U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

PROPOSTA DE UM MODELO DE REGISTO DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS

MANUEL DIAS DE JESUS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientadora: Professora Doutora Ana Sofia Moreira dos Santos Guimarães Teixeira

JUNHO DE 2020

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2019/2020

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2019/2020 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2020*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha família e à Catarina

"A mind is like a parachute. It doesn't work if it isn't open."

Frank Zappa

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível com o contributo de várias pessoas às quais deixo o meu sincero agradecimento, não só ao longo deste semestre, como também durante todo o meu percurso académico.

Em primeiro lugar, à Professora Ana Sofia Guimarães pela amizade, confiança, disponibilidade, incentivo e conhecimentos científicos transmitidos na orientação deste trabalho, mostrando-se sempre recetiva a ajudar ao longo destes anos na FEUP. Foi, sem dúvida, uma das figuras mais marcantes no meu percurso académico.

Ao Engenheiro Filipe Santos, pelo acompanhamento constante ao longo de todo o semestre. Os seus conselhos e experiência profissional foram fundamentais no aperfeiçoamento deste trabalho.

À Catarina, pelo apoio incondicional e por me mostrar que com esforço, tudo é possível. Que continuemos a superar mais etapas.

À minha mãe e ao meu pai, por tudo o que me proporcionaram desde o primeiro dia, sempre com ternura e afeto.

Ao Edmundo, pelo carinho e disponibilidade total.

Ao meu avô, pelas histórias partilhadas e eterna amizade.

Aos meus amigos e colegas, pelas palavras aconchegantes e bons momentos, dentro e fora da faculdade.

RESUMO

Ao longo das últimas décadas, apesar da crescente variedade de materiais, soluções construtivas e tecnologias, os edifícios construídos não apresentam a devida qualidade, o que se traduz no aparecimento precoce de patologias construtivas. Na sua grande maioria, são associadas a erros de conceção, de execução ou ainda a defeitos dos materiais e preocupam não só os utilizadores, como também Engenheiros Civis e outros técnicos especializados responsáveis pela correta intervenção das mesmas.

Deste modo, a patologia da construção tem sido alvo de bastantes estudos, traduzindo-se num acumular de informação técnica que acaba por se encontrar dispersa, desorganizada e muitas vezes desatualizada. Verifica-se, então, a necessidade de reunir e sistematizar o conhecimento existente até à data, sendo este um dos objetivos desta dissertação.

No presente trabalho, começa-se por elaborar uma caracterização do estado do parque habitacional português, tecendo-se comparações com a informação francesa existente, através da frequência das patologias observadas, suas causas e custos envolvidos com o seu tratamento. Posteriormente, efetua-se uma descrição dos catálogos de patologias e metodologias desenvolvidas a nível internacional, procurando analisar a sua estrutura, métodos de diagnóstico e tratamento.

Partindo destas pesquisas, considerou-se pertinente propor um modelo de registo de patologias construtivas que permitisse esclarecer o leitor quanto à metodologia a seguir para o tratamento correto de determinada patologia e quanto ao aspeto pós-reabilitação do elemento ou sistema construtivo afetado, nomeadamente no que se refere ao motivo da escolha da solução de intervenção, a sua durabilidade, grau exigencial e custos envolvidos.

A sua estrutura é muito semelhante à das fichas já existentes, com acréscimo de alguns tópicos relevantes:

- "Consequências da Anomalia";
- "Monitorização do Comportamento da Intervenção";
- "Análise Económica da Solução Adotada".

Adicionalmente, foi proposta a criação de um catálogo que permite organizar as fichas de patologias construtivas de acordo com uma referência baseada na anomalia observada e no elemento construtivo afetado.

Por fim, foram elaboradas duas fichas de patologias construtivas baseadas em casos de estudo teóricos, onde se procurou explicar todo o processo de tomada de decisão até convergir na solução de intervenção mais vantajosa.

PALAVRAS-CHAVE: Fichas de Patologias, Anomalia, Patologia, Reparação, Manutenção, Humidade, Fissuração

ABSTRACT

Over the past few decades, despite the growing variety of materials, of construction solutions and technologies, the constructed buildings don't present the proper quality, contributing to the early appearance of constructive pathologies. Most of them are related to design errors, execution errors or even defects in materials and not only concern users, but also Civil Engineers and other specialized technicians responsible for their correct intervention.

Thus, building pathology has been the subject of many studies, resulting in an accumulation of technical information that ends up being dispersed, disorganized and often outdated. Therefore, there is a need to gather and systematize the existing knowledge to date, which is one of the objectives of this dissertation.

In the present work, it is elaborated a characterization of the portuguese housing park stock situation, weaving comparisons with the existing French information, through the frequency of the pathologies observed, their causes and related costs with their treatment. Afterwards, it's carried out a description of the pathology catalogues and methodologies developed worldwide, in order to analyze its structure, diagnosis methods and treatment.

Based on these researches, it was considered relevant to propose a building pathology record model that would allow the reader to clarify the followed methodology for the correct treatment of any pathology and to the post-rehabilitation aspect of the affected building element or system, regarding the reason of choice for the intervention solution, its durability, demanding level and costs involved.

Its structure is very similar to the existing sheets, with the addition of some relevant topics:

- "Consequences of the Anomaly";
- "Monitoring the Intervention Behavior";
- "Economic Analysis of the Adopted Solution".

In addition, it was proposed the creation of a catalogue that allows the organization of building pathology sheets according to a reference based on the observed anomaly and on the affected construction element.

Finally, two building pathology sheets based on theoretical case studies were prepared, in order to try to explain the entire decision-making process until converging into the most advantageous intervention solution.

KEYWORDS: Pathology Sheets, Anomaly, Pathology, Repairing, Maintenance, Humidity, Cracking

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS I

RESUMO III

ABSTRACT V

1. INTRODUÇÃO 1

1.1. ENQUADRAMENTO 1

1.2. OBJETIVOS 1

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO 2

2. A IMPORTÂNCIA DA PATOLOGIA DA CONSTRUÇÃO 3

2.1. INTRODUÇÃO 3

2.2. PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS 4

2.2.1. DEFINIÇÕES 4

2.2.2. DADOS PORTUGUESES 4

2.2.3. DADOS EUROPEUS 8

2.2.3.1. Causas e Origem das Anomalias 8

2.2.3.2. Manifestações em Elementos Construtivos 11

2.2.3.3. Custos de Reparação das Anomalias 13

2.2.4. EXTRAPOLAÇÃO DOS DADOS EUROPEUS PARA A SITUAÇÃO PORTUGUESA 15

2.3. ANÁLISE DE DIAGNÓSTICO 15

2.3.1. DEFINIÇÃO 15

2.3.2. METODOLOGIA DE UM DIAGNÓSTICO 16

2.4. MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO 17

2.4.1. DEFINIÇÕES 17

2.4.2. PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO 18

2.4.2.1. Inspeção 19

2.4.2.2. Limpeza 19

2.4.2.3. Medidas Pró-Ativas 19

2.4.2.4. Medidas Corretivas 20

2.4.2.5. Substituição 20

2.4.2.6. Condições de Utilização 20

2.5. COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES ADMISSÍVEIS – ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO RECORRENDO AO LIFE CYCLE COST (LCC) E AO LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) 20

2.5.1. DEFINIÇÕES 20

2.5.2. METODOLOGIA DA LIFE CYCLE COST ANALYSIS 21

2.6. SÍNTESE DO CAPÍTULO 22

3. SISTEMATIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO EM PATOLOGIA DA CONSTRUÇÃO – CATÁLOGOS E METODOLOGIAS EXISTENTES 23

3.1. INTRODUÇÃO 23

3.2. CARACTERIZAÇÃO 23

3.3. DEFECT ACTION SHEETS (1982) 24

3.4. FICHAS DE REPARAÇÃO DE ANOMALIAS (1985) 25

3.5. CASES OF FAILURE INFORMATION SHEET (1993) 26

3.6. FICHE PATHOLOGIE BÂTIMENT (1995) 27

3.7. GOOD REPAIR GUIDES (1996) 29

3.8. CONSTRUDOCTOR (2003) 29

3.9. IMPARARE DAGLI ERRORI (2004) 32

3.10. PATORREB (2004) 33

3.11. MAINTAINABILITY OF BUILDINGS (2004) 36

3.12. SISTEMAS DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DE EDIFÍCIOS (2009) 38

3.13. WEB-BASED PROTOTYPE SYSTEM (2009) 40

3.14. BUILDING MEDICAL RECORD (2013) 40

3.15. SÍNTESE DO CAPÍTULO 42

4. PROPOSTA DE UM MODELO DE REGISTO DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS 45

4.1. INTRODUÇÃO 45

4.2. OBJETIVOS E INTERESSE DO MODELO PROPOSTO 46

4.3. PROPOSTA DE ESTRUTURA DO MODELO DE REGISTO DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS 46

4.3.1. TÍTULO 47

4.3.2. DESCRIÇÃO DA ANOMALIA 47

4.3.3. DESCRIÇÃO CONSTRUTIVA E LOCALIZAÇÃO DO ELEMENTO AFETADO 47

4.3.4. ENSAIOS E SONDAGENS *IN SITU*/LABORATÓRIO 48
4.3.5. CAUSAS DA ANOMALIA 61
4.3.6. CONSEQUÊNCIAS DA ANOMALIA 62
4.3.7. SUGESTÕES DE INTERVENÇÃO/MEDIDAS CORRETIVAS 62
4.3.8. SOLUÇÃO ADOTADA 63
4.3.9. MONITORIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA INTERVENÇÃO 63
4.3.10. ANÁLISE ECONÓMICA DA SOLUÇÃO ADOTADA 64
4.3.11. LITERATURA COMPLEMENTAR 64
4.3.12. RODAPÉ 64
4.4. CATÁLOGO DE FICHAS DE REGISTO DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS 65
4.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO 67

5. APLICAÇÃO DO MODELO DE REGISTO DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS A CASOS DE ESTUDO 69
5.1. INTRODUÇÃO 69
5.2. CASO DE ESTUDO 1: FISSURAÇÃO DO REVESTIMENTO EM "PASTILHA" CERÂMICA DA FACHADA DE UM EDIFÍCIO 70
5.2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE RCA EM FACHADAS 70
5.2.2. DESCRIÇÃO CONSTRUTIVA E LOCALIZAÇÃO DO ELEMENTO AFETADO 70
5.2.3. ENSAIOS E SONDAGENS *IN SITU*/LABORATÓRIO APLICADOS A RCA EM FACHADAS 70
5.2.4. ANOMALIAS RECORRENTES E SUAS POSSÍVEIS CAUSAS EM RCA EM FACHADAS 71
5.2.5. POSSÍVEIS CONSEQUÊNCIAS DAS ANOMALIAS RECORRENTES EM RCA EM FACHADAS 74
5.2.6. POSSÍVEIS SOLUÇÕES DE TRATAMENTO DE PATOLOGIAS EM RCA EM FACHADAS 74
5.2.6.1. Conservação da Solução de RCA em Fachadas 74
5.2.6.2. Aplicação de Fachada Ventilada sobre RCA 75
5.2.6.3. Aplicação de Sistema ETICS sobre RCA 75
5.2.7. MONITORIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO SISTEMA ETICS EM FACHADAS 80
5.2.8. ANÁLISE ECONÓMICA DO SISTEMA ETICS EM FACHADAS 82
5.3. CASO DE ESTUDO 2: MANCHAS DE BOLOR NA FACE INTERIOR DAS PAREDES DE UM QUARTO DE UMA HABITAÇÃO 82
5.3.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE HUMIDADES EM EDIFÍCIOS 82
5.3.2. DESCRIÇÃO CONSTRUTIVA E LOCALIZAÇÃO DO ELEMENTO AFETADO 83
5.3.3. ENSAIOS E SONDAGENS *IN SITU*/LABORATÓRIO UTILIZADOS PARA O TRATAMENTO DE CONDENSAÇÕES SUPERFICIAIS E MANCHAS DE BOLOR 84

5.3.4. Possíveis Causas de Aparecimento de Condensações Superficiais e Manchas de Bolor na Face Interior da Parede de um Compartimento 84

5.3.5. Possíveis Consequências do Aparecimento de Condensações Superficiais e Manchas de Bolor na Face Interior da Parede de um Compartimento 86

5.3.6. Possíveis Soluções de Tratamento de Condensações Superficiais e Manchas de Bolor na Ligação Parede Exterior/Laje de Piso Intermédio 87

5.3.7. Monitorização do Comportamento das Medidas Adotadas 89

5.3.8. Análise Económica das Soluções Adotadas 89

5.4. Síntese do Capítulo 90

6. CONCLUSÕES 91

6.1. Considerações Finais 91

6.2. Desenvolvimentos Futuros 92

Referências bibliográficas 93

ANEXOS 101

A1. Modelo das Fichas de Registo de Patologias Construtivas 103

A2. Caso de Estudo 1: Fissuração do Revestimento em "Pastilha" Cerâmica da Fachada de um Edifício 107

A3. Caso de Estudo 2: Manchas de Bolor na Face Interior das Paredes de um Quarto de uma Habitação 111

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Número de edifícios segundo a época de construção (INE e LNEC, 2013) 5

Fig. 2.2 – Distribuição de edifícios segundo o estado de conservação, por época de construção do edifício (INE e LNEC, 2013) 5

Fig. 2.3 – Distribuição geográfica de edifícios muito degradados ou com necessidades de reparação (INE e LNEC, 2013) 6

Fig. 2.4 – Número de edifícios segundo o estado de conservação (INE e LNEC, 2013) 7

Fig. 2.5 – Distribuição de edifícios segundo o estado de conservação do edifício, por tipo de estrutura (INE e LNEC, 2013) 7

Fig. 2.6 – Necessidade de reparações por elemento construtivo (INE e LNEC, 2013) 8

Fig. 2.7 – Distribuição percentual da origem dos defeitos, por anos (AQC, 2013) 10

Fig. 2.8 – Percentagem em número de ocorrências das manifestações mais frequentes (AQC, 2016) 10

Fig. 2.9 – Distribuição percentual do número de ocorrências em habitações unifamiliares, por elemento construtivo (AQC, 2016) 12

Fig. 2.10 – Distribuição percentual do número de ocorrências em habitações multifamiliares, por elemento construtivo (AQC, 2016) 12

Fig. 2.11 – Custo da reparação em percentagem do custo da construção, por origem de defeito (AQC, 2013) 13

Fig. 2.12 – Custo médio de reparação, em euros, por origem de defeito (AQC, 2013) 13

Fig. 2.13 – Distribuição percentual do custo de reparação das patologias mais frequentes em habitações unifamiliares, por elemento construtivo (AQC, 2016) 14

Fig. 2.14 – Distribuição percentual do custo de reparação das patologias mais frequentes em habitações multifamiliares, por elemento construtivo (AQC, 2016) 14

Fig. 2.15 – Diferenciação entre manutenção e reabilitação (Rocha, 2008) 18

Fig. 3.1 – Exemplo de uma “Defect Action Sheet” (BRE, 1982) 25

Fig. 3.2 – Exemplo de uma “Ficha de Reparação de Anomalia” (Medeiros, 2010) 26

Fig. 3.3 – Exemplo de uma “Cases of Failure Information Sheet” (Freitas, 2013) 27

Fig. 3.4 – Exemplo de uma “Fiche Pathologie Bâtiment” (AQC, 2019) 28

Fig. 3.5 – Exemplo da 1ª página de um “Good Repair Guide” (BRE, 2016) 29

Fig. 3.6 – Procedimento a executar pelo utilizador no serviço “ConstruDoctor” (OZ, 2003) 30

Fig. 3.7 – Exemplo do campo “Informação Submetida pelo Cliente”, a preencher pelo utilizador (Medeiros, 2010) 31

Fig. 3.8 – Exemplo do campo “Diagnóstico”, a receber pelo utilizador (Medeiros, 2010) 31

Fig. 3.9 – Exemplo de uma “Ficha de Patologia” (BEST, 2004) 32
Fig. 3.10 – Apresentação do “Catálogo de Patologias” (PATORREB, 2004c) 33
Fig. 3.11 – Modelo-tipo de uma “Ficha de Patologia” (Sousa, 2004) 35
Fig. 3.12 – Exemplo de uma “Ficha de Patologia”, disponível online (PATORREB, 2004c) 35
Fig. 3.13 – Exemplo de uma “Ficha de Patologia”, em formato PDF (PATORREB, 2004c) 36
Fig. 3.14 – Página inicial do website “Maintainability of Buildings” (NUS, 2020b) 37
Fig. 3.15 – Exemplo da primeira página de uma “Ficha de Patologia”, disponível online (NUS, 2020a) 37
Fig. 3.16 – Organização do “Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Edifícios” (Brito, 2009) 38
Fig. 3.17 – Exemplo de uma matriz de correlação inter-anomalias teórica aplicada a revestimentos de pisos epóxidos industriais (Brito, 2009) 39
Fig. 3.18 – Página principal do website “Web-based Prototype System” (Ferraz et al., 2015) 40
Fig. 3.19 – Página principal da base de dados do “Building Medical Record” (Chang e Tsai, 2013) 41
Fig. 3.20 – Arquitetura do “BDN System” (Chang e Tsai, 2013) 41

Fig. 4.1 – Classificação qualitativa do custo e da dificuldade dos ensaios 48
Fig. 4.2 – Estação total (OZ, 200?-d) 50
Fig. 4.3 – Boroscópio (Grainger, 2020) 50
Fig. 4.4 – Insetos xilófagos (Pluggo, 2017) 50
Fig. 4.5 – Medidor ótico (OZ, 200?-l) 51
Fig. 4.6 – Régua de fissuras (OZ, 200?-l) 51
Fig. 4.7 – Fissurómetro (J. ROMA, 2020b) 51
Fig. 4.8 – Alongâmetro (OZ, 200?-h) 51
Fig. 4.9 – Pylodin (Ferret Supplies, 2009) 52
Fig. 4.10 – Resistograph (OZ, 200?-k) 52
Fig. 4.11 – Ensaio com macacos planos (OZ, 200?-c) 52
Fig. 4.12 – Dilatómetro (Arêde e Costa, 2002) 53
Fig. 4.13 – Método de arrancamento de hélice em parede de alvenaria (Mesquita e Lança, 2008) 53
Fig. 4.14 – Extração de carote com caroteadora (OZ, 200?-b) 53
Fig. 4.15 – Esclerómetro de schmidt (OZ, 200?-a) 53
Fig. 4.16 – Esclerómetro pendular (Proceq, 200?) 54
Fig. 4.17 – Pull-off tester (J. ROMA, 2020c) 54
Fig. 4.18 – Ensaio de choque de esfera (Malanho e Veiga, 2010) 54
Fig. 4.19 – Equipamento para ensaio ultrassónico (J. ROMA, 2020d) 55

Fig. 4.20 – Gerador de tensão, martelo, acelerómetro e dispositivo de registo (MRA Instrumentação, 2020) 55
Fig. 4.21 – Medição da profundidade de fissuras numa laje (OZ, 200?-g) 55
Fig. 4.22 – Equipamento para raio-x (Júnior, 2006) 55
Fig. 4.23 – Georadar (GeoAviz, 200?) 56
Fig. 4.24 – Equipamento de medição de vibrações (OZ, 200?-n) 56
Fig. 4.25 – Câmara termográfica (J. ROMA, 2020a) 56
Fig. 4.26 – Kit de campo e fitas colorimétricas (OZ, 200?-i) 56
Fig. 4.27 – Recolha de dados em obra com sensor (OZ, 200?-j) 57
Fig. 4.28 – "Kit" de ensaio (Speedy) (OZ, 200?-f) 57
Fig. 4.29 – Medidor de pH (GroHo, 2020) 57
Fig. 4.30 – Medidor de condutividade (MedicalExpo, 2020) 57
Fig. 4.31 – Humidímetro (OZ, 200?-e) 58
Fig. 4.32 – Detetor de armaduras (Certified MTP, 2020) 58
Fig. 4.33 – Acelerómetro de sensibilidade a vibrações (Engineer Ambitiously, 2019) 58
Fig. 4.34 – Microssismógrafo (OZ, 200?-m) 59
Fig. 4.35 – Tubo de karsten (Bauprotec, 200?) 59
Fig. 4.36 – Amostras (LFC, 200?) 59
Fig. 4.37 – Higrómetro (Test Meter & Test Equipment Experts, 2020) 60
Fig. 4.38 – Medidor de condutibilidade térmica (Société Moderne d'Etudes Électroniques à Voiron, 2014) 60
Fig. 4.39 – Blower door (Green Building Advisor, 2010) 60
Fig. 4.40 – Protótipo para recolha de dados (LFC, 200?) 61
Fig. 4.41 – Classificação qualitativa do grau exigencial e da durabilidade da solução adotada 63
Fig. 4.42 – Classificação qualitativa do orçamento estimado e do custo real 64
Fig. 4.43 – Rodapé do "Modelo de Registo de Patologias Construtivas" 65
Fig. 4.44 – Seleção da possível causa/manifestação que está na origem da anomalia (Lima, 2009) . 65

