalação incorrecta da caixilharia; C-E12 - execução incorrecta do revestimento; C-E13 - manuseamento incorrecto dos materiais ou utilização de ferramentas inadequadas; C-E14 - preenchimento incompleto da folga entre aro e vão; C-E15 - utilização de mão-de-obra inexperiente ou pouco qualificada; C-E16 - utilização de materiais de baixa qualidade, inadequados e/ou não certificados ou homologados; C-M1 - arrombamento; C-M2 - deformação do suporte

Quadro I - Comparação entre valores de correlação "anomalias - causas mais prováveis" (4/5)

	C-M3	C-M4	C-M5	C-A1	C-A2	C-A3	C-A4	C-A5	C-A6	C-A7
A-C1	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0
	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0
A-C2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
A-D1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0
A-D2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
A-O1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1
A-F1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
A-F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-F3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-Q1	2	0	1	0	0	0	0	0	1	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	2	0	0	0	0	0	1	1
A-Q2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A-Q3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A-M1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
A-E1	1	1	0	1	1	1	2	2	0	0
	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
	1	1	0	1	1	1	2	2	0	0
A-E2	1	0	0	1	1	2	2	2	0	0
	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	1	0	0	1	1	2	2	2	0	0
A-I1	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0
	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0
	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0

matriz teórica matriz prática matriz final discrepâncias valores alterados

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; A-C2 - condensações no interior dos vidros; A-D1 - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; A-D2 - desprendimento / ausência de peças; A-O1 - deformações; A-F1 - folgas entre aro e vão ou entre aro folha; A-F2 - juntas abertas / frestas; A-F3 - desnivelamento entre folhas; A-Q1 - vidros quebrados; A-Q2 - dobradiças danificadas ou ausentes; A-Q3 - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; A-M1 - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; A-E1 - degradação do revestimento; A-E2 - degradação dos materiais dos caixilhos; A-I1 - infiltrações

C-M3 - colisão de objectos; C-M4 - vandalismo; C-M5 - vibrações; C-A1 - poluição atmosférica; C-A2 - acção química dos detritos / sujidade acumulada; C-A3 - acção biológica; C-A4 - presença de água (condensações / chuva / neve); C-A5 - radiação solar; C-A6 - temperatura (ou variação); C-A7 - ventos fortes

Quadro I - Comparação entre valores de correlação "anomalias - causas mais prováveis" (5/5)

	C-U1	C-U2	C-U3	C-U4	C-U5
A-C1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
A-C2	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
A-D1	0	1	0	0	1
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1
A-D2	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0
A-O1	0	0	2	0	0
	0	0	1	0	0
	0	0	2	0	0
A-F1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
A-F2	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
A-F3	0	0	2	0	2
	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	1
A-Q1	0	0	2	0	0
	0	0	2	0	0
	0	0	2	0	0
A-Q2	0	0	2	0	2
	0	0	0	0	2
	0	0	2	0	2
A-Q3	0	0	0	2	1
	0	0	0	2	1
	0	0	0	2	1
A-M1	0	0	0	0	2
	0	0	0	0	2
	0	0	0	0	2
A-E1	0	1	0	0	1
	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	1
A-E2	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0
A-I1	0	0	1	0	0
	0	0	1	0	0
	0	0	1	0	0

matriz teórica
 matriz prática
 matriz final
 discrepâncias
 valores alterados

A-C1 - condensações no exterior dos vidros; **A-C2** - condensações no interior dos vidros; **A-D1** - descolamento / ausência de mastiques, cordões de estanqueidade ou massa de vidraceiro; **A-D2** -desprendimento / ausência de peças; **A-O1** - deformações; **A-F1** - folgas entre aro e vão ou entre aro folha; **A-F2** - juntas abertas / frestas; **A-F3** - desnivelamento entre folhas; **A-Q1** - vidros quebrados; **A-Q2** - dobradiças danificadas ou ausentes; **A-Q3** - mecanismos de fecho danificados ou ausentes; **A-M1** - acumulação de detritos / sujidade / colonização biológica; **A-E1** - degradação do revestimento; **A-E2** - degradação dos materiais dos caixilhos; **A-I1** - infiltrações

C-U1 - alteração das condições de utilização inicialmente previstas; **C-U2** - lavagens excessivas ou com produtos de limpeza inadequados; **C-U3** - manuseamento incorrecto das partes móveis; **C-U4** - manuseamento incorrecto do mecanismo de fecho; **C-U5** - manutenção inexistente