Fig. 5.1 – Aspeto exterior de uma fachada ventilada (Veiga e Malanho, 2013) 75
Fig. 5.2 – Composição esquemática do sistema ETICS (Freitas, 2002) 76
Fig. 5.3 – Princípio da realização de ensaios de aderência (Freitas e Miranda, 2014) 77
Fig. 5.4 – Aplicação da argamassa de colagem (APFAC, 2018) 77
Fig. 5.5 – Colagem das placas de isolamento térmico (APFAC, 2018) 78
Fig. 5.6 – Furação das placas de isolamento térmico (APFAC, 2018) 78

Fig. 5.7 – Aplicação de parafuso sobre a bucha (APFAC, 2018)..... 78

Fig. 5.8 – Aplicação de barramento armado sobre as redes de reforço diagonais (APFAC, 2018)..... 78

Fig. 5.9 – Aplicação dos elementos de reforço das arestas das fachadas com argamassa de revestimento (APFAC, 2018)..... 78

Fig. 5.10 – Aplicação da argamassa de revestimento por barramento (APFAC, 2018) 79

Fig. 5.11 – Aplicação de primário (APFAC, 2018) 79

Fig. 5.12 – Execução do acabamento com revestimento espesso colorido, em pasta (APFAC, 2018) 79

Fig. 5.13 – Selagem do remate em elementos de contorno com mástique (APFAC, 2018) 79

Fig. 5.14 – Contaminação do sistema ETICS por microrganismos (Viero - Tintas Robbialac, 2016) .. 81

Fig. 5.15 – Danos localizados no sistema ETICS, por choques ou perfurações (Viero - Tintas Robbialac, 2016)..... 81

Fig. 5.16 – Zonas de remate do sistema ETICS (Viero - Tintas Robbialac, 2016) 81

Fig. 5.17 – Ligação entre uma parede exterior dupla e uma laje de nível intermédio com descontinuidade de isolamento térmico (Corvacho, 1999)..... 83

Fig. 5.18 – Ligação entre uma parede exterior dupla e uma laje de nível intermédio com alvenaria e isolamento térmico contínuos (Corvacho, 1999)..... 84

Fig. 5.19 – Diagrama psicrométrico (Teixeira, 2007) 86

Fig. 5.20 – Princípio de funcionamento de um aparelho de desumidificação (Trotec, 2020) 88

Fig. 5.21 – Pormenor de correção térmica pelo interior, com isolamento parcial da ponte térmica e disfarce com teto falso (Abreu, 2003)..... 88

Fig. 5.22 – Pormenor de correção térmica pelo interior, com isolamento parcial da ponte térmica e disfarce com sanca e teto falso (Abreu, 2003)..... 89

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Catálogos de patologias e metolodogias existentes, por ordem cronológica 23

Quadro 3.2 – Elementos construtivos do “Catálogo de Patologias” 34

Quadro 4.1 – Principais elementos construtivos não estruturais de edifícios (Pavão, 2016) 47

Quadro 4.2 – Técnicas de perceção sensorial (adaptado de Pavão (2016)) 50

Quadro 4.3 – Técnicas de ação mecânica (adaptado de Abreu (2013) e Pavão (2016)) 52

Quadro 4.4 – Técnicas de propagação de ondas elásticas (adaptado de Abreu (2013) e Pavão (2016)) 55

Quadro 4.5 – Técnicas de propagação de radiação eletromagnética (adaptado de Pavão (2016) e Abreu (2013)) 55

Quadro 4.6 – Técnicas de reações químicas e eletroquímicas (adaptado de Abreu (2013), Pavão (2016) e Ferreira (2010)) 56

Quadro 4.7 – Técnicas de efeitos elétricos e magnéticos (adaptado de Abreu (2013) e Pavão (2016)) 58

Quadro 4.8 – Técnicas de deteção e análise de vibrações (adaptado de Abreu (2013) e Pavão (2016)) 58

Quadro 4.9 – Técnicas de inspeção hidrodinâmica dos materiais e estruturas (adaptado de Abreu (2013)) 59

Quadro 4.10 – Técnicas de inspeção higrotérmica (adaptado de Abreu (2013)) 60

Quadro 4.11 – Lista de causas possíveis (Rodrigues, 2001) 61

Quadro 4.12 – Tipos de intervenção (Medeiros, 2010) 62

Quadro 4.13 – Lista de anomalias e respetivas causas/manifestações em edifícios 65

Quadro 4.14 – Lista de elementos de um edifício e seus componentes 66

Quadro 5.1 – Anomalias frequentes em revestimentos cerâmicos aderentes (adaptado de Silvestre e Brito (2008)) 71

Quadro 5.2 – Causas prováveis para anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes (adaptado de Silvestre e Brito (2008)) 72

Quadro 5.3 – Procedimentos a seguir na aplicação do sistema ETICS (adaptado de APFAC (2018) e Freitas e Miranda (2014)) 77

SÍMBOLOS, UNIDADES, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

U – Coeficiente de Transmissão Térmica [W/(m^2.ºC)]

R_{si} – Resistência Superficial Interior [(m^2.ºC)/W]

θ_e – Temperatura Exterior [ºC]

θ_i – Temperatura Interior [ºC]

θ_{si} – Temperatura Superficial Interior [ºC]

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

AQC – Agence Qualité Construction

BEST – Building Environment Science & Technology Department

BMR – Building Medical Record

BRE – Building Research Establishment

CIB – Conseil International du Bâtiment

DAS – Defect Action Sheets

ENCORE – Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios

ETICS – External Thermal Insulation Composite System

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

INE – Instituto Nacional de Estatística

ISO – International Organization for Standardization

LCA – Life Cycle Assessment

LCC – Life Cycle Cost

LCCA – Life Cycle Cost Analysis

LFC – Laboratório de Física das Construções

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NUS – National University of Singapore

PATORREB – Grupo de Estudos da Patologia da Construção

RCA – Revestimento Cerâmico Aderente

SYCODÉS – SYstéme de COllecte des DÉSordres

Fig. – Figura

Ref.: – Referência

1
INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Sendo a habitação um elemento primário na ocupação do território e no desenvolvimento dos vários aglomerados populacionais, há a necessidade de o manter funcional e seguro para os seus utilizadores, uma vez que tem impacto direto na sua qualidade de vida.

Em Portugal, o estado de conservação do parque habitacional obriga frequentemente a realização de intervenções de reparação/reabilitação devidas, sobretudo, à não realização de operações de manutenção durante a vida útil dos edifícios.

O decréscimo do segmento da construção de nova habitação, aliado às necessidades de conservação, preservação e interesse em salvaguardar o património arquitetónico e histórico dos edifícios, traduz-se num crescimento das áreas da manutenção e reabilitação do património edificado ao longo das últimas décadas.

Contudo, a degradação dos edifícios não se cinge aos mais antigos; o aparecimento de anomalias precoces em edifícios novos inviabiliza a melhoria da qualidade da construção e preocupa os seus utilizadores, Engenheiros Civis e outros profissionais do setor da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção).

Deste modo, o interesse pela patologia da construção tem sido cada vez maior, sendo alvo de estudos e trabalhos de investigação que resultam num acumular de uma grande quantidade de informação técnica, que acaba por se encontrar dispersa, desorganizada e muitas vezes desatualizada.

Há, então, necessidade de reunir e sistematizar o conhecimento existente até à data que permita fazer uma consulta rápida e eficaz de informações sobre técnicas de diagnóstico e soluções de intervenção.

1.2. OBJETIVOS

Esta dissertação tem como principal objetivo organizar e sistematizar o conhecimento existente sobre patologia da construção.

Essa sistematização traduz-se na estruturação, elaboração e aplicação de um modelo de fichas de registo de patologias construtivas, organizadas num catálogo, de acordo com o tipo de patologias estudadas.

Com este modelo, pretende-se sintetizar em cada ficha o modo de tratamento das patologias mais frequentes nos edifícios, através da aplicação das técnicas de diagnóstico já existentes, possíveis soluções de intervenção e estimação de custos para a solução de intervenção adotada. Contudo, não se pretende elaborar novas fichas de patologias, mas sim aprofundar e completar alguns dos tópicos incluídos nas já existentes.

Cada ficha é referente a uma só patologia, sendo que serão posteriormente agrupadas no catálogo de acordo com as principais causas (humidades, fissuras, etc.). As fichas seguem a seguinte estrutura:

- "Descrição da Anomalia";
- "Descrição Construtiva e Localização do Elemento Afetado";
- "Ensaios e Sondagens *In Situ*/Laboratório";
- "Causas da Anomalia";
- "Consequências da Anomalia";
- "Sugestões de Intervenção/Medidas Corretivas";
- "Solução Adotada";
- "Monitorização do Comportamento da Intervenção";
- "Análise Económica da Solução Adotada";
- "Literatura Complementar".

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada em seis capítulos, de acordo com os objetivos referidos anteriormente.

O capítulo 2, *A Importância da Patologia da Construção,* procura explicar a importância das patologias construtivas observadas em edifícios, através da definição de alguns conceitos associados e, através de análise estatística e financeira, apresentar a sua frequência e custos associados. Adicionalmente, faz-se uma breve descrição da metodologia de diagnóstico mais utilizada e uma análise custo-benefício das soluções de intervenção, recorrendo ao *Life Cycle Assessment* e ao *Life Cycle Cost.*

O capítulo 3, *Sistematização da Informação em Patologia da Construção – Catálogos e Metodologias Existentes*, concentra e descreve, por ordem cronológica, os catálogos e metodologias existentes (publicações, *websites*, etc.) a nível mundial sobre patologia da construção, que, de um modo geral, procuram esclarecer a origem e causas das anomalias e propor soluções de intervenção ou medidas corretivas.

O capítulo 4, *Proposta de um Modelo de Registo de Patologias Construtivas*, pretende explicar a necessidade de desenvolvimento de um modelo aperfeiçoado de fichas de patologias, os seus principais objetivos e a sua estrutura, que serão organizadas num catálogo específico, de modo a facilitar a consulta destas fichas.

O capítulo 5, *Aplicação do Modelo de Registo de Patologias Construtivas a Casos de Estudo,* procura analisar a viabilidade da utilização do modelo proposto de fichas de registo de patologias construtivas, através da sua aplicação a dois casos de estudo genéricos.

O capítulo 6, *Conclusões*, compreende as principais conclusões retiradas com a realização deste trabalho, algumas das dificuldades encontradas ao longo de todo o processo e ainda propostas para um desenvolvimento e aperfeiçoamento contínuo do âmbito do modelo.

Em anexo, apresentam-se ainda duas fichas de registo de patologias construtivas referentes aos casos de estudo elaborados e uma ficha modelo com a estrutura a seguir na realização de futuros casos de estudo.

2

A IMPORTÂNCIA DA PATOLOGIA DA CONSTRUÇÃO

2.1. INTRODUÇÃO

A patologia, aplicada à Engenharia Civil, é a área do conhecimento que estuda a origem, causas e consequências das anomalias manifestadas nos elementos construtivos de um edifício e que avalia o seu desempenho. O termo patologia deriva do grego *páthos* (doença) + *logos* (ciência, estudo) (Rodrigues, 2001).

O aparecimento de anomalias nos componentes de um edifício é muito frequente e preocupa tanto os seus utilizadores, inseguros e céticos quanto a qualidade da sua habitação, como também os Engenheiros Civis e outros técnicos especializados, que terão de desenvolver um estudo exaustivo para intervencionar no sentido de corrigir as patologias identificadas e evitar o seu reaparecimento.

Atualmente, a patologia da construção tem desempenhado um papel importante no setor da construção, não só devido à reabilitação do parque habitacional das cidades, como também ao aumento generalizado das patologias em edifícios. Isto deve-se, em grande parte, ao facto de ter havido um incremento na construção de habitações nos anos 70, 80, 90, muitas vezes mal executadas devido à ausência de legislação adequada e fiscalização e à própria velocidade das construções. Adicionalmente, muitas delas são habitadas e não sofreram qualquer ação de manutenção.

Paralelamente, com a crescente variedade de materiais, soluções construtivas e tecnologias, assiste-se por vezes a uma perda de qualidade da construção: apesar de haver uma gama variada de opções, o seu desempenho funcional e aplicação em obra são muitas vezes desconhecidos. Como se verá mais à frente, grande parte das anomalias é devida a erros de projeto, nomeadamente projetos de execução que apresentam erros e/ou omissões. É de extrema importância, com recurso à física das construções, realizar uma correta aprovação das soluções e pormenores construtivos, a fim de garantir um bom funcionamento e compatibilidade dos materiais envolvidos (Lopes, 2005).

Independentemente do avanço da patologia da construção, conhecimento de inúmeras técnicas de diagnóstico e intervenção e formas de prevenção, os problemas construtivos ocorrem sistematicamente. Terá de haver um esforço para aumentar significativamente a qualidade do projeto e da execução, de modo a reduzir o número de erros na construção.

Adicionalmente, o reaparecimento de patologias é muito comum, devido à inexistência de um correto diagnóstico, a intervenções não adequadas e à sua execução por técnicos não especializados, o que reflete o estado da construção a nível nacional e europeu.

2.2. PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS

2.2.1. DEFINIÇÕES

O termo anomalia, associado à patologia da construção, representa uma disfunção das exigências funcionais inicialmente estabelecidas para um dado elemento ou componente construtivo, como consequência de determinada causa (Lopes, 2005).

Como já foi referido, grande parte das anomalias em edifícios é devida a uma deficiente pormenorização e certificação do desempenho das soluções construtivas e correspondente má execução; adicionalmente, a ausência de operações de manutenção por parte dos utentes também é prejudicial (Lopes, 2005).

As anomalias existentes nos elementos ou componentes de um edifício podem ser divididas em dois grandes grupos:

- **Anomalias Estruturais** – Relacionadas com fissuração/rotura de fundações, de pavimentos ou lajes e de paredes (superstrutura). Podem ser causadas por uma análise deficiente da capacidade de carga do solo, escolha inapropriada do mesmo ou uso de materiais inadequados e são agravadas pela deterioração, desgaste, sobrecarga e inadequada manutenção dos elementos estruturais referidos. As anomalias mais comuns são a corrosão das armaduras de aço, a fissuração e a deformação;
- **Anomalias Não-Estruturais** – Ocorrem sobretudo na envolvente dos edifícios e devem-se, normalmente, à má conceção, uso de materiais incompatíveis e, em fase de utilização, à falta de inspeção e manutenção.

Quanto à sua origem e aparecimento, as anomalias não-estruturais existentes podem ser classificadas como (Lima, 2009):

- **Anomalias Prematuras** – Ocorrem antes do tempo esperado para o seu aparecimento e é comum estarem associadas a defeitos de conceção e execução;
- **Anomalias Reincidentes** – Resultam do reaparecimento de patologias (explicado anteriormente), ou seja, são anomalias que reaparecem após uma deficiente intervenção, resultado de uma ação precipitada, onde o diagnóstico é inexistente ou inadequado;
- **Anomalias Recorrentes** – Referem-se às restantes anomalias existentes, ou seja, as mais comuns e expectáveis.

2.2.2. DADOS PORTUGUESES

Em Portugal, existem dados dos Censos de 2001, de 2011 e de documentos do INE (Instituto Nacional de Estatística) e do LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil), designadamente, *O Parque Habitacional e a sua Reabilitação – Análise e Avaliação* (2013). Nesse estudo, encontra-se informação importante relativa ao estado de conservação dos edifícios do parque habitacional português, consoante as variáveis consideradas (nº de pisos do edifício, tipo de usos, tipo de estrutura, ano de construção, etc.).

Para ser possível realizar uma análise fundamentada do estado de conservação dos edifícios portugueses, é necessário atender à sua distribuição, com base na época de construção.

Assim, na figura 2.1, observa-se o número de edifícios segundo a sua época de construção.

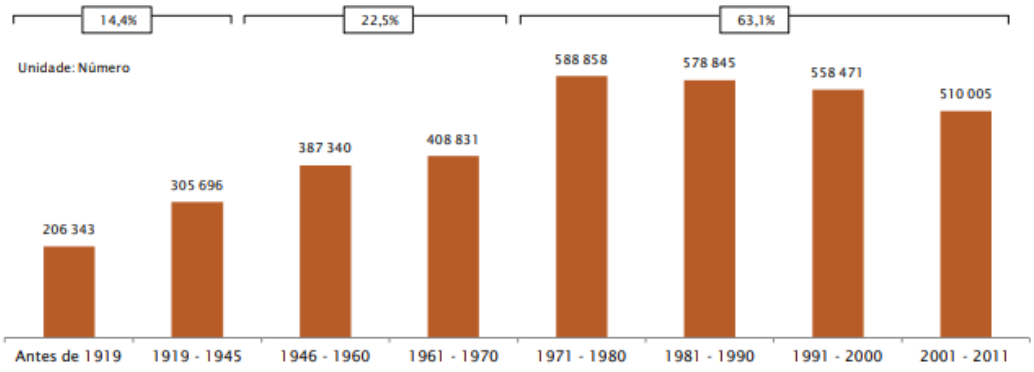


Fig. 2.1 – Número de edifícios segundo a época de construção (INE e LNEC, 2013)

Após análise do gráfico, percebe-se que de um total de edifícios existentes em 2011 (3 544 389), os construídos a partir de 1971 constituíam 63,1%, número justificado pela elevada taxa de crescimento habitacional português durante as últimas décadas. Porém, a década de 70 foi a que assistiu a um maior crescimento ao nível do edificado, sendo que a partir daí os números foram baixando (INE e LNEC, 2013).

É importante refletir que alguns dos edifícios do parque habitacional português já têm perto de 50 anos, necessitando de ações de manutenção ocasionais para assegurar um bom funcionamento e, simultaneamente, não pôr em causa a segurança dos seus utilizadores.

De modo a completar a informação da figura 2.1, a figura 2.2 apresenta a distribuição dos edifícios segundo o estado de conservação, por época de construção do edifício.

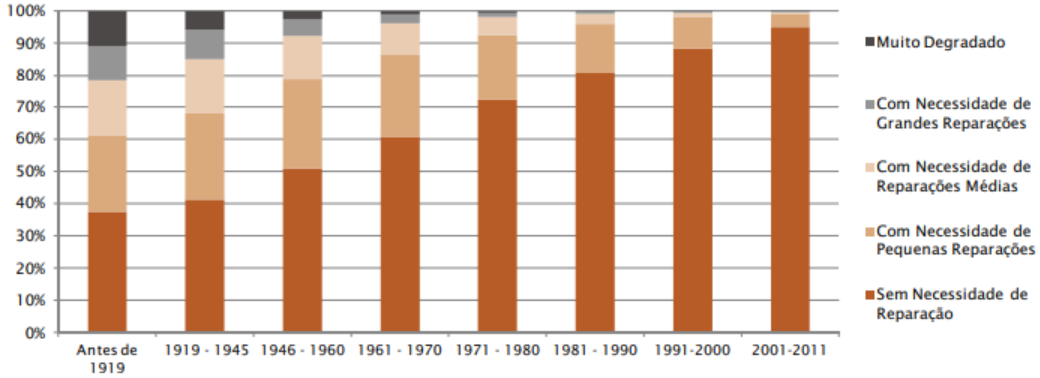


Fig. 2.2 – Distribuição de edifícios segundo o estado de conservação, por época de construção do edifício (INE e LNEC, 2013)

Como seria expectável, quanto mais recentes são os edifícios, maior é a percentagem de edifícios "sem necessidade de reparação". De salientar, também, que cerca de 70% dos edifícios da década de 70 (os mais predominantes) não necessitam de intervenção. Porém, nos que são construídos após 1970, a percentagem de edifícios "muito degradados" é inferior a 0,5% (INE e LNEC, 2013).

Na figura 2.3 é possível perceber a distribuição geográfica, em Portugal, de "edifícios muito degradados" ou "com necessidades de reparação".

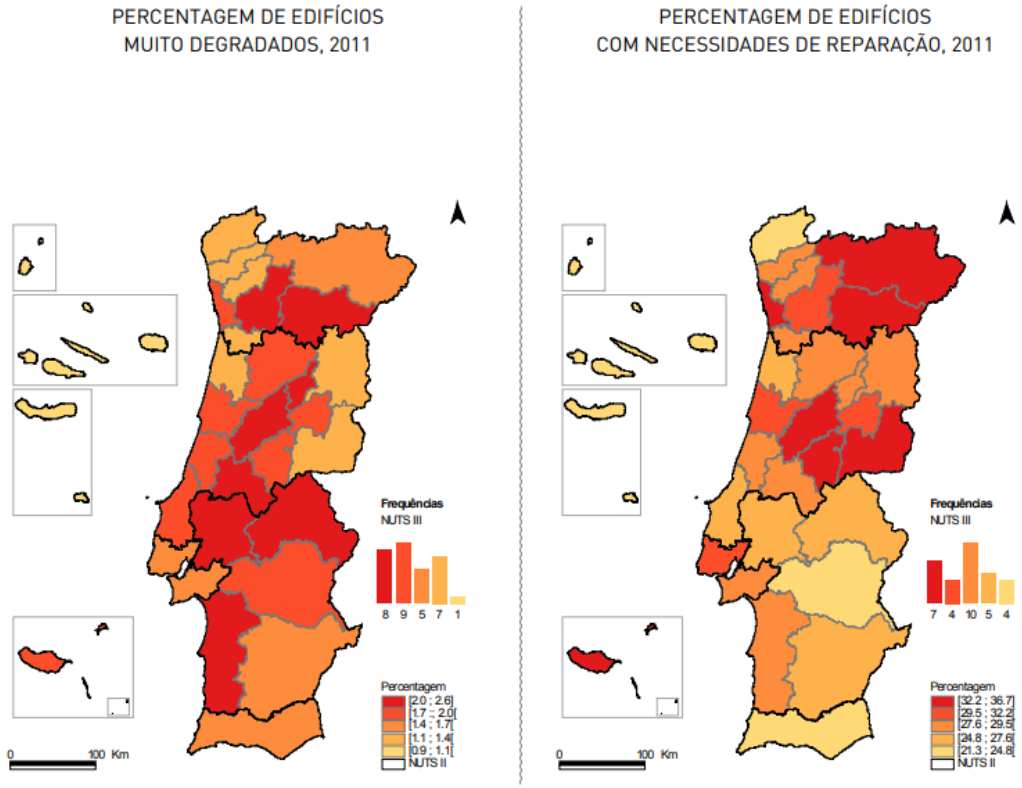


Fig. 2.3 – Distribuição geográfica de edifícios muito degradados ou com necessidades de reparação (INE e LNEC, 2013)

O estado de conservação dos edifícios, de acordo com os critérios aplicados nos Censos 2011, revela que apenas 1,7% dos edifícios se encontravam muito degradados e 27,3% necessitavam de reparações. A maioria dos edifícios, 71%, que correspondiam a 2 519 452, encontravam-se em bom estado de conservação e não necessitavam de reparações. Estes resultados foram consequência direta de um parque habitacional pouco envelhecido, reflexo da dinâmica construtiva das últimas décadas. Entre 2001 e 2011, verificou-se uma melhoria muito significativa destes indicadores. Em 2001, 3% dos edifícios apresentavam-se muito degradados e 38% tinham necessidades de reparação (INE e LNEC, 2013).

Na figura 2.4 está representada a evolução entre 2001 e 2011 do número de edifícios segundo o seu "estado de conservação".

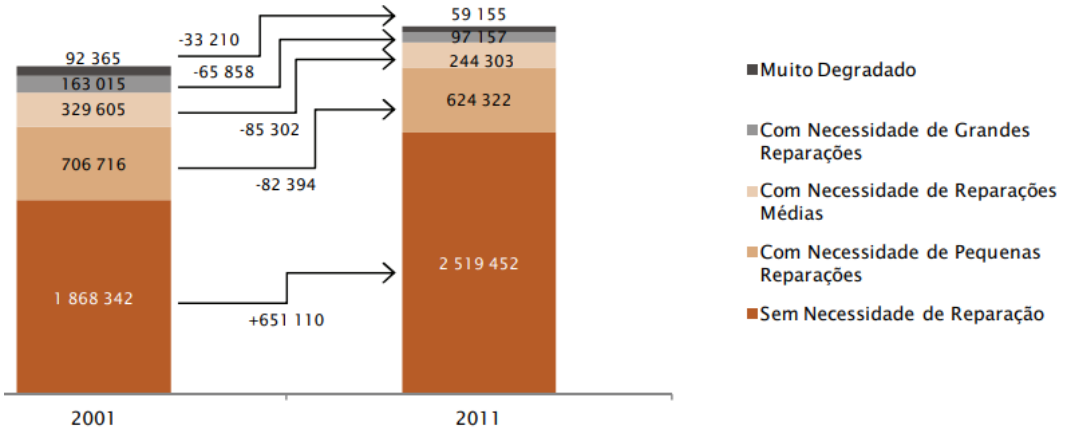


Fig. 2.4 – Número de edifícios segundo o estado de conservação (INE e LNEC, 2013)

Entre 2001 e 2011, verificou-se uma melhoria generalizada do estado de conservação dos edifícios. É de salientar o aumento de 34,8% (+651 110) de edifícios sem necessidade de reparação e a redução do número de edifícios com necessidade de reparação: -11,8% (-82 394) nos edifícios com necessidade de pequenas reparações, -25,9% (-85 302) nos edifícios com necessidade de reparações médias, -40,4% (-65 858) nos edifícios com necessidade de grandes reparações e -36,0% (-33 210) nos edifícios muito degradados (INE e LNEC, 2013).

Apesar da melhoria generalizada do estado de conservação, em 2011, subsistiam cerca de 1 milhão de edifícios (1 024 937) do parque habitacional português que necessitavam de intervenção (INE e LNEC, 2013).

Na figura 2.5 é observável o estado de conservação dos edifícios do parque habitacional português, em 2011, segundo o tipo de estrutura.

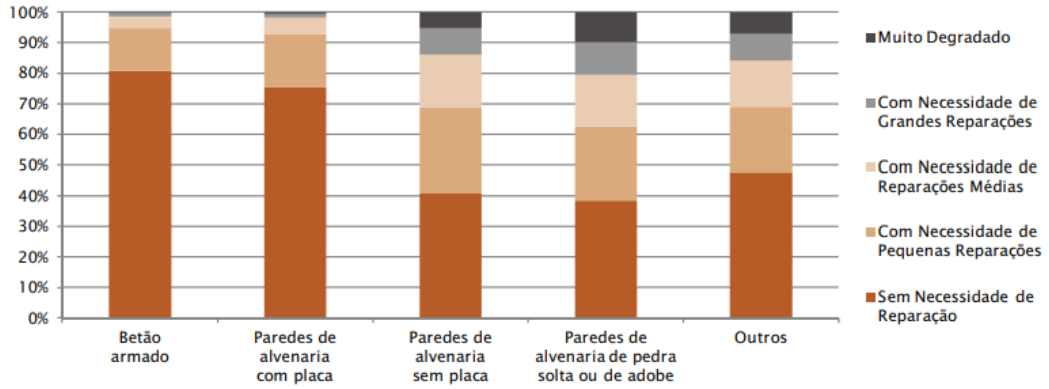


Fig. 2.5 – Distribuição de edifícios segundo o estado de conservação do edifício, por tipo de estrutura (INE e LNEC, 2013)

O estado de conservação dos edifícios com estrutura de betão armado ou em paredes de alvenaria com placa é substancialmente melhor que o dos edifícios com estrutura em paredes de alvenaria sem placa, de alvenaria de pedra solta ou de adobe.

A proporção de edifícios sem necessidade de reparação foi 80,7% nos edifícios com estrutura de betão armado e 75,5% nos edifícios com estrutura em paredes de alvenaria com placa. Esta proporção diminuiu para 40,9% nos edifícios com estrutura em paredes de alvenaria sem placa e 38,5% nos edifícios com estrutura em paredes de alvenaria de pedra solta ou de adobe (INE e LNEC, 2013).

A proporção de edifícios muito degradados ou que necessitava de grandes reparações foi 1,4% nos edifícios com estrutura de betão armado e 1,9% nos edifícios com estrutura em paredes de alvenaria com placa. Esta proporção aumentou para 14,0% nos edifícios com estrutura em paredes de alvenaria sem placa e 20,6% nos edifícios com estrutura em paredes de alvenaria de pedra solta ou de adobe (INE e LNEC, 2013).

O tipo de intervenção necessário em cada edifício é definido consoante a conjugação das anomalias nos diversos elementos do edifício, de acordo com a informação esquematizada na figura 2.6.

Elementos do edifício	Necessidade de reparações			
	Pequenas	Médias	Grandes	Muito Grandes
Na estrutura	Pequenas fissuras ocorrendo apenas em poucos locais; Estruturas de madeira com alguma deterioração em poucos locais.	Pequenas fissuras frequentes; Descasque em recobrimento de betão armado; Ocorrência pontual de sinais de corrosão em elementos de betão armado ou de estrutura metálica; Pavimentos com deformações notórias; Estruturas de madeira apodrecidas e/ou com ataque biológico (térmitas ou caruncho).	Fendilhação de média espessura em alguns pontos do edifício; Parede deformada ou desaprumada no interior do edifício; Elementos de betão armado com armaduras à vista e com corrosão; Elementos de estrutura metálica muito corroídos ou em perigo de rotura (escadas de serviço ou marquises com acesso vedado).	Ocorrência de assentamentos diferenciais das fundações (vãos de portas e janelas distorcidas); Estrutura de fachada desaprumada ou fissuração > 5 mm em mais de um local; Pilares desaprumados ou vigas ou lajes com deformação elevada; Fendilhação grande em elementos de betão armado e em mais de um local.
Na cobertura	Telhado sujo ou algumas telhas danificadas; Sistema de drenagem com funcionamento deficiente (entupimentos, rupturas).	Telhados com as águas deformadas; Telhas partidas ou porosas, havendo infiltrações; Fissuras em pavimentos de cobertura em terraço; Ocorrência de infiltrações generalizadas em caleiras e algerozes.	Grandes áreas do telhado deformado e sujo; Estrutura do telhado apodrecida ou corroída de forma generalizada; Necessidade de substituição integral das telhas ou outros elementos de revestimento do telhado ou do dispositivo de impermeabilização do terraço; Sistema de drenagem inexistente ou totalmente inoperacional (irrecuperável).	Grande área do telhado sem cobertura; Material de revestimento levantado com grandes infiltrações.
Nas paredes e caixilharia exteriores	Revestimentos empolados/sujidade; Ocorrência pontual de deficiências em caixilharias ou alguns vidros partidos.	Ausência de pintura em grandes áreas; Existência de grande diversidade de revestimentos denotando reparações defeituosas anteriores; Apodrecimento localizado dos revestimentos (normalmente junto às coberturas); Caixilharia com deficiências notórias.	Revestimentos degradados ou empolados em alguns locais; Fissuras e ausência de reboco em algumas áreas; Revestimentos apodrecidos e em desagregação; Elementos decorativos partidos e/ou deslocados em risco de queda; Caixilharia quase totalmente inoperacional; Caixilharia de marquises enfolada ou com muitos vidros partidos.	Reboco inexistente, empolado ou fissurado em grandes áreas; Cantaria de ornamentação de vãos fissurada e caixilharia a substituir totalmente.

Fig. 2.6 – Necessidade de reparações por elemento construtivo (INE e LNEC, 2013)

2.2.3. DADOS EUROPEUS

2.2.3.1. Causas e Origem das Anomalias

Como em Portugal não são conhecidos estudos estatísticos aprofundados sobre patologia da construção que possibilitem realizar uma análise completa da sua situação atual, recorreu-se a uma base de dados francesa: o sistema SYCODÉS (“*SYstéme de COllecte des DÉSordres”*) da AQC (*Agence Qualité Construction*).

Trata-se de um sistema de recolha de defeitos que permite fornecer aos profissionais do setor um *feedback* estatístico das origens das anomalias. Na sequência das patologias analisadas, são programadas ações de prevenção e melhoria da qualidade técnica, sendo possível avaliar o impacto destas ações na evolução das anomalias manifestadas, o que possibilita inferir sobre a evolução da qualidade na construção.

Os defeitos recolhidos pelo SYCODÉS são provenientes dos sinistros declarados às seguradoras, no âmbito da garantia decenal e dos seguros de reparação de danos e de responsabilidade decenal, obrigatórios em França desde 1978 (Lei *Spinetta*) (Sousa, 2004).

Posteriormente, os defeitos são agrupados por fichas preenchidas pelos peritos das seguradoras. Estas fichas são anónimas e contém uma descrição detalhada de cada problema (Sousa, 2004).

Para ser possível reduzir o aparecimento de patologias, há que perceber a causa que está na origem das manifestações e a sua frequência.

As anomalias reportadas podem ser devidas a:

- **Defeitos de Conceção;**
- **Defeitos de Execução;**
- **Incidentes de Obra;**
- **Defeitos dos Materiais ou Procedimentos;**
- **Defeitos de Manutenção ou Utilização;**
- **Nenhum Defeito Atribuível;**
- **Outros Defeitos.**

As causas de origem humana estão presentes nas diferentes fases do processo construtivo e encontram-se enumeradas em (adaptado de Lopes (2005)):

- **Defeitos de Conceção**
  - Projeto incompleto ou até inexistente;
  - Deficiente conceção;
  - Inadequação ao meio (geotécnico, físico e climático);
  - Inadequação a condicionamentos técnicos ou económicos;
  - Erros numéricos ou enganos de representação;
  - Informação insuficiente;
  - Deficiente pormenorização das soluções construtivas e seleção inadequada dos materiais ou técnicas construtivas.
- **Defeitos de Execução**
  - Não conformidade entre o que foi projetado e o que foi efetivamente executado (por negligência, má interpretação ou desconhecimento);
  - Má qualidade dos materiais empregues;
  - Manuseamento e processos de aplicação inadequados dos materiais;
  - Técnicas de produção e controle inadequadas;
  - Ausência de fiscalização;
  - Alterações inadequadas das soluções de projeto, incluindo no que se refere aos materiais propostos;
  - Mão-de-obra não qualificada e consequente má aplicação.
- **Defeitos de Manutenção ou Utilização**
  - Má utilização ou uso indevido, levando a uma degradação prematura;
  - Remodelações e alterações mal estudadas;
  - Alterações das condições do contexto envolvente do edifício, não previstas no projeto;
  - Ausência, insuficiência ou inadequação de manutenção.

Na figura 2.7 está representada a distribuição dos sinistros de acordo com a origem dos defeitos, por anos.

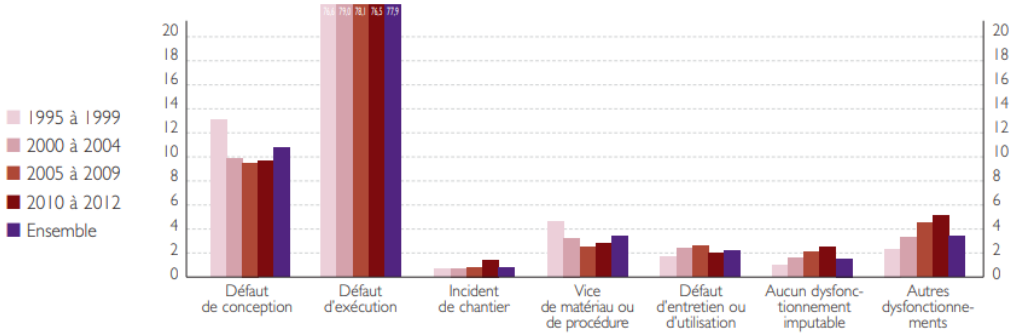


Fig. 2.7 – Distribuição percentual da origem dos defeitos, por anos (AQC, 2013)

Estes indicadores permitem observar a evolução da distribuição das origens dos defeitos que afetam as construções realizadas entre 1995 e 1999, 2000 e 2004, 2005 e 2009 e 2010 e 2012.

Independentemente do período considerado, os defeitos de execução são os mais frequentes (valor muito próximo dos 80% para qualquer período considerado) (AQC, 2013).

Na figura 2.8 é possível observar os tipos de manifestações mais frequentes e, consequentemente, mais relevantes.

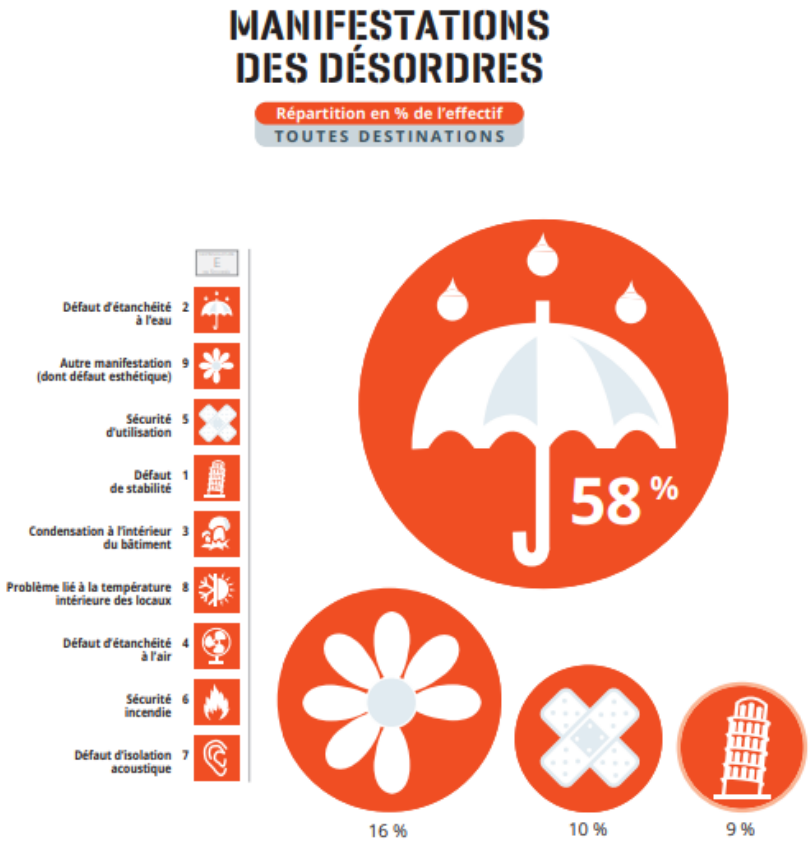


Fig. 2.8 – Percentagem em número de ocorrências das manifestações mais frequentes (AQC, 2016)

Os resultados apresentados foram reportados à AQC entre 1995 e 2015. O problema mais frequente é o de estanqueidade à água, presente em 58% dos casos, com um custo médio de reparação de 6945 €. Seguidamente, surgem outros defeitos, nomeadamente estéticos, em 16% dos registos. A segurança na utilização aparece em 10% dos casos e a falta de estabilidade em 9%. Com 1% de registos surge o problema de estanqueidade ao ar, com um custo médio de reparação de 8265 € (AQC, 2016).

2.2.3.2. Manifestações em Elementos Construtivos

As anomalias reportadas podem ser agrupadas por elemento construtivo, sendo os mais afetados:

- **Revestimento do Piso Interior (74);**
- **Cobertura em Elementos de Pequena Dimensão (31);**
- **Redes Prediais de Abastecimento de Água no Interior (90);**
- **Fachada em Alvenaria à Base de Blocos de Betão (51);**
- **Estrutura, Vigas e Pilares (20);**
- **Janelas e Portas-Janelas (Fora da Cobertura) (60);**
- **Equipamento Sanitário (91);**
- **Redes Exteriores ao Edifício (02);**
- **Fundações Superficiais (10);**
- **Cobertura em Elementos de Grande Dimensão (33);**
- **Cobertura em Terraço Não Acessível, com Isolamento e Revestimento Colocados no Local (40);**
- **Cobertura em Terraço Não Acessível, com Isolamento e Estanqueidade Autoprotegidos (41);**
- **Fachada Pesada em Elementos de Betão Moldado *In Situ* (54);**
- **Fachada Leve (57);**
- **Acessos Exteriores (01).**

Os números entre parêntesis correspondem aos números dos elementos existentes nas figuras 2.9, 2.10, 2.13 e 2.14 e identificam o elemento afetado, traduzido para português.

Nas figuras 2.9 e 2.10 é possível identificar quais são os elementos construtivos mais afetados em edifícios de habitação unifamiliar e multifamiliar/coletiva, respeitando o número de ocorrências, em percentagem, respetivamente; os valores apresentados nos gráficos são sempre comparados com os resultados agregados da totalidade das situações.

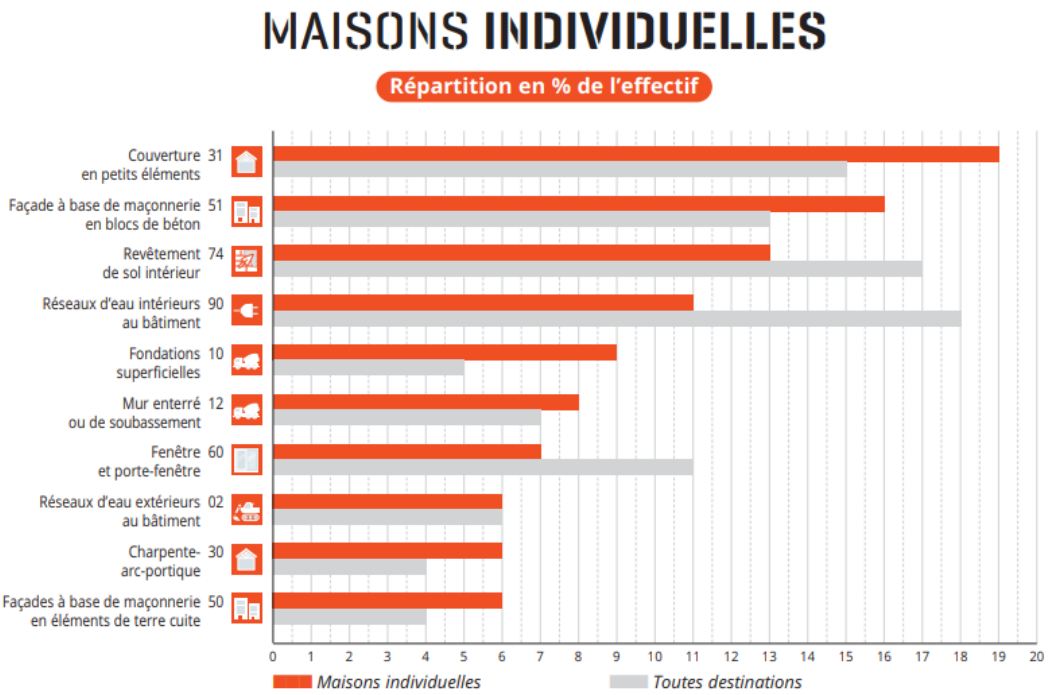


Fig. 2.9 – Distribuição percentual do número de ocorrências em habitações unifamiliares, por elemento construtivo (AQC, 2016)

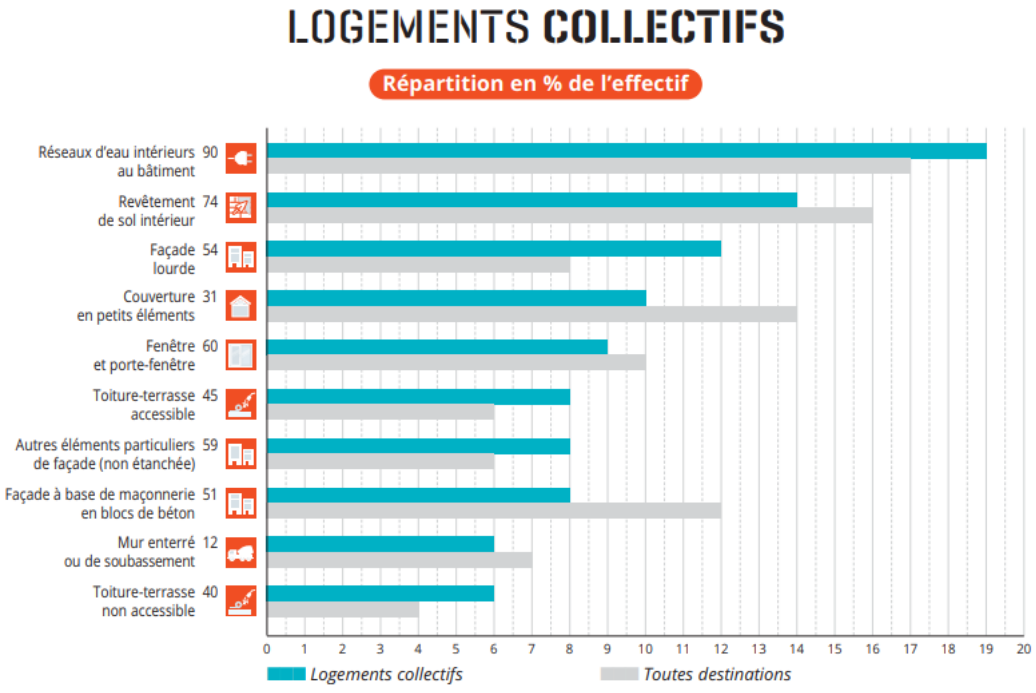


Fig. 2.10 – Distribuição percentual do número de ocorrências em habitações multifamiliares, por elemento construtivo (AQC, 2016)

Observando os dados dos gráficos anteriores, apesar da frequência das patologias não ser necessariamente a mesma, as mais comuns estão ligadas a coberturas, revestimentos de pavimentos interiores, fachadas e redes prediais de abastecimento de água interiores.

2.2.3.3. Custos de Reparação das Anomalias

À semelhança do que foi dito anteriormente, mais uma vez o sistema francês é dos únicos que disponibiliza uma análise exaustiva dos custos médios de reparação das anomalias, em função das causas de aparecimento e consoante os elementos construtivos.

Nas figuras 2.11 e 2.12 são apresentados gráficos que representam o custo da reparação em percentagem do custo da construção e o custo médio da reparação, em euros, ambos por origem de defeito, respetivamente.

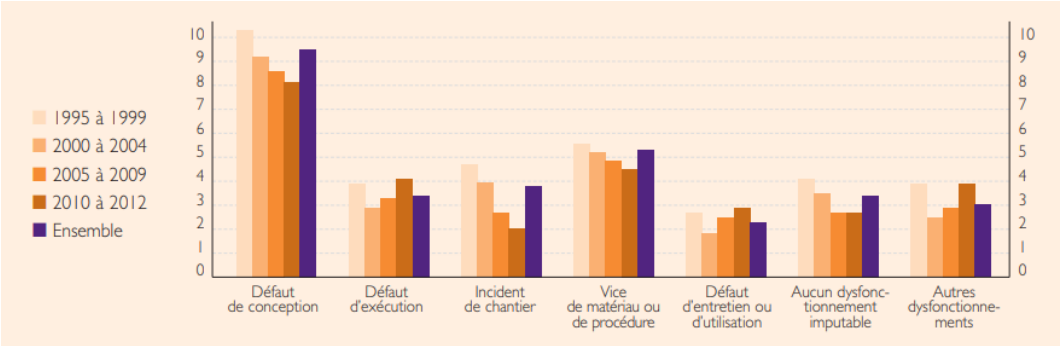


Fig. 2.11 – Custo da reparação em percentagem do custo da construção, por origem de defeito (AQC, 2013)

DYSFONCTIONNEMENT	1995 à 1999	2000 à 2004	2005 à 2009	2010 à 2012	Ensemble
Défaut de conception	13 570	14 580	13 300	12 720	13 820
Défaut d'exécution	5 480	5 420	5 130	5 280	5 370
Incident de chantier	4 850	8 150	5 080	5 030	6 050
Vice de matériau ou de procédure	6 770	6 920	6 730	7 330	6 830
Défaut d'entretien ou d'utilisation	6 040	4 630	4 060	4 570	4 760
Aucun dysfonctionnement imputable	5 440	6 540	5 310	4 090	5 790
Autres dysfonctionnements	8 070	5 930	5 200	4 440	6 110
Ensemble	6 680	6 390	5 930	5 950	6 370

Fig. 2.12 – Custo médio de reparação, em euros, por origem de defeito (AQC, 2013)

Da análise dos dados anteriores e comparando com os que foram apresentados no subcapítulo anterior (2.2.3.2), apesar dos defeitos de execução serem os mais frequentes em todos os períodos considerados, os custos de reparação associados a defeitos de conceção ou projeto são mais onerosos, duas a três vezes superiores aos restantes (9,5% em média para todos os períodos, comparando com uma média global de 4,1% para todas as origens combinadas) (AQC, 2013).

A partir das figuras 2.13 e 2.14 conclui-se quais são as patologias mais frequentes verificadas em edifícios de habitação unifamiliar e multifamiliar/coletiva, respeitando o custo de reparação, em percentagem, respetivamente; os valores apresentados nos gráficos são sempre comparados com os resultados agregados da totalidade das situações.

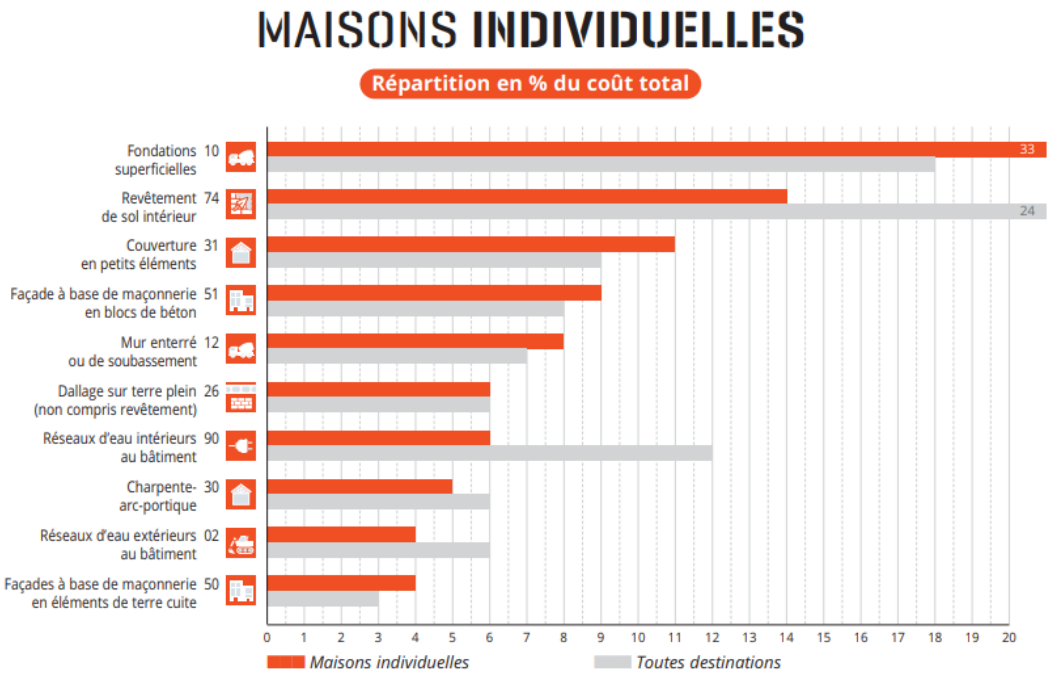


Fig. 2.13 – Distribuição percentual do custo de reparação das patologias mais frequentes em habitações unifamiliares, por elemento construtivo (AQC, 2016)

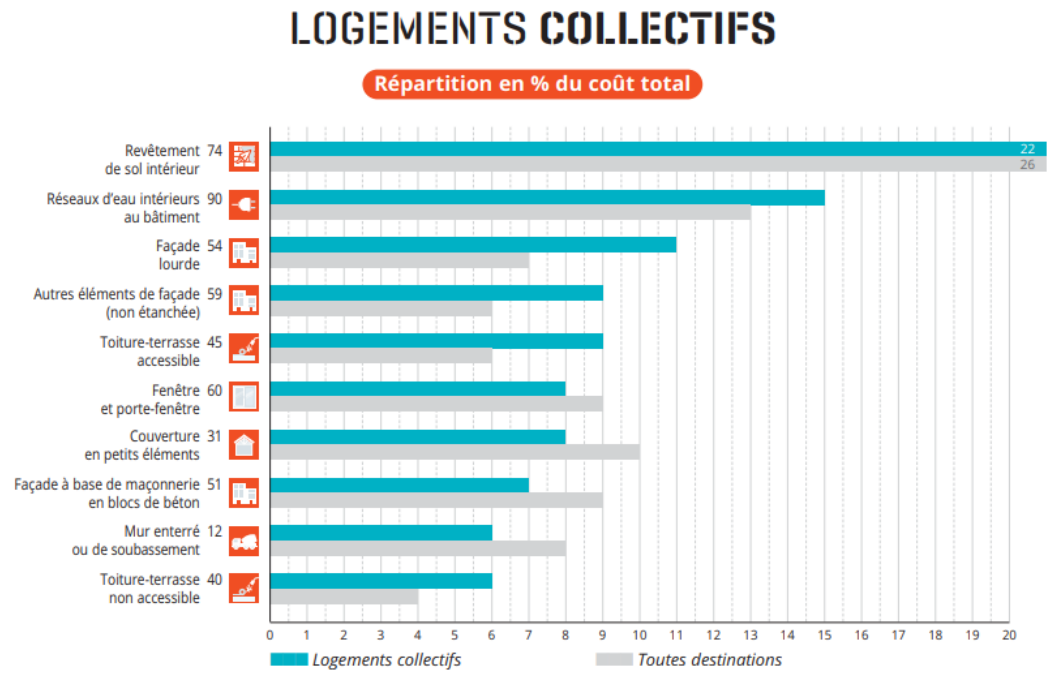


Fig. 2.14 – Distribuição percentual do custo de reparação das patologias mais frequentes em habitações multifamiliares, por elemento construtivo (AQC, 2016)

Os custos de reparação mais onerosos devem-se sobretudo a patologias em fundações superficiais, revestimentos de pavimentos interiores e redes prediais de abastecimento de água interiores. É importante

referir que estes valores não são necessariamente associados à frequência das patologias apresentadas nos gráficos correspondentes do subcapítulo anterior (2.2.3.2).

2.2.4. Extrapolação dos Dados Europeus para a Situação Portuguesa

Da análise da figura 2.6, os registos franceses afirmam que as principais patologias nos edifícios são devidas a problemas de estanquidade à água (condensações superficiais, condensações internas, infiltrações, humidade de construção, humidade ascensional), muito semelhante ao que se passa nos edifícios em Portugal. Estas patologias devem-se, sobretudo, a defeitos de conceção ou execução, à falta de manutenção das habitações, à inexistência de sistemas de ventilação adequados e ao deficiente tratamento das pontes térmicas.

Em França, os defeitos de execução têm o maior peso nas patologias registadas. Em Portugal, a situação é idêntica, muitas vezes devida à falta de mão-de-obra qualificada e ao tempo exigido para a conclusão das obras, geralmente muito reduzido.

Quanto aos elementos construtivos, tal como nas habitações francesas, as fachadas, coberturas e revestimentos interiores são os mais afetados. Adicionalmente, os vãos envidraçados apresentam um peso considerável, uma vez que predominando os edifícios com mais de 20 anos, o uso de caixilharias simples e vidros simples é ainda frequente (Sousa, 2004).

Tendo em vista o desenvolvimento do setor da patologia da construção a nível internacional, é de extrema importância recolher sinistros nos diferentes países, de modo a perceber os defeitos mais comuns e suas causas para, assim, prever custos necessários em futuras intervenções (Freitas, 2013).

2.3. Análise de Diagnóstico

2.3.1. Definição

O termo diagnóstico deriva do grego *diagnostikós* (capaz de discernir) e expressa o conjunto de procedimentos interdependentes e organizados, cuja finalidade é compreender e explicar determinada patologia, através da observação de manifestações existentes e da realização de ensaios e exames (Rodrigues, 2001).

Porém, apesar de haver situações em que as manifestações poderão ser idênticas, as causas associadas poderão ser uma combinação complexa de causas isoladas e que requerem mais do que a observação e a simples realização de ensaios e exames. Há que elaborar uma metodologia de diagnóstico adequada que permita uma correta intervenção, do ponto de vista técnico-económico.

Entende-se por metodologia de diagnóstico um conjunto de procedimentos com encadeamento lógico no sentido de convergir na obtenção da solução a adotar (Rodrigues, 2001).

Esta fase do estudo patológico surge como uma das mais importantes, uma vez que a existência de fenómenos anómalos é muito recorrente – reaparecimento da patologia – e resulta do insucesso de muitas intervenções devido à inexistência ou inadequado diagnóstico. De facto, a elaboração de um diagnóstico antes da implementação de uma solução curativa nem sempre é tida em conta, partindo-se logo para uma intervenção possível, mesmo desconhecendo as causas dessa anomalia (Rodrigues, 2001).

2.3.2. METODOLOGIA DE UM DIAGNÓSTICO

Tendo em conta o que foi dito anteriormente, para a elaboração do diagnóstico existem duas distintas e complementares formas de realização (Ferreira, 2010):

- Via Empírica, em que o estudo se baseia exclusivamente no "saber de experiência feito" dos autores;
- Via Científica, em que o diagnóstico se baseia no recurso a modelações matemáticas e físicas, à experimentação *in situ* ou em laboratórios;
- Combinação das duas vias, que significa o recurso preliminar à experiência do observador, seguindo-se a utilização de meios complementares de diagnóstico.

De uma forma generalizada, cada caso particular pode ser estudado através da seguinte metodologia (Freitas, 2003):

- **Análise da Informação Escrita e Desenhada**
  - Desenhos gerais e de pormenor;
  - Especificações técnicas de trabalhos executados;
  - "História" de eventuais intervenções.
- **Realização de um Inquérito**
  - Identificar os fogos-tipo mais degradados que devem ser visitados;
  - Verificar o carácter sistemático de certas patologias;
  - Detetar as exigências dos utilizadores.
- **Visita ao Interior e Exterior dos Edifícios**
- **Realização de Levantamento Fotográfico do Edifício e suas Patologias** (muito importante quando não há informação desenhada, comum em edifícios antigos)
- **Medidas *In Situ* ou em Laboratório**
  - Determinação da permeabilidade ao vapor de água;
  - Determinação da permeabilidade líquida;
  - Determinação da condutibilidade térmica;
  - Estudos de termografia;
  - Ensaios de arrancamento por tração;
  - Ensaios mecânicos sobre elementos construtivos;
  - Análise de variação dimensional face à temperatura e à humidade;
  - Medição de fissuras;
  - Análise do desenvolvimento de fissuras;
  - Medição da temperatura e da humidade dos materiais de construção.
- **Efetuar um Conjunto de Sondagens** (importante para perceber a composição de determinados elementos construtivos e a ligação entre eles)

Quando o estudo de diagnóstico está concluído, deverá ser elaborado um relatório pelo técnico executante com a seguinte estrutura-tipo (Ferreira, 2010):

- **Introdução;**
- **Descrição das patologias;**
- **Descrição dos elementos construtivos em análise;**
- **Resultados de sondagens e medições e sua interpretação;**
- **Causas das patologias;**
- **Metodologia para os trabalhos de reabilitação;**
- **Estimativa do custo unitário das soluções propostas.**

2.4. MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO

2.4.1. DEFINIÇÕES

Todos os edifícios, aquando da sua construção, têm uma vida útil expectável, envelhecendo de forma natural. Sendo a fase de utilização de um edifício a mais duradoura, os seus utilizadores têm a responsabilidade de estar alerta quanto à sua degradação precoce, de modo a prevenir o aparecimento de patologias e consequentes intervenções.

Se se pretende que o desempenho de um edifício seja otimizado e que a sua vida útil seja prolongada, torna-se imprescindível planear (em fase de projeto e utilização) um conjunto de ações de manutenção, muitas vezes descurado por parte dos utilizadores, por esquecimento ou desconhecimento. Como consequência, as anomalias manifestam-se inesperadamente, podendo necessitar de intervenções urgentes e dispendiosas.

Segundo a norma ISO 15686-1, o conceito de manutenção pode ser definido como "a combinação de todas as ações técnicas e administrativas de modo a que o edifício e seus elementos desempenhem, durante a vida útil, as funções para os quais foram concebidos".

Existem três tipos de manutenção (Flores e Brito, 2002):

- **Manutenção Reativa** – Consiste na ação de reparação das anomalias aquando da degradação do elemento construtivo. Tratando-se de situações normalmente urgentes, as intervenções são mais dispendiosas e, caso não sejam analisadas atempadamente, conduzem a uma degradação progressiva dos edifício e redução do seu tempo de vida útil. Este tipo de manutenção contempla cinco fases de atuação:
  - Verificação do caráter urgente da intervenção;
  - Definição do método de atuação;
  - Decisão de intervenção;
  - Execução e controlo do trabalho;
  - Registo/atualização de dados.
- **Manutenção Preventiva** – Consiste na execução de ações de manutenção, com um planeamento e periodicidades fixas, de modo a reduzir trabalhos excecionais e uma menor interferência na utilização normal do edifício;
- **Manutenção Preditiva** – Consiste na execução de ações de manutenção, após análise do estado dos diversos elementos, planeando-se as inspeções a realizar.

É relevante referir que a manutenção preventiva e a preditiva constituem uma estratégia de manutenção pró-ativa, que possibilita realizar um planeamento da intervenção antes do aparecimento de anomalias, de modo a reduzir a probabilidade de um dado elemento apresentar defeitos (Flores e Brito, 2002).

Para um correto planeamento das operações de manutenção preventiva, surge a necessidade de caracterizar os seguintes parâmetros (Flores e Brito, 2002):

- Vida útil de cada elemento;
- Níveis mínimos de qualidade/exigências;
- Anomalias significativas;
- Causas prováveis;
- Caracterização dos mecanismos de degradação;
- Sintomas de pré-patologia;
- Escolha das operações de manutenção;
- Análise de registos históricos (periodicidade de intervenções, etc.);
- Comparação com o comportamento noutros edifícios (antes e após reparações);

- Recomendações técnicas dos projetistas, fabricantes/fornecedores, etc.;
- Custos das operações.

Enquanto que a manutenção procura repor os níveis de desempenho em serviço, através de pequenas intervenções, a reabilitação visa um conjunto de trabalhos que procuram melhorar o nível inicial de desempenho de alguns sistemas/componentes degradados do edifício, através do reequacionamento da solução construtiva para uma mais atual, eficiente e adaptada às exigências do dia-a-dia (Lopes, 2005).

Porém, a reabilitação induz custos acrescidos e o seu sucesso está dependente dos dados relativos ao edifício (peças desenhadas, esquemas, registo de intervenções anteriores, reclamações dos utilizadores, etc.), muitas vezes inexistentes. Ultrapassados estes constrangimentos, há que atender à compatibilidade entre os novos materiais e os existentes e à eficácia da possível solução, sendo necessária a intervenção de um especialista (projetista) que garanta essas condições (Freitas, 2015).

Na figura 2.15 é possível comparar as diferenças entre manutenção e reabilitação quanto ao nível de desempenho obtido e ao limite de utilização previsto.

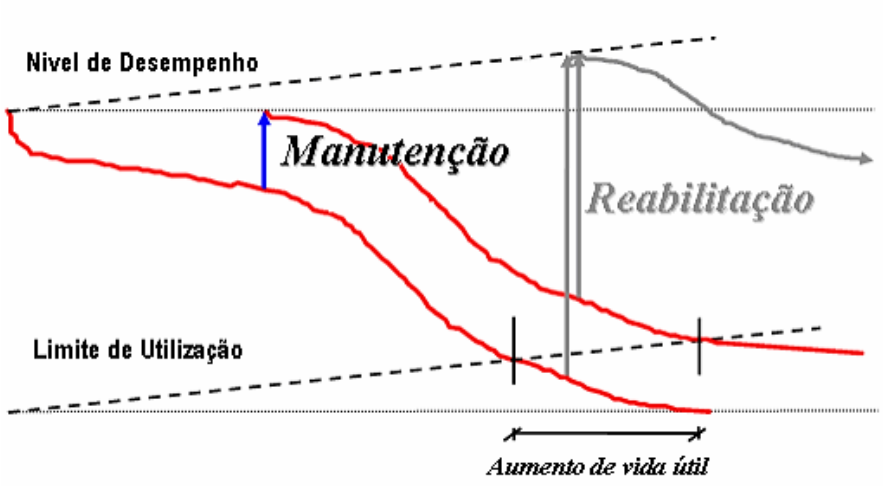


Fig. 2.15 – Diferenciação entre manutenção e reabilitação (Rocha, 2008)

2.4.2. Procedimentos de Manutenção

Conforme referido anteriormente, é de extrema importância a realização de operações de manutenção nos diversos elementos de um edifício, uma vez que permite avaliar e corrigir o seu desempenho e garantir os seus níveis de habitabilidade, funcionalidade e segurança, prevenindo a sua degradação precoce, aumentando a sua vida útil e reduzindo eventuais custos com reparações/substituições inesperadas.

Os principais procedimentos da manutenção (*"Big-Six"*) apresentam-se de seguida (Rodrigues, 2008):

- **Inspeção;**
- **Limpeza;**
- **Medidas Pró-Ativas;**
- **Medidas Corretivas;**
- **Substituição;**
- **Condições de Utilização.**

Os procedimentos de manutenção "inspeção", "limpeza" e "medidas pró-ativas" têm um caráter preventivo, definindo uma série de atividades que visam evitar o desgaste dos elementos/sistemas construtivos e eliminar os fenómenos patológicos, retardando a sua rotura. Por sua vez, as "medidas corretivas" e a

"substituição" têm um caráter corretivo e são usadas quando o desgaste dos elementos/sistemas construtivos é já muito avançado, sendo supérfluo recorrer aos três primeiros procedimentos (Lopes, 2005).

2.4.2.1. Inspeção

A inspeção é uma das atividades mais condicionantes nos resultados e no planeamento das restantes operações de manutenção, uma vez que tem como propósitos (Flores e Brito, 200?):

- Identificar possíveis fenómenos pré-patológicos e/ou anomalias;
- Monitorizar para evitar eventuais danos;
- Identificar zonas que necessitam de manutenção preventiva;
- Avaliar o desempenho dos elementos/sistemas construtivos.

A inspeção poderá ter diferentes origens, nomeadamente através de uma queixa/reclamação dos utilizadores (estratégia de manutenção corretiva) ou de uma atividade previamente planeada (estratégia de manutenção preventiva) (Vale, 2011).

Este tipo de operação deverá ser realizado regularmente por técnicos especializados e, caso se trate de tarefas mais simples, pelos utilizadores do edifício.

2.4.2.2. Limpeza

As operações de limpeza, muitas vezes subestimadas e negligenciadas, são cruciais na prevenção da evolução de várias anomalias, pois permitem remover sujidades e poluição, nomeadamente o desenvolvimento de fungos, algas e outros agentes, óleos, eflorescências, etc., através do uso de jato de água com pressão moderada e/ou escovagem manual/mecânica, seguida da aplicação de produtos químicos (detergentes, fungicidas, biocidas, etc.) (Lopes, 2005).

Apesar de não contribuírem diretamente para o aumento da qualidade dos edifícios, proporcionam um bom aspeto visual e previnem o desenvolvimento de anomalias, aumentando a vida útil dos elementos/sistemas construtivos.

No que toca à periodicidade, estas operações em fachadas deverão ter um caráter regular, conforme a periodicidade estabelecida no plano de manutenção.

2.4.2.3. Medidas Pró-Ativas

A aplicação destas medidas permite corrigir as insuficiências no desempenho de determinado elemento/sistema construtivo, devidas a um deficiente comportamento (pró-utilização) ou perda natural de desempenho (ajuste funcional) (Lopes, 2005).

As medidas pró-ativas dividem-se em (Lopes, 2005):

- **Medidas de Pró-Utilização** – Utilizadas quando o elemento/sistema construtivo apresenta fenómenos de pré-patologia ou anomalias devidas à utilização, corrigindo assim insuficiências de comportamento do mesmo e evitando fenómenos recorrentes. A pintura de um suporte com tinta resistente a agentes biológicos, após lavagem, constitui um exemplo;
- **Medidas de Ajuste Funcional** – Utilizadas para corrigir o desempenho (aspeto visual, impermeabilização, coesão, etc.) de determinado elemento/sistema construtivo, devido ao seu envelhecimento. A aplicação de produtos hidrófugos constitui um exemplo.

2.4.2.4. Medidas Corretivas

As medidas corretivas pretendem corrigir as anomalias observadas, repondo ao elemento/sistema construtivo o seu desempenho inicial. Devem ser minimizadas por terem um caráter reativo, ao contrário das outras tarefas que seguem determinada periodicidade. Não é necessária a substituição absoluta do elemento.

2.4.2.5. Substituição

A substituição tem como objetivo trocar um elemento/sistema construtivo por outro de iguais características, no final da sua vida útil, de modo a restituir o desempenho inicial.

2.4.2.6. Condições de Utilização

As condições de utilização estão a cargo dos utentes e constituem um conjunto de regras e procedimentos essenciais que possibilitem efetuar um uso correto dos vários elementos/sistemas construtivos do edifício, minimizando, assim, as restantes operações de manutenção; contudo, as operações de manutenção executadas não corrigirão o mau uso de equipamentos e/ou elementos/sistemas construtivos (Castiajo, 2012).

2.5. Comparação de Soluções Admissíveis – Análise Custo-Benefício Recorrendo ao Life Cycle Cost (LCC) e ao Life Cycle Assessment (LCA)

2.5.1. Definições

Após a elaboração do diagnóstico, segue-se a intervenção. Apesar de cada caso ser singular, as soluções admissíveis são já conhecidas e usadas em casos semelhantes. A escolha da solução adequada torna-se árdua, não só do ponto de vista técnico como também económico, pela influência dos utilizadores, que habitualmente optam pela solução menos onerosa. Porém, esta acaba por nem sempre ser a melhor, servindo apenas como um "remedeio" para o possível reaparecimento de patologias.

Aplicado à patologia da construção, o custo do ciclo de vida poderá ser usado como uma técnica de avaliação de custos que permite antecipar a *performance* económica de determinada intervenção ao longo das diferentes fases do ciclo de vida: projeto, construção e utilização.

O Custo do Ciclo de Vida (*Life Cycle Cost* – LCC) é o custo total de um elemento/sistema construtivo do edifício (ou do todo) ao longo da sua vida útil, incluindo os custos de planeamento, projeto, aquisição, exploração, manutenção e operação, descontando o seu valor residual.

Por sua vez, segundo a ISO 15686-5: 2017, a Análise do Custo do Ciclo de Vida (*Life Cycle Cost Analysis* – LCCA) é uma "técnica que permite a avaliação comparativa dos custos ao longo de um período específico, considerando todos os fatores económicos relevantes, tanto em termos de custo inicial como custos de operação futuros".

É particularmente útil quando as alternativas de projeto (no caso da patologia da construção, as diferentes soluções de intervenção) preenchem requisitos de desempenho similares, mas diferem quanto aos custos associados nas diferentes fases da vida do edifício, sendo necessário tecer comparações a fim de selecionar a que tem um menor LCC (AbouHamad e Abu-Hamd, 2019).

Adicionalmente, as preocupações com o ambiente têm tido um papel cada vez mais crucial na escolha de materiais e produtos para soluções de intervenção (reparação e manutenção), tendo em vista os seus

impactos, tanto diretos como indiretos. Assim, a par da realização de uma análise pelo *Life Cycle Cost*, é fundamental conduzir um estudo pelo *Life Cyle Assessment*, de modo a minimizar custos de construção e seus impactos ambientais (Rodrigues et al., 2018).

A Avaliação do Ciclo de Vida (*Life Cycle Assessment* – LCA) poderá ser definida como a análise quantitativa dos aspetos ambientais de um produto ou material ao longo das diferentes fases do seu ciclo de vida. Os potenciais impactos no ambiente referem-se a emissões para o ar, água e solo (como CO_2 e resíduos sólidos) e podem ser prejudiciais para ecossistemas, saúde humana e recursos naturais (Lee e Inaba, 2004).

Ao conduzir o estudo do LCC, é necessário definir algumas variáveis iniciais para a análise (Dwaikat e Ali, 2018):

- **Vida Útil da Intervenção** – Período durante o qual a intervenção satisfaz o nível de *performance* mínimo;
- **Período de Análise** – Horizonte temporal durante o qual o LCC é analisado;
- **Taxa de Inflação** – Refere-se ao contínuo aumento/decréscimo nos preços de bens ou serviços;
- **Taxa de Atualização** – Corresponde ao valor real de poder de compra do dinheiro de um investidor, dependente das condições de mercado e ao qual é descontada a inflação;
- **Custos de Projeto e Execução** – Constituem um custo primário do LCC;
- **Custos de Operação da Intervenção** – Custos que podem incluir renda, seguros, custos cíclicos regulatórios, custo de serviços públicos, impostos e outros custos operacionais; custos relacionados com consumo de energia e água inserem-se neste campo;
- **Custos de Manutenção da Intervenção** – Custos relacionados com ações necessárias para manter a intervenção a funcionar de acordo com os requisitos mínimos de *performance* e que incluem mão-de-obra, materiais, entre outros (limpeza, etc.); visam preservar e proteger a intervenção;
- **Custos de Fim de Vida** – Custos associados a inspeção, demolição ou eliminação da solução.

2.5.2. Metodologia da Life Cycle Cost Analysis

A metodologia a seguir numa *Life Cycle Cost Analysis*, aplicada à patologia da construção, é a seguinte (adaptado de AbouHamad e Abu-Hamd (2019)):

- **Identificação das Sugestões de Intervenção/Medidas Corretivas Aplicáveis**
- **Definição do Âmbito e Parâmetros Chave para os Cálculos do LCC**
    - Custos de Construção – Representam os custos com material, equipamento, mão-de-obra e custos de projeto;
    - Custos de Utilização – Englobam os "Custos de Operação da Intervenção" e "Custos de Manutenção da Intervenção";
    - Custos de Fim de Vida – Definidos anteriormente.
- **Cálculo da *Performance* Económica das Alternativas**
    - Componentes do LCC;
    - Taxa de Inflação;
    - Taxa de Atualização.
- **Análise de Sensibilidade e Escolha da Melhor Alternativa**
    - Definição de Modelos de Incerteza;
    - Simulação pelo Método de Monte Carlo;
    - Análise de Resultados.

2.6. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Após leitura e análise deste capítulo, é possível concluir que o estudo da patologia da construção implica um conjunto de atividades que, apesar de autónomas, têm um certo grau de complexidade e terão de ser devidamente coordenadas, de modo a convergir numa solução eficaz e duradoura que permita tratar as patologias corretamente e garantir o bom desempenho dos sistemas/componentes do edifício.

Assim, para se ter uma noção abrangente das diferentes fases do estudo da patologia da construção, é feita referência, de forma sucinta, às várias etapas envolvidas e passos a seguir que possibilitem a realização de um estudo completo e exaustivo das manifestações observadas e elementos afetados, técnicas de diagnóstico, sugestões de intervenção, procedimentos de manutenção e custos associados.

Como o estudo da patologia da construção é baseado no tratamento das anomalias, apresentou-se a definição/conceito, distinguindo-se entre dois grupos no que toca à sua natureza (estruturais ou não-estruturais), visto que são tratadas por diferentes especialistas de Engenharia Civil, e à sua origem ou aparecimento (prematuras, reincidentes ou recorrentes), conforme são devidas a defeitos de execução ou conceção, fenómenos de reaparecimento de patologias e anomalias já expectáveis, respetivamente.

Seguidamente, considerou-se relevante efetuar um levantamento do estado do parque habitacional português (até 2011) relativamente ao tipo de edifícios, ano de construção e necessidade de intervenção. Para se tecer algumas comparações e permitir um estudo mais completo e atual, foi recolhida alguma informação francesa quanto às patologias mais frequentes, causas das manifestações e custos de reparação, possibilitando uma extrapolação para a situação portuguesa, algo semelhante.

O sucesso do tratamento das patologias é consequência de um correto estudo de diagnóstico, onde se segue uma metodologia já conhecida e aplicada (análise da informação disponível, diálogo com utilizadores, observação do local afetado e levantamento fotográfico, ensaios e sondagens) que permite convergir numa solução apropriada para o problema.

Posteriormente, já em fase de utilização, haverá alguns procedimentos de manutenção a seguir, fundamentais para um elevado desempenho da intervenção efetuada e que deverão ser incluídos num plano de manutenção, com periodicidade definida pelos especialistas. Os utilizadores terão também de cumprir a sua parte, ao realizar ações de limpeza regulares e reportar eventuais problemas ou defeitos que observem.

Finalmente, é realizada uma breve abordagem ao *Life Cycle Cost* e ao *Life Cyle Assessment*, duas ferramentas cada vez mais usadas aquando da escolha entre várias soluções possíveis e que permitem avaliar os custos envolvidos ao longo da vida útil da intervenção e os impactos ambientais a ela associados, respetivamente, auxiliando o processo de tomada de decisão do especialista. Porém, poderão gerar alguma incerteza associada à definição dos custos de operação e manutenção futuros.

3

SISTEMATIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO EM PATOLOGIA DA CONSTRUÇÃO – CATÁLOGOS E METODOLOGIAS EXISTENTES

3.1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 80 até aos dias de hoje, começaram a ser divulgados, a nível internacional, diferentes catálogos de patologias, tanto sob a forma de publicações como *websites*.

Estes catálogos surgiram da necessidade de reunir e sistematizar estudos e trabalhos de investigação dispersos e desorganizados até à data. Adicionalmente, tinham como objetivo auxiliar Engenheiros Civis, Arquitetos e outros técnicos ligados à indústria AEC a detetar, prevenir e corrigir patologias existentes em edifícios, melhorando a qualidade da construção.

Porém, com o passar dos tempos, as técnicas de diagnóstico e intervenção sofreram atualizações, com o aparecimento de novas tecnologias construtivas e materiais, de tal modo que a pouca informação catalogada foi caindo em desuso.

3.2. CARACTERIZAÇÃO

Procura-se, então, enunciar e explicitar alguns dos catálogos de patologias e metodologias existentes e mais relevantes, o seu funcionamento e objetivos.

No quadro 3.1 são apresentados os referidos catálogos e metodologias, por ordem cronológica, que, seguidamente, serão abordados um a um.

Quadro 3.1 – Catálogos de patologias e metolodogias existentes, por ordem cronológica

Ano	Ferramenta	País	Autor(es)	Suporte
1982	Defect Action Sheets	Reino Unido	BRE	Físico
1985	Fichas de Reparação de Anomalias	Portugal	LNEC	Físico
1993	Cases of Failure Information Sheet	Vários	CIB	Físico

1995	Fiche Pathologie du Bâtiment	França	AQC	Informático
1996	Good Repair Guide	Reino Unido	BRE	Físico
2003	ConstruDoctor	Portugal	OZ	Informático
2004	Imparare Dagli Errori	Itália	Politecnico di Milano	Informático
2004	PATORREB	Portugal	LFC - FEUP	Informático
2004	Maintainability of Buildings	Singapura	NUS	Informático
2009	Sistemas de Inspeção e Diagnóstico de Edifícios	Portugal	IST	Informático
2009	Web-based Prototype System	Japão	P. Fong e K. Wong	Informático
2013	Building Medical Record	China	C. Chang e M. Tsai	Informático

3.3. DEFECT ACTION SHEETS (1982)

O BRE *(Building Research Establishment)* publicou entre Maio de 1982 e Março de 1990 um conjunto de 144 fichas de patologias designadas por *"Defect Action Sheets"* (DAS). Estas fichas continham informação sobre as anomalias mais recorrentes na época, nomeadamente formas de prevenção e sugestões de tratamento (Freitas, 2013).

As DAS eram compostas por 2 páginas A4 com a seguinte estrutura:

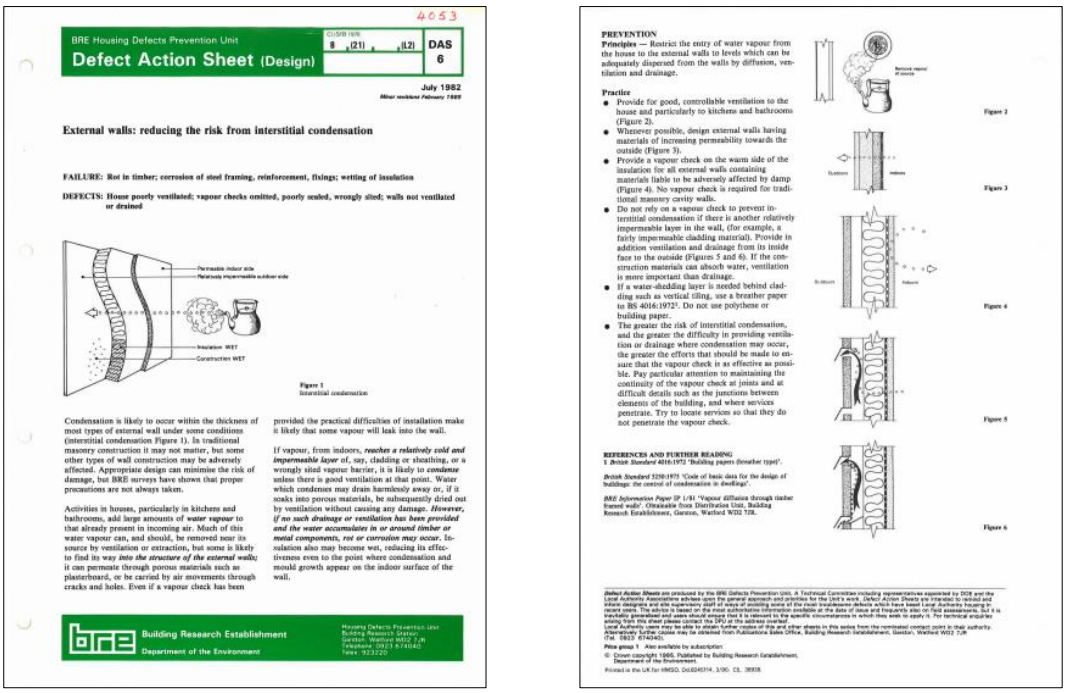
- Descrição da anomalia, manifestações e causas respetivas, com recurso a imagens ou fotografias;
- Explicação das principais medidas preventivas, auxiliada por esquemas ilustrativos;
- Listagem de referências bibliográficas e literatura recomendada.

As fichas foram divididas em 2 grupos, de acordo com a origem da anomalia, com a seguinte designação:

- ***"Design"*** – A anomalia é atribuída a um defeito de conceção;
- ***"Site"*** – A anomalia é atribuída a problemas de execução.

Assim, para as distinguir, as cores do cabeçalho diferenciavam conforme o grupo: verde para *"design"* e vermelho para *"site"*.

Na figura 3.1 é possível observar um exemplo de uma ficha de *"design"*, a DAS 6, publicada em Julho de 1982.



BRE Housing Defects Prevention Unit

Defect Action Sheet (Design) DAS 6

July 1982

External walls: reducing the risk from interstitial condensation

FAILURE: Rot in timber; corrosion of steel framing, reinforcement, fixings; wetting of insulation

DEFECTS: House poorly ventilated; vapour checks omitted, poorly sealed, wrongly sited; walls not ventilated or drained

Figure 1 Interstitial condensation

Condensation is likely to occur within the thickness of most types of external wall under some conditions (interstitial condensation Figure 1). In traditional masonry construction it may not matter, but some other types of wall construction may be adversely affected. Appropriate design can minimise the risk of damage, but BRE surveys have shown that proper precautions are not always taken.

Activities in houses, particularly in kitchens and bathrooms, add large amounts of *water vapour* to that already present in incoming air. Much of this water vapour can, and should, be removed near its source by ventilation or extraction, but some is likely to find its way *into the structure of the external walls*; it can permeate through porous materials such as plasterboard, or be carried by air movements through cracks and holes. Even if a vapour check has been provided the practical difficulties of installation make it likely that some vapour will leak into the wall.

If vapour, from indoors, ***reaches a relatively cold and impermeable layer*** of, say, cladding or sheathing, or a wrongly sited vapour barrier, it is likely to ***condense*** unless there is good ventilation at that point. Water which condenses may drain harmlessly away or, if it soaks into porous materials, be subsequently dried out by ventilation without causing any damage. ***However, if no such drainage or ventilation has been provided and the water accumulates in or around timber or metal components, rot or corrosion may occur.*** Insulation also may become wet, reducing its effectiveness even to the point where condensation and mould growth appear on the indoor surface of the wall.

Building Research Establishment
Department of the Environment

PREVENTION

Principles — Restrict the entry of water vapour from the house to the external walls to levels which can be adequately dispersed from the walls by diffusion, ventilation and drainage.

Practice

- Provide for good, controllable ventilation to the house and particularly to kitchens and bathrooms (Figure 2).
- Whenever possible, design external walls having materials of increasing permeability towards the outside (Figure 3).
- Provide a vapour check on the warm side of the insulation for all external walls containing materials liable to be adversely affected by damp (Figure 4). No vapour check is required for traditional masonry cavity walls.
- Do not rely on a vapour check to prevent interstitial condensation if there is another relatively impermeable layer in the wall, (for example, a fairly impermeable cladding material). Provide in addition ventilation and drainage from its inside face to the outside (Figures 5 and 6). If the construction materials can absorb water, ventilation is more important than drainage.
- If a water-shedding layer is needed behind cladding such as vertical tiling, use a breather paper to BS 4016:1972†. Do not use polythene or building paper.
- The greater the risk of interstitial condensation, and the greater the difficulty in providing ventilation or drainage where condensation may occur, the greater the efforts that should be made to ensure that the vapour check is as effective as possible. Pay particular attention to maintaining the continuity of the vapour check at joints and at difficult details such as the junctions between elements of the building, and where services penetrate. Try to locate services so that they do not penetrate the vapour check.

Figure 2

Figure 3

Figure 4

Figure 5

Figure 6

REFERENCES AND FURTHER READING

1 *British Standard* 4016:1972 'Building papers (breather type)'.

British Standard 5250:1975 'Code of basic data for the design of buildings: the control of condensation in dwellings'.

BRE Information Paper IP 1/81 'Vapour diffusion through timber framed walls'. Obtainable from Distribution Unit, Building Research Establishment, Garston, Watford WD2 7JR.

Fig. 3.1 – Exemplo de uma "Defect Action Sheet" (BRE, 1982)

3.4. FICHAS DE REPARAÇÃO DE ANOMALIAS (1985)

No 1º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação (ENCORE) realizado em Junho de 1985, pelo LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil), foi apresentada uma metodologia para realização de fichas de patologias, baseadas em fontes bibliográficas inglesas, mais tarde designadas por *"*Fichas de Reparação de Anomalias*"* (Medeiros, 2010).

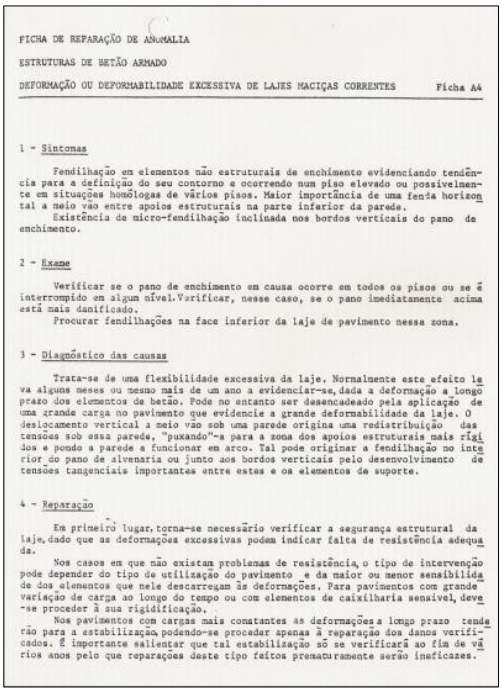
Estas fichas eram divididas em três capítulos e correspondentes subcapítulos (Medeiros, 2010):

- **Anomalias Estruturais:**
  - Fundações Não Estruturais;
  - Estruturas de Betão Armado;
  - Construções de Alvenaria;
  - Estruturas de Madeira.
- **Anomalias Não Estruturais:**
  - Elementos Principais;
  - Elementos Secundários;
  - Acabamentos.
- **Instalações e Equipamentos.**

As diversas fichas seguiam uma estrutura comum (Medeiros, 2010):

- **"Sintomas"** – Descrição das manifestações da anomalia;
- **"Exame"** – Descrição das formas de análise das manifestações, de modo a compreender as causas inerentes;
- ***"Diagnóstico de Causas"*** – Razões que levaram ao aparecimento das anomalias;
- **"Reparação"** – Cuidados a ter em conta e possíveis formas de reparação.

Na figura 3.2 é apresentado um exemplo destas fichas, onde predomina a informação escrita.



FICHA DE REPARAÇÃO DE ANOMALIA

ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO

DEFORMAÇÃO OU DEFORMABILIDADE EXCESSIVA DE LAJES MACIÇAS CORRENTES Ficha A4

1 - Sintomas

Fendilhação em elementos não estruturais de enchimento evidenciando tendências para a definição do seu contorno e ocorrendo num piso elevado ou possivelmente em situações homólogas de vários pisos. Maior importância de uma fenda horizontal a meio vão entre apoios estruturais na parte inferior da parede.
Existência de micro-fendilhação inclinada nos bordos verticais do pano de enchimento.

2 - Exame

Verificar se o pano de enchimento em causa ocorre em todos os pisos ou se é interrompido em algum nível. Varificar, nesse caso, se o pano imediatamente acima está mais danificado.
Procurar fendilhações na face inferior da laje de pavimento nessa zona.

3 - Diagnóstico das causas

Trata-se de uma flexibilidade excessiva da laje. Normalmente este efeito leva alguns meses ou mesmo mais de um ano a evidenciar-se, dada a deformação a longo prazo dos elementos de betão. Pode no entanto ser desencadeado pela aplicação de uma grande carga no pavimento que evidencie a grande deformabilidade da laje. O deslocamento vertical a meio vão sob uma parede origina uma redistribuição das tensões sob essa parede, "puxando"-a para a zona dos apoios estruturais mais rígidos e pondo a parede a funcionar em arco. Tal pode originar a fendilhação no interior do pano de alvenaria ou junto aos bordos verticais pelo desenvolvimento de tensões tangenciais importantes entre estas e os elementos de suporte.

4 - Reparação

Em primeiro lugar, torna-se necessário verificar a segurança estrutural da laje, dado que as deformações excessivas podem indicar falta de resistência adequada.
Nos casos em que não existam problemas de resistência, o tipo de intervenção pode depender do tipo de utilização do pavimento e da maior ou menor sensibilidade dos elementos que nele descarregam as deformações. Para pavimentos com grande variação de carga ao longo do tempo ou com elementos de caixilharia sensível, deve-se proceder à sua rigidificação.
Nos pavimentos com cargas mais constantes as deformações a longo prazo tenderão para a estabilização, podendo-se proceder apenas à reparação dos danos verificados. É importante salientar que tal estabilização só se verificará ao fim de vários anos pelo que reparações deste tipo feitos prematuramente serão ineficazes.

Fig. 3.2 – Exemplo de uma "Ficha de Reparação de Anomalia" (Medeiros, 2010)

3.5. CASES OF FAILURE INFORMATION SHEET (1993)

O CIB *(Conseil International du Bâtiment)* é, atualmente, o Conselho Internacional para a Investigação e Inovação da Construção Civil. O grupo W086 do CIB, responsável pelo estudo da patologia da construção *(CIB-W086 – Building Pathology Group)*, publicou um documento intitulado *"Building Pathology: A State of the Art Report"*, onde, num dos capítulos, era expressa a "necessidade se sistematizar o conhecimento da área e a importância de aprender com os erros" (Freitas, 2013).

Assim, foi apresentada a estrutura para os relatórios de patologia (Freitas, 2013):

- **Identificação do Elemento em Estudo;**
- **Descrição da Manifestação;**
- **Descrição das Anomalias Mais Evidentes;**
- **Descrição das Anomalias que Podem Ser Alvo de Ensaios;**
- **Representação Gráfica da Anomalia (fotografias, desenhos e esboços);**
- **Identificação dos Agentes Responsáveis pelo Defeito;**
- **Erros;**
- **Árvore de Falhas e Relatório de Diagnóstico.**

Com base neste modelo, foram elaboradas três fichas, apresentando-se um exemplo na figura 3.3.

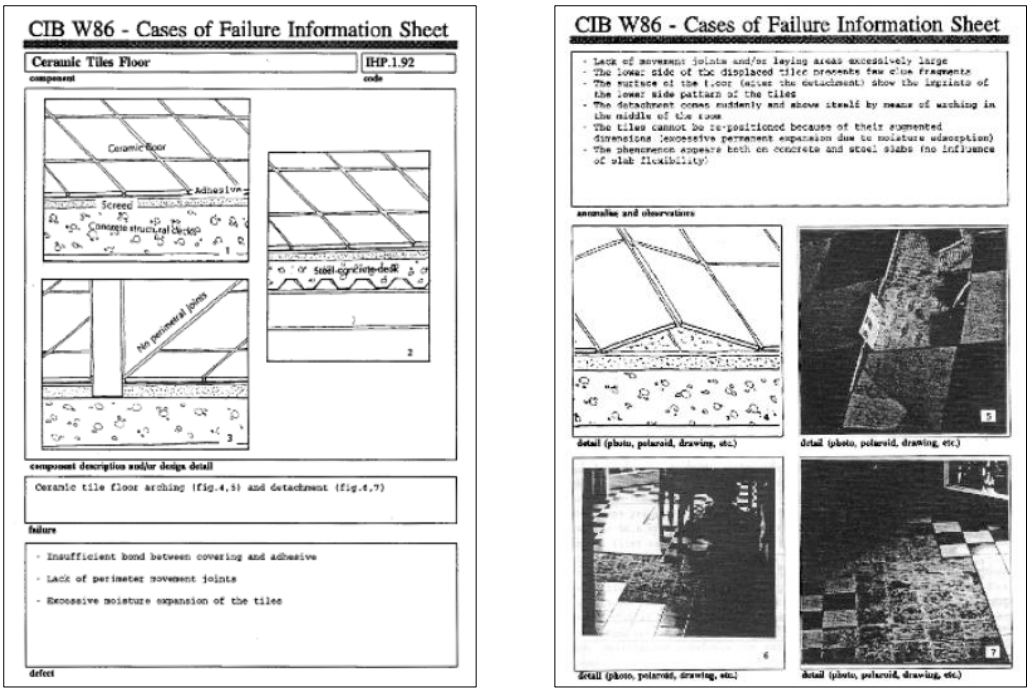


Fig. 3.3 – Exemplo de uma "Cases of Failure Information Sheet" (Freitas, 2013)

3.6. FICHE PATHOLOGIE BÂTIMENT (1995)

As fichas intituladas *"Fiches Pathologie Bâtiment"* foram concebidas e publicadas pela AQC *(Agence Qualité Construction)*, entidade francesa responsável pela qualidade na construção, juntamente com a *Fondation Excellence SMA*, do grupo SMABTP, uma companhia seguradora líder que atua no domínio da construção em França (Freitas, 2013).

Os sinistros declarados às companhias seguradoras francesas e que foram usados para uma análise estatística, percebendo-se a frequência das patologias construtivas em França, analisados no capítulo 2, estão na base destas fichas, numa tentativa de as prever e estudar (Alves, 2008).

As primeiras fichas foram criadas em 1995 e foram publicadas *online* desde o final de Junho de 2003, outrora visualizáveis a partir dos *websites* da AQC e do grupo SMABTP. Estas eram agrupadas de acordo com as partes do edifício afetadas, nomeadamente (Freitas, 2013):

- **Fundações e Infraestruturas;**
- **Estrutura e Obras Estruturais;**
- **Envolvente e Revestimentos Exteriores;**
- **Coberturas e Estruturas de Suporte;**
- **Acabamentos Interiores;**
- **Equipamentos.**

Atualmente, existem 75 fichas de patologias disponíveis *online* em formato PDF, agrupadas consoante as partes do edifício, sendo que 10 fichas foram adicionadas na 6ª edição, lançada em Setembro de 2019, disponíveis também em formato físico.

Atualmente, as fichas seguem uma estrutura comum que permite perceber as manifestações das anomalias, causas associadas e recomendações construtivas, de modo a evitar a sua ocorrência. A informação é dividida da seguinte forma, conforme esquematizado na figura 3.4:

- **"Descrição da Anomalia"** *("Le constat")*;
- **"Diagnóstico"** *("Le diagnostic")* – Identificação e descrição das causas que estão na origem da anomalia, com auxílio de esquemas;
- **"Boas Práticas"** *("Les bonnes pratiques")* – Referência a situações que propiciam a ocorrência do fenómeno e, seguidamente, as principais regras a cumprir na fase de conceção, de acordo com as normas e regulamentação em vigor;
- **"Conselhos de Prevenção"** *("L'essentiel")* – Recomendações práticas ao nível de projeto, execução e manutenção do elemento/sistema construtivo afetado, de modo a minimizar a probabilidade de aparecimento da anomalia;
- **"Leitura Recomendada"** *("À consulter")* – Sugestões de documentos técnicos ou normas que complementem o estudo do fenómeno;
- **"Registo Fotográfico Comentado"** *("L'œil de l'expert")* – Permite a visualização dos desastres.



Fig. 3.4 – Exemplo de uma "Fiche Pathologie Bâtiment" (AQC, 2019)

3.7. GOOD REPAIR GUIDES (1996)

O BRE deixou de publicar as *"Defect Action Sheets"* desde 1990. Porém, continua a publicar periodicamente artigos na área da construção, sob a forma de fichas ou guias, como é o caso dos *"Digests"*, os *"Information Papers"*, os *"Good Building Guides"* e os *"Good Repair Guides"* (Freitas, 2013).

Os que estão ligados à patologia da construção são os *"Good Repair Guides"*, guias acessíveis que permitem a identificação, diagnóstico e reparação das anomalias mais recorrentes no Reino Unido. São muito esquemáticos, para que os problemas e soluções sejam facilmente identificados e percetíveis.

Cada guia contém 4 a 6 páginas e não possui uma estrutura comum, como os restantes catálogos apresentados (Alves, 2008).

Na figura 3.5 observa-se um exemplo de um *"Good Repair Guide"*.



Fig. 3.5 – Exemplo da 1ª página de um "Good Repair Guide" (BRE, 2016)

3.8. CONSTRUDOCTOR (2003)

O "ConstruDoctor" foi um serviço de pré-diagnóstico expedito de anomalias em edifícios desenvolvido pela empresa portuguesa *OZ – Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda.*, em 2003 (OZ, 2003).

Através do preenchimento de um formulário *online* por parte os utilizadores e proprietários do edifício, o engenheiro ou técnico da empresa estuda a anomalia. Posteriormente, o cliente recebe um diagnóstico preliminar relativo à anomalia, com esclarecimentos básicos sobre possíveis causas e medidas corretivas a aplicar. O formulário é preenchido da seguinte forma (Medeiros, 2010):

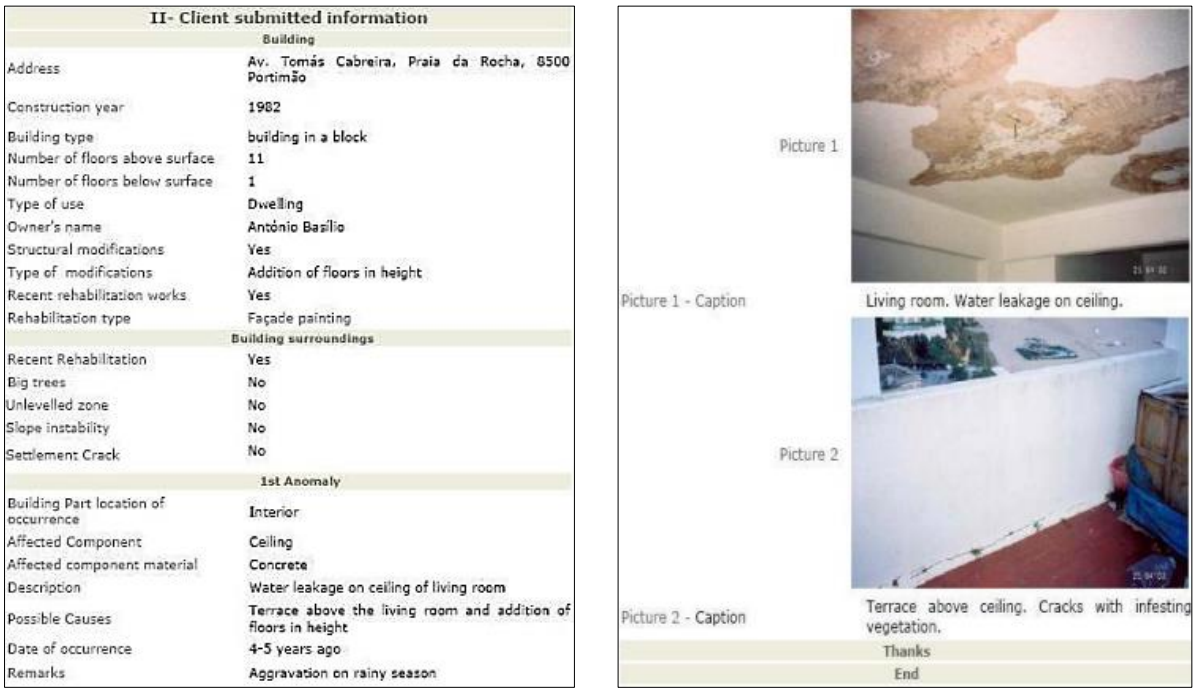


Fig. 3.6 – Procedimento a executar pelo utilizador no serviço "ConstruDoctor" (OZ, 2003)

Após o preenchimento do formulário, o utilizador recebe um e-mail com toda a informação – a que foi submetida e a que integra o diagnóstico propriamente dito – esquematizada nas figuras 3.7 e 3.8. Essa informação é estruturada do seguinte modo (Medeiros, 2010):

- **"Número de Arquivo"** – Identificação do processo através de um número;
- **"Informação Submetida pelo Utilizador"** – Requer a informação acerca da habitação, da sua envolvente e da anomalia pretendida, sendo possível complementar com fotografias;
- **"Diagnóstico":**
  - **"Designação da Anomalia"** – Pequena descrição da anomalia apresentada;
  - **"Causas Possíveis"** – Apresentação das causas prováveis responsáveis pelo problema;
  - **"Medidas Corretivas"** – Descrição de soluções de intervenção de reparação;

- **"Técnicas de Diagnóstico"** – Conjunto de ensaios e medições a realizar, caso se pretenda um diagnóstico mais completo;
- **"Prognóstico"** – Consequências da não reparação da anomalia;
- **"Prevenção Possível"** – Medidas de prevenção do aparecimento da anomalia, caso aplicável.



II- Client submitted information

Building	
Address	Av. Tomás Cabreira, Praia da Rocha, 8500 Portimão
Construction year	1982
Building type	building in a block
Number of floors above surface	11
Number of floors below surface	1
Type of use	Dwelling
Owner's name	António Basílio
Structural modifications	Yes
Type of modifications	Addition of floors in height
Recent rehabilitation works	Yes
Rehabilitation type	Façade painting
Building surroundings	
Recent Rehabilitation	Yes
Big trees	No
Unlevelled zone	No
Slope instability	No
Settlement Crack	No
1st Anomaly	
Building Part location of occurrence	Interior
Affected Component	Ceiling
Affected component material	Concrete
Description	Water leakage on ceiling of living room
Possible Causes	Terrace above the living room and addition of floors in height
Date of occurrence	4-5 years ago
Remarks	Aggravation on rainy season

Fig. 3.7 – Exemplo do campo "Informação Submetida pelo Cliente", a preencher pelo utilizador (Medeiros, 2010)

III- Diagnostics

Anomaly designation

Water leakage, efflorescence, coating and stucco detachment.

Possible causes

Water leakage: water access through building envelope, namely via terrace waterproofing system.
Possible causes of water leakage through the terrace:
-Aging of waterproofing system (expected service life of 10 years)
-Water accumulation due to inadequate slope of the terrace. Water accumulation caused by obstruction of the drainage system, leakage in the drainage piping.

Corrective measures

Water leakage:
Terrace: Remove the waterproofing system, which has gone past its lifetime, apply a new waterproofing system, paying special attention to walls and drainage system junctions. Verify and correct if necessary the slope of the terrace in order to ensure correct water drainage.

Suggested Diagnostic techniques to reach a more conclusive diagnose

- *Humidity Evaluation in wall/ceiling surface:* Aiming at locating infiltration points.
-Survey of visible anomalies: Aims at locating and quantifying building's anomalies in order to evaluate the various types of anomalies present, their preferential locations and affected areas size.

Prognosis

If anomaly causes are not eliminated, water leakage will lead to deterioration of the building's structural and non-structural material, causing changes in building's interior thermal behaviour, deterioration of plaster, stucco and coating, enabling the development of microorganisms.

Possible prevention

Not applicable

Fig. 3.8 – Exemplo do campo "Diagnóstico", a receber pelo utilizador (Medeiros, 2010)

Adicionalmente, caso o utilizador necessite de confirmar o diagnóstico preliminar fornecido ou desejar um estudo mais completo, poderá solicitar a visita de um engenheiro ou técnico da empresa ao local, de modo a realizar exames complementares e, assim, obter um diagnóstico final.

3.9. IMPARARE DAGLI ERRORI (2004)

O catálogo de patologia italiano *"Imparare Dagli Errori"* foi desenvolvido pelo BEST *(Departamento de Ciência e Tecnologia do Património Edificado)* do Politécnico de Milão, em 2004. O projeto foi publicado em papel e CD-ROM, sendo que também era acessível para consulta no *website* do BEST (Freitas, 2013).

O *website*, totalmente em italiano, permitia que o utilizador descarregasse ou imprimisse uma série de fichas, estando dividido da seguinte forma (Alves, 2008):

- **"Fichas de Materiais"** – Existem 11 fichas disponíveis que descrevem os materiais mais usados, as suas características e aplicações, ilustradas com fotografias e esquemas;
- **"Fichas de Mecanismos de Deterioração"** – Existem 12 fichas que explicam os fenómenos físicos associados à degradação dos materiais de construção, como a corrosão de elementos metálicos ou deformações por variação de temperatura;
- **"Fichas de Patologia"** – Existem cerca de 100 fichas genéricas que contêm a descrição da manifestação, origem do problema e cuidados a ter nas diferentes fases de projeto, execução e manutenção do edifício, com fotografias de exemplos reais;
- **"Fichas de Casos de Estudo"** – Existem cerca de 20 fichas semelhantes às "Fichas de Patologia", mas relativas a diferentes casos de estudo que expõem situações reais;
- **"Fichas de Anomalias (Terminologia)"** – Existem cerca de 30 fichas que apresentam a definição de conceitos ligados à patologia da construção, com fotografias e esquemas.

Na figura 3.9 encontra-se esquematizada a "Ficha de Patologia 3-018".


3-018 infiltrazioni tra telaio fisso e vano murario

RegioneLombardia

INFILTRAZIONI DI ACQUA E PERMEABILITA' ALL'ARIA IN CORRISPONDENZA CONNESSIONE TELAIO FISSO E VANO MURARIO PER DIFETTI DI TENUTA DELLA SIGILLATURA E/O DELLE GUARNIZIAONI

Descrizione delle modalità di attivazione del Modo di Guasto

Nei serramenti realizzati in acciaio, alluminio o PVC [ivi escludono i serramenti in legno] si possono riscontrare fenomeni di infiltrazione e di permeabilità all'aria in corrispondenza delle sigillature effettuate tra supporto murario e telaio fisso [o controtelaio]. Si tratta di una duplice infiltrazione: tra sigillante e/o mastice e/o guarnizione e vano murario e tra sigillante e/o mastice e/o guarnizione e telaio fisso.
La perdita di tenuta all'aria e all'acqua è determinata dalla variazione delle caratteristiche meccaniche [deformabilità] innescate da:

- GIUNTO CON GUARNIZIONE PREFORMATA IN MATERIALE ELASTICO – riduzione della pressione sulle superfici del vano e del telaio per una variazione dimensionale dello spazio per il giunto dovuto, per esempio, a deformazioni della parete perimetrale verticale per cedimenti strutturali, a cedimenti degli angoli del telaio dovuti a carichi dinamici [apertura e chiusura], a degrado della struttura muraria, a difetto di posa del controtelaio;
- GIUNTO CON GUARNIZIONE PREFORMATA IN MATERIALE ELASTICO – riduzione della pressione sulle superfici del vano e del telaio per una mancanza di livello o di piombo con angoli diversi da 90°;
- GIUNTO CON GUARNIZIONE PREFORMATA IN MATERIALE ELASTICO – riduzione della pressione sulle superfici del vano e del telaio per un difetto di posa [assenza di continuità della guarnizione];
- GIUNTO CON SIGILLANTE – perdita di adesione tra il giunto e le superfici da sigillare [muratura e telaio] determinata da un movimento di lavoro del sigillante inferiore alla variazione dello spazio per il giunto;
- GIUNTO CON SIGILLANTE – perdita di adesione tra il giunto e le superfici da sigillare [muratura e telaio] per incompatibilità con i supporti;
- GIUNTO CON SIGILLANTE – perdita di adesione tra il giunto e le superfici da sigillare [muratura e telaio] per variazione delle caratteristiche del prodotto imputabile alla perdita di oli e di solventi presenti nei sigillanti per assorbimento da parte delle superfici da sigillare [supporti porosi];
- GIUNTO CON SIGILLANTE – perdita di adesione tra il giunto e le superfici da sigillare [muratura e telaio] per raggiungimento di temperature superficiali delle parti da sigillare maggiori rispetto alle temperature di esercizio del sigillante [comportamento dipendente dalla durata della sollecitazione];
- GIUNTO CON SIGILLANTE – rottura coesiva [fessurazione giunto] determinata da un movimento di lavoro del sigillante i riferiore alla variazione dello spazio per il giunto;
- GIUNTO CON SIGILLANTE – perdita di adesione tra giunto e le superfici da sigillare [muratura e telaio] per difetto di posa, ovvero in assenza di continuità della sigillatura.

Difetti e prevenzione in fase di progetto

1) In caso di guarnizione asserva di una sede appositamente conformata nelle parti da sigillare.

Prevenzione in fase di gestione

1) Assenza di manutenzione preventiva [ispezioni di verifica e controllo].

Anomalie, caratteristiche e riconoscibilità

- Presenza di macchie di umidità in corrispondenza del fianco del vano murario o dell'architrave;
- Deposito di polvere concentrato [termoforesi] in corrispondenza del fianco del vano murario o dell'architrave;
- Crepe visibili dall'esterno in corrispondenza della sigillatura;
- Presenza di oli sulla superficie della guarnizione;
- Gioco della sigillatura rispetto allo spazio del giunto.

Fig. 3.9 – Exemplo de uma "Ficha de Patologia" (BEST, 2004)

3.10. PATORREB (2004)

O PATORREB ("Grupo de Estudos da Patologia da Construção") surge em 2003, coordenado pelo LFC (Laboratório de Física das Construções) da FEUP (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto), cujo responsável é o Professor Doutor Vasco Freitas. Porém, conta com a participação de docentes de outras universidades portuguesas e sendo apoiado por diversas empresas, sendo que o LFC é o responsável pela coordenação e organização do *website*.

O seu principal objetivo passa pela identificação e divulgação das patologias mais frequentes nos edifícios portugueses, sistematizando a informação já existente nas áreas da patologia e reabilitação de edifícios (Alves, 2008).

Assim, com base no "Catálogo de Patologias" apresentado na dissertação de mestrado da Engenheira Marília de Sousa, o PATORREB criou, em Junho de 2004, um *website* onde foram disponibilizadas fichas de patologias *online* (Alves, 2008).

Atualmente, o catálogo conta com cerca de 100 fichas, agrupadas por elemento construtivo, que se encontram designados no quadro 3.2. Ao selecionar o elemento construtivo pretendido, representado na figura 3.10 e identificado no quadro 3.2, é apresentada uma listagem das fichas a ele associadas. É importante referir que cada ficha corresponde a uma patologia singular associada a um dado elemento construtivo.

Caso se pretenda encontrar uma ficha ou patologia específica, é possível fazer a pesquisa por palavra-chave, localizada no canto superior direito do *website*.



Fig. 3.10 – Apresentação do "Catálogo de Patologias" (PATORREB, 2004c)

Quadro 3.2 – Elementos construtivos do "Catálogo de Patologias"

Referência	Elemento Construtivo	Referência	Elemento Construtivo
01	Cobertura Inclinada	10	Pavimento sobre Espaço Exterior
02	Cobertura em Terraço Não Acessível	11	Vão Envidraçado
03	Cobertura em Terraço Acessível	12	Platibanda
04	Cobertura em Terraço - Jardim	13	Junta de Dilatação
05	Parede Exterior	14	Claraboia
06	Parede Enterrada	15	Varanda
07	Parede Interior	16	Floreira
08	Pavimento Térreo	17	Guarda do Terraço
09	Pavimento Intermédio	18	Outros

Quanto à organização das fichas, estas ocupam uma página A4, de forma sucinta e clara, conforme se apresenta na figura 3.11 (adaptado de Freitas, Torres e Guimarães (2008) e Sousa (2004)):

- **"Identificação da Patologia"** – Descrição sumária do problema, indicação do elemento construtivo afetado e a causa associada, juntamente com palavras-chave relacionadas;
- **"Descrição da Patologia"** – Descrição sucinta das manifestações observáveis e do elemento construtivo em análise, com recurso a registo fotográfico, de modo a facilitar a identificação da patologia;
- **"Sondagens e Medidas"** – Listagem das ações necessárias para o estudo completo do problema, nomeadamente ensaios e medidas em laboratório ou *in situ*;
- **"Causas da Patologia"** – Descrição dos fenómenos que estiveram na origem da manifestação patológica, com recurso à física das construções, após o estudo de diagnóstico elaborado;
- **"Soluções Possíveis de Reparação"** – Sugestão das possíveis soluções de reparação, pela eliminação da manifestação anómala e, caso possível, das suas causas, com uma descrição detalhada do procedimento.

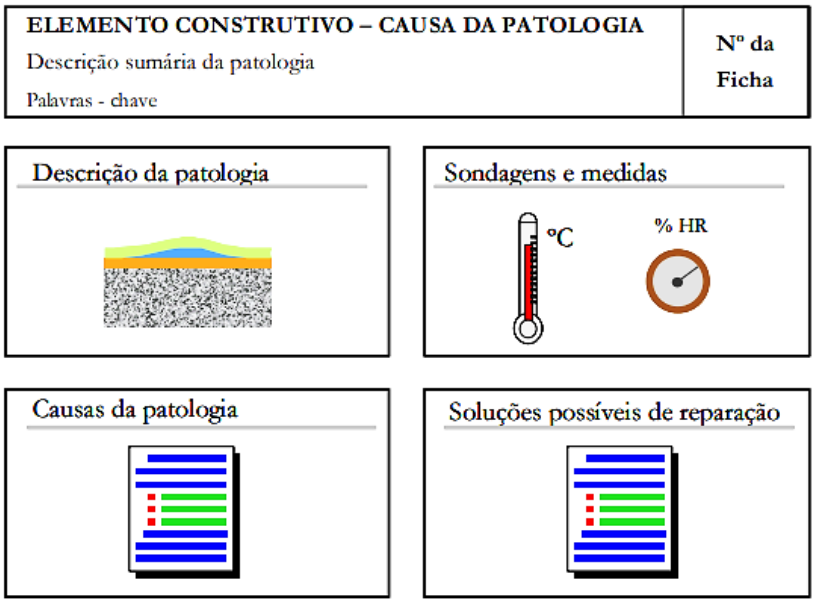


Fig. 3.11 – Modelo-tipo de uma "Ficha de Patologia" (Sousa, 2004)

Quando as fichas são consultadas *online*, há ainda um campo designado por "Referências Bibliográficas", observável na figura 3.12.



Fig. 3.12 – Exemplo de uma "Ficha de Patologia", disponível online (PATORREB, 2004c)

Caso seja pertinente, é possível descarregar a ficha que está a ser consultada, ao clicar na aba "PDF". Esta tem o aspeto apresentado na figura 3.13.



Fig. 3.13 – Exemplo de uma "Ficha de Patologia", em formato PDF (PATORREB, 2004c)

3.11. MAINTAINABILITY OF BUILDINGS (2004)

Em 2004, a Autoridade para a Construção de Edifícios, juntamente com a NUS (*National University of Singapore*), desenvolveu um projeto de dois anos com o intuito de estudar os problemas na manutenção dos diferentes tipos de edifícios (Freitas, 2013).

Pretendia-se uma melhoria do padrão e qualidade da conceção, construção e práticas de manutenção, de modo a que os edifícios fossem o mais eficiente possível e requeressem o mínimo de manutenção (Alves, 2008).

Resultado disso, em 2005, foi desenvolvido um *website* que procurava consciencializar sobre obstáculos para a manutenção adequada de edifícios e instalações (Ferraz et al., 2016).

Assim, através de uma divisão em quatro componentes principais – fachadas, zonas húmidas, caves e coberturas – é possível estudar as principais patologias e problemas de manutenção associados (NUS, 2020b).

O *website* é apresentado em inglês e divide-se em quatro campos, representados na figura 3.14:

- **"Catálogo de Patologias"** – Contém informação sobre tipos de patologias, causas das manifestações, tratamentos e técnicas de diagnóstico;
- **"Manual de Materiais"** – Reúne informação sobre a *performance* e durabilidade dos materiais;
- **"Ensaios Não Destrutivos"** – Apresenta uma descrição dos ensaios frequentemente utilizados para o diagnóstico, acompanhada de várias fotografias e esquemas;
- **"Maintainability Scoring System"** – Permite selecionar diferentes alternativas para manutenção dos componentes de um edifício, aumentando a sua *performance* e diminuindo os riscos de falha e custos, pela análise do LCC.

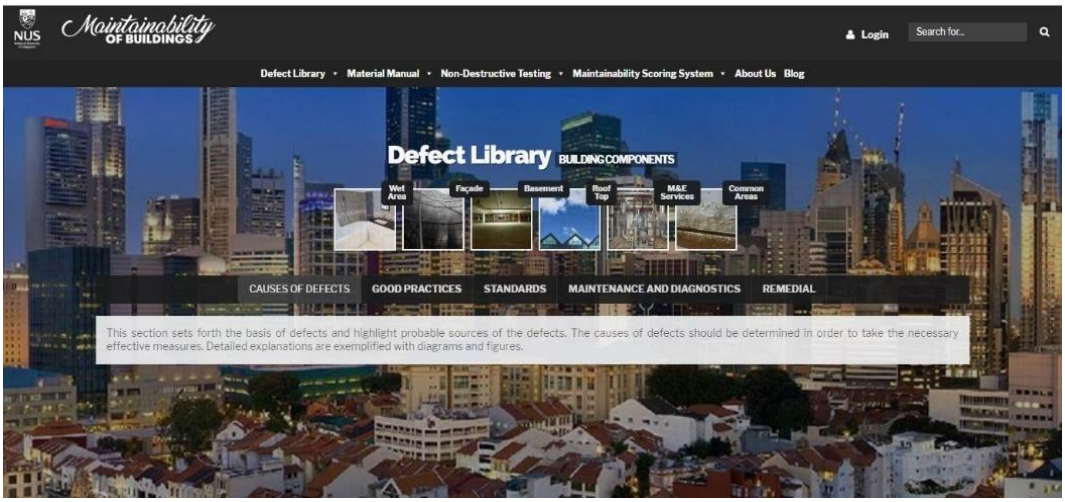


Fig. 3.14 – Página inicial do website "Maintainability of Buildings" (NUS, 2020b)

No contexto desta dissertação, interessa realçar o "Catálogo de Patologias". Após selecioná-lo, é possível escolher a patologia pretendida, por elemento construtivo, como referido anteriormente. Na figura 3.15 é apresentada uma ficha correspondente a uma anomalia em fachada exterior.

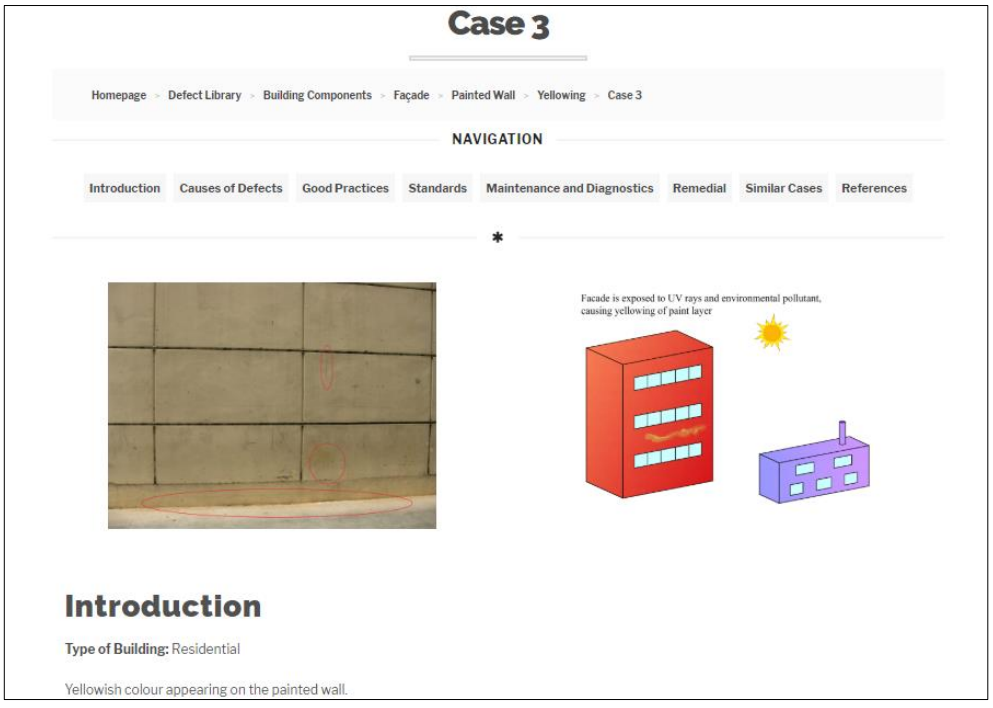


Fig. 3.15 – Exemplo da primeira página de uma "Ficha de Patologia", disponível online (NUS, 2020a)

A apresentação *online* das fichas é bastante sucinta e didática, com fotografias e esquemas bastantes ilustrativos da anomalia, conforme esquematizado na figura 3.15:

- **"Introdução"** – Breve descrição do edifício afetado e da patologia em estudo, com auxílio de fotografias e animações;

- **"Causas das Anomalias"** – Apresentação das principais causas das anomalias, com explicação dos fenómenos físicos adjacentes;
- **"Boas Práticas"** – Recomendações e conselhos a seguir nas fases de projeto, execução e utilização dos edifícios, de forma a evitar o aparecimento ou reaparecimento de anomalias semelhantes;
- ***"Standards"*** – Listagem de normas e regulamentação relacionadas, de acordo com o organismo responsável: AS, ASTM, AS, SS, ISO;
- **"Manutenção e Diagnóstico" –** Conjunto das principais ações de manutenção para prevenir o reaparecimento;
- **"Medidas Corretivas"** – Possíveis soluções de reparação;
- **"Casos Similares"** – Seleção de fichas de patologias relacionadas;
- **"Referências"** – Referências bibliográficas consultadas.

3.12. SISTEMAS DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DE EDIFÍCIOS (2009)

Apresentado no "3º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios" (ENCORE), em 2009, o "Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Edifícios" pretende classificar e estabelecer matrizes de correlação entre as diversas ocorrências, definidas pelas anomalias, suas causas, técnicas de diagnóstico e de manutenção/reparação. Por fim, é efetuada uma validação destes elementos técnicos e extração de análises estatísticas (Brito, 2009).

Na figura 3.16 apresenta-se um esquema que ilustra a organização desta metodologia.

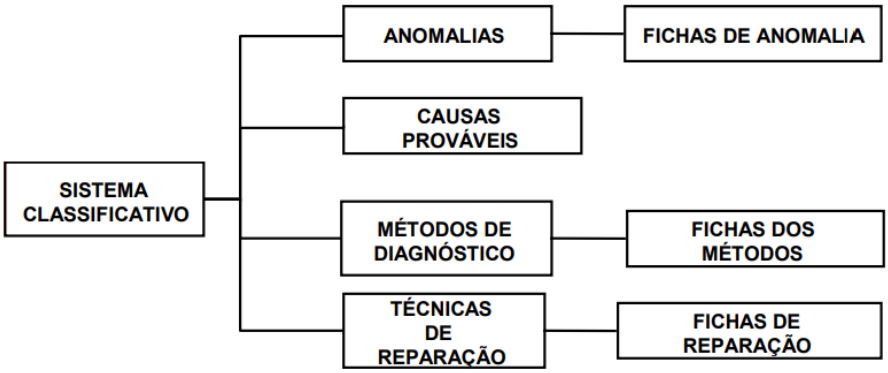


Fig. 3.16 – Organização do "Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Edifícios" (Brito, 2009)

A fim de ser testada, esta metodologia foi aplicada num conjunto de trabalhos de investigação, sobretudo em elementos não-estruturais de edifícios e obras de arte (Brito, 2009):

- **Impermeabilizações de Coberturas em Terraço;**
- **Revestimentos Cerâmicos Aderentes em Pavimentos e Paredes;**
- **Revestimentos Epóxidos em Pisos Industriais;**
- **Paredes de Alvenaria;**
- **Revestimentos de Pisos Lenhosos;**
- **Revestimentos em Pedra Natural em Pavimentos e Paredes;**
- **Divisórias em Gesso Laminado;**
- **Estuques Correntes em Paramentos Interiores;**
- **Revestimentos em Coberturas Inclinadas;**
- **Pinturas em Rebocos e Estuques;**

- **Obras de Arte Rodoviárias em Betão;**
- **Juntas de Dilatação em Pontes Rodoviárias;**
- **Aparelhos de Apoio em Pontes Rodoviárias.**

Os sistemas dispõem das seguintes ferramentas (Ferraz et al., 2015):

- **"Lista Classificativa das Anomalias"** – Identificação e classificação das anomalias mais comuns, por elemento;
- **"Lista Classificativa das Causas"** – Identificação e classificação das causas mais prováveis;
- **"Lista Classificativa de Técnicas de Diagnóstico"** – Classificação das técnicas/ensaios realizados *in situ* que permitem caracterizar as anomalias e determinar a possível origem;
- **"Lista Classificativa de Técnicas de Reparação"** – Classificação do tipo de técnicas de manutenção/reabilitação mais apropriadas para cada anomalia;
- **"Matriz de Correlação Inter-Anomalias"** – Probabilidade de ocorrência de uma anomalia na presença de outra;
- **"Matriz de Correlação Anomalias-Técnicas de Diagnóstico"** – Classificação do tipo de relação (nula, pequena, alta) entre uma técnica de diagnóstico e uma anomalia, de acordo com execução técnica, equipamento/materiais necessários e custo;
- **"Matriz de Correlação Anomalias-Técnicas de Reparação"** – Classificação do tipo de relação (nula, pequena, alta) entre uma técnica de reparação e uma anomalia, de acordo com a eficácia da reparação ou eliminação da causa de ocorrência.

Na figura 3.17 é observável um exemplo de uma "Matriz de Correlação Inter-Anomalias".

A \ A	A-A1	A-A2	A-A3	A-A4	A-A5	A-A6	A-A7	A-A8	A-A9	A-B1	A-C1	A-C2
A-A1	-	7%	33%	7%	20%	0%	20%	7%	7%	33%	13%	7%
m.c.	-	*8%*	*31%*	*19%*	*52%*	*13%*	*23%*	*12%*	*12%*	*58%*	*52%*	*29%*
A-A2	100%	-	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
m.c.	*17%*		*13%*	*54%*	*54%*	*13%*	*13%*	*8%*	*46%*	*13%*	*8%*	*13%*
A-A3	83%	0%	-	0%	17%	0%	33%	0%	0%	0%	0%	0%
m.c.	*50%*	*9%*		*16%*	*56%*	*16%*	*16%*	*13%*	*13%*	*47%*	*56%*	*78%*
A-A4	20%	20%	0%	-	0%	40%	0%	0%	0%	20%	0%	0%
m.c.	*26%*	*34%*	*13%*		*53%*	*21%*	*24%*	*24%*	*18%*	*26%*	*16%*	*13%*
A-A5	33%	0%	11%	0%	-	11%	11%	11%	22%	44%	0%	22%
m.c.	*44%*	*21%*	*29%*	*32%*		*23%*	*8%*	*6%*	*10%*	*45%*	*39%*	*29%*
A-A6	0%	0%	0%	50%	25%	-	0%	0%	25%	0%	0%	0%
m.c.	*25%*	*11%*	*18%*	*29%*	*50%*		*21%*	*21%*	*21%*	*25%*	*18%*	*18%*
A-A7	100%	0%	67%	0%	33%	0%	-	0%	0%	0%	33%	33%
m.c.	*60%*	*15%*	*25%*	*45%*	*25%*	*30%*		*20%*	*25%*	*50%*	*40%*	*20%*
A-A8	33%	0%	0%	0%	33%	0%	0%	-	0%	67%	0%	0%
m.c.	*30%*	*10%*	*20%*	*45%*	*20%*	*30%*	*20%*		*20%*	*30%*	*20%*	*20%*
A-A9	25%	0%	0%	75%	0%	50%	0%	0%	-	25%	0%	0%
m.c.	*21%*	*39%*	*14%*	*25%*	*21%*	*21%*	*18%*	*14%*		*18%*	*18%*	*14%*
A-B1	56%	11%	0%	11%	44%	0%	0%	22%	22%	-	0%	11%
m.c.	*50%*	*5%*	*25%*	*17%*	*47%*	*12%*	*17%*	*10%*	*8%*		*48%*	*25%*
A-C1	100%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	-	50%
m.c.	*54%*	*4%*	*36%*	*12%*	*48%*	*10%*	*16%*	*8%*	*10%*	*58%*		*44%*
A-C2	33%	0%	0%	0%	67%	0%	33%	0%	33%	33%	33%	-
m.c.	*44%*	*9%*	*74%*	*15%*	*53%*	*15%*	*12%*	*12%*	*12%*	*44%*	*65%*	

Fig. 3.17 – Exemplo de uma matriz de correlação inter-anomalias teórica aplicada a revestimentos de pisos epóxidos industriais (Brito, 2009)

Apesar de não ser semelhante aos outros métodos (sobretudo catálogos), é uma ferramenta importante na criação de bases de dados e na definição de ações de manutenção/reabilitação (Brito, 2009).

3.13. WEB-BASED PROTOTYPE SYSTEM (2009)

Em 2009, Fong e Wong criaram um protótipo de um sistema de gestão de edifícios, sob a forma de *website*. Ao contrário de outros sistemas de gestão, este permite que os utilizadores comuniquem entre si, trocando conhecimentos e experiências relacionados com a patologia da construção (Fong e Wong, 2009).

A partir de uma barra de pesquisa, é possível procurar, através de palavras-chave, informação relativa a projetos de manutenção de edifícios e patologias, causas e métodos de reparação. Contém, também, um fórum de discussão, permitindo trocar conhecimentos e experiências entre profissionais, de acordo com os tópicos que estão a ser abordados (Fong e Wong, 2009).

De modo a ser validado, profissionais do setor da manutenção realizaram questionários de avaliação. Posteriormente, o conhecimento e experiência acumulados começaram a ser introduzidos no protótipo do sistema (Fong e Wong, 2009).

Na figura 3.18 é apresentada a página principal do *website.*

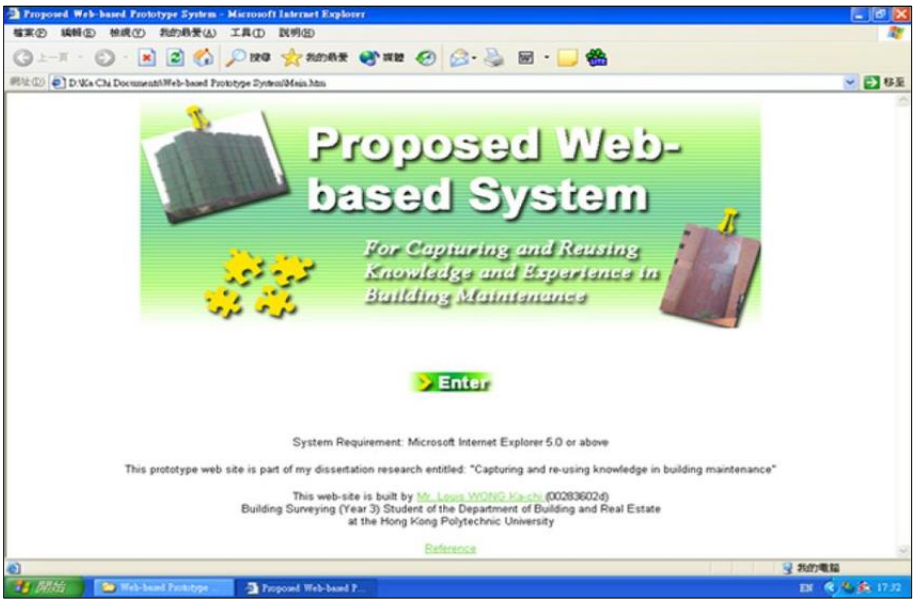


Fig. 3.18 – Página principal do website "Web-based Prototype System" (Ferraz et al., 2015)

3.14. BUILDING MEDICAL RECORD (2013)

Em 2013, Chang e Tsai propuseram uma ferramenta semelhante aos registos médicos humanos, sendo um sistema de diagnóstico. No contexto de trabalho, um profissional da área pode recorrer a uma base de dados, de modo a procurar auxílio para o diagnóstico de anomalias em edifícios (Ferraz et al., 2015).

Através de um "Sistema de Navegação para Diagnóstico de Edifícios" *("BDN System")*, um profissional consegue aceder a registos de casos anteriormente estudados através do "*Building Medical Record"* (BMR), observável na figura 3.19. Este *"BDN System"* é uma extensão do BMR capaz de otimizar (bases de dados e fluxo de trabalho) a sua estrutura (Chang e Tsai, 2013).

Na figura 3.19 visualiza-se a página principal da base de dados do BMR.

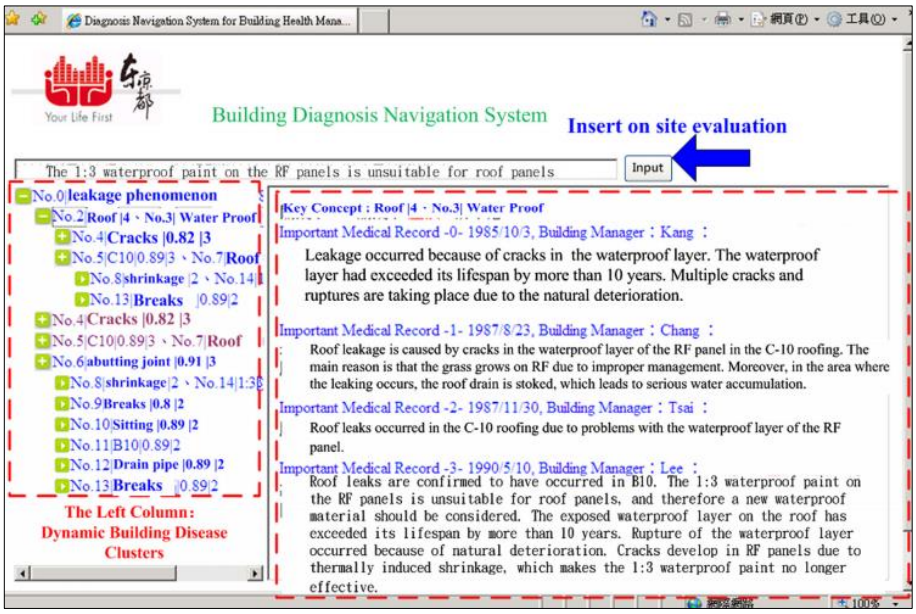


Fig. 3.19 – Página principal da base de dados do “Building Medical Record” (Chang e Tsai, 2013)

A arquitetura do *“BDN System”* é apresentada na figura 3.20.

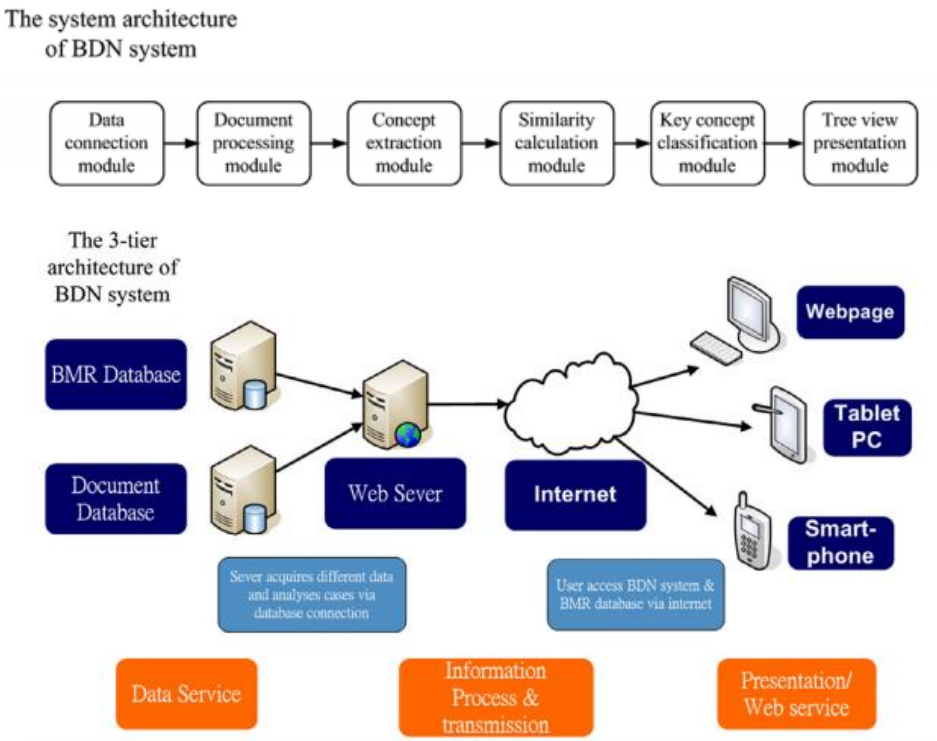


Fig. 3.20 – Arquitetura do “BDN System” (Chang e Tsai, 2013)

3.15. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Apesar de na patologia da construção cada caso ser singular e ter um tratamento único e específico, existe uma forma sistémica que permite auxiliar a identificação e reparação das patologias. Com as tecnologias de diagnóstico existentes, os novos materiais disponíveis e técnicas associadas e a quantidade de informação disponível e articulada, é possível definir soluções de intervenções económicas e eficientes.

Após a análise dos catálogos anteriormente apresentados, conclui-se rapidamente que têm uma estrutura muito semelhante no que se refere ao estudo das patologias:

- **Identificação e Descrição da Anomalia;**
- **Diagnóstico e Reparação;**
- **Causas da Anomalia;**
- **Medidas Corretivas;**
- **Recomendações.**

Contudo, a preocupação aquando da realização destas fichas de patologias recai, principalmente, sobre a procura das causas e dos fenómenos físicos responsáveis pelo aparecimento das anomalias, menos orientadas para a intervenção, sendo importante apostar mais nesta. De facto, com o constante aparecimento de novos materiais e técnicas, é cada vez mais complexo manter estas fichas atualizadas, não só do ponto de vista tecnológico, como também económico.

Relativamente aos catálogos estudados, *"Defect Action Sheets"* (1982), "Fichas de Reparação de Anomalias" (1985) e *"Cases of Failure Information Sheet"* (1993), estes foram os pioneiros e mais relevantes nos estudos de investigação na área da patologia da construção, criando bases de dados sólidas, com informação relevante sobre prevenção e reparação de anomalias em elementos não-estruturais de edifícios, apesar de não estarem totalmente de acordo com as técnicas construtivas vigentes.

Posteriormente, surgiram três métodos bastante semelhantes que se fizeram valer das recentes tecnologias de informação: *"Fiches Pathologie Bâtiment"* (1995), *"Imparare Dagli Errori"* (2004) e "PATORREB" (2004). Através dos seus *websites*, foi possível visualizar e descarregar as fichas, organizadas de forma bastante didática, por elemento construtivo.

Também *online*, surgiram outros sistemas mais interativos que os anteriores, como é o caso do "ConstruDoctor" (2003) e do *"Building Medical Record"* (2013), onde especialistas em patologia da construção forneciam um pré-diagnóstico *online*, após a submissão de um formulário por parte do utilizador. Apesar de ser um método mais fidedigno para o tratamento de uma dada anomalia (não era baseado em casos anteriores) poderia não ser muito preciso, uma vez que não era feita uma visita ao edifício.

Já o *"Web-based Prototype System"* (2009) difere dos restantes, na medida em que cada utilizador, profissional na área da patologia da construção, partilha casos e experiências conhecidas, o que permite uma troca importante de conhecimento e, consequentemente, auxilia na resolução de problemas futuros.

Finalmente, o *website* mais completo e que vem sendo continuamente atualizado é o *"Maintainability of Buildings"* (2004). Para além de disponibilizar uma biblioteca de fichas abrangente, um manual de materiais e um sistema de auxílio de técnicas de manutenção, permite efetuar um diagnóstico bastante célere, através de fotografias, animações e esquemas. Porém, a informação parece insuficiente e pouco precisa, em casos concretos.

É de realçar, também, o importante papel da Internet no processo de divulgação e partilha de informação sobre patologia da construção: os catálogos de patologias passaram a ser difundidos *online*, em

detrimento das antigas versões impressas, constituindo vantagens significativas para os seus utilizadores, nomeadamente custos reduzidos ou inexistentes e acesso instantâneo e prático à informação.

Por outro lado, sempre que necessário, os especialistas têm a possibilidade de auxiliar a informação escrita com vídeos, animações ou outra informação e atualizar facilmente as fichas, impedindo que estas caiam em desuso.

4

PROPOSTA DE UM MODELO DE REGISTO DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS

4.1. INTRODUÇÃO

Tendo em consideração a informação estruturada sobre patologia da construção já existente (publicações individuais, catálogos de patologias, fichas de reparação, bases de dados, *websites*, etc.), é possível concluir que o estudo de patologias é focado, sobretudo, na apresentação e descrição das técnicas de diagnóstico existentes e aplicáveis a cada caso, de modo a perceber as causas inerentes e os problemas que daí poderão resultar para se intervencionar da forma mais correta e eficaz.

Apesar de cada caso ser particular, o diagnóstico segue uma metodologia já conhecida e genericamente aplicável: inspeção visual, registos gráficos, levantamento fotográfico e ensaios *in situ* e laboratoriais, ao contrário da intervenção, bastante distinta, mesmo entre casos similares.

Adicionalmente, na conceção das fichas de reparação de anomalias e catálogos de patologias, os seus autores têm uma responsabilidade considerável quando sugerem possíveis técnicas de intervenção, uma vez que se trata de soluções aplicáveis noutros casos anteriores semelhantes, havendo uma extrapolação que poderá não ser totalmente transitável para o problema em questão.

Assim, torna-se cada vez mais relevante estudar as soluções de intervenção existentes e suas especificidades: técnicas, materiais, mão-de-obra e equipamentos, a fim de prevenir o reaparecimento de patologias e propor soluções duradouras.

Finalmente, é de extrema importância ter uma noção dos custos envolvidos nas intervenções, não só com os materiais, como também com o uso de mão-de-obra e equipamentos, incluindo estimativas orçamentais, que mais tarde poderão ser comparadas com os custos reais e, assim, ter um maior cuidado em obras futuras.

A ficha modelo proposta neste capítulo é disponibilizada em "A1. Modelo das Fichas de Registo de Patologias Construtivas", nos "Anexos".

4.2. OBJETIVOS E INTERESSE DO MODELO PROPOSTO

É importante referir que o modelo proposto se baseia nas fichas e metodologias abordadas no capítulo anterior, abordando não só os tópicos relevantes e já tratados nesses exemplos, como também novos, menos frequentes:

- **"Consequências da Anomalia";**
- **"Monitorização do Comportamento da Intervenção";**
- **"Análise Económica da Solução Adotada".**

Assim, a criação do modelo que aqui se apresenta tem como principais objetivos:

- Dar continuidade à informação incluída nos modelos já existentes;
- Perceber, de entre várias soluções de intervenção apresentadas, qual a mais adequada em cada caso e o porquê;
- Obter uma estimativa orçamental da solução de intervenção adotada;
- Tecer comparações de custos entre as diferentes sugestões de intervenção;
- Qualificar eventuais desvios entre o orçamento estimado e o custo real;
- Avaliar, em fase de serviço, quais as ações de manutenção ou medidas necessárias para o bom desempenho da solução adotada.

4.3. PROPOSTA DE ESTRUTURA DO MODELO DE REGISTO DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS

A estrutura das fichas implica a definição da informação mais relevante numa única folha A4, informação necessária para que, de forma rápida e objetiva, seja possível examinar a patologia: inferir as causas associadas à manifestação e possíveis consequências, de modo a propor as soluções mais vantajosas, económica e tecnicamente.

Neste pressuposto, os tópicos são divididos por linhas, ordenados de modo a permitirem uma aprendizagem progressiva da patologia estudada. Sempre que pertinente e de forma a complementar a informação escrita, são apresentadas fotografias e esquemas ilustrativos conforme o tópico abordado.

Relativamente às classificações qualitativas incluídas no modelo e apresentadas nas figuras 4.1, 4.41 e 4.42, é importante referir que foram baseadas no modelo proposto na dissertação de mestrado "Técnicas de Diagnóstico Utilizadas em Engenharia Civil", da autoria do Engenheiro Domingos Miguel Fernandes Ferreira de Abreu.

Adicionalmente, decidiu-se incluir, em rodapé, uma curta informação relativa ao fenómeno observado e ao elemento/sistema construtivo afetado, seguindo-se a referência da ficha, semelhante ao modelo das fichas do PATORREB.

A informação contida no modelo proposto divide-se em:

- **"Título";**
- **"Descrição da Anomalia";**
- **"Descrição Construtiva e Localização do Elemento Afetado";**
- **"Ensaios e Sondagens *In Situ*/Laboratório";**
- **"Causas da Anomalia";**
- **"Consequências da Anomalia";**
- **"Sugestões de Intervenção/Medidas Corretivas";**
- **"Solução Adotada";**
- **"Monitorização do Comportamento da Intervenção";**
- **"Análise Económica da Solução Adotada";**

- **"Literatura Complementar";**
- **"Rodapé".**

4.3.1. TÍTULO

O espaço destinado ao "Título" pretende identificar sucintamente a patologia que irá ser estudada, através de uma curta designação onde é apresentada a principal causa que está na origem do fenómeno anómalo e o elemento construtivo afetado.

4.3.2. DESCRIÇÃO DA ANOMALIA

É feita uma breve descrição escrita da anomalia em estudo, pelas manifestações observadas e, se possível, o seu grau de severidade, após inspeção visual e registo fotográfico. De forma a clarificar a descrição da anomalia, é realizado levantamento fotográfico. Adicionalmente, são referidas outras localizações frequente de anomalias semelhantes.

4.3.3. DESCRIÇÃO CONSTRUTIVA E LOCALIZAÇÃO DO ELEMENTO AFETADO

De modo a facilitar o diagnóstico e inferência das possíveis causas, considerou-se relevante efetuar uma descrição construtiva do elemento afetado e a sua data de construção, complementada com peças desenhadas, fotografias ou esquemas, caso existam.

Será também essencial obter informação sobre a localização geográfica do edifício e identificação da orientação das fachadas afetadas, para que se possa aceder a dados meteorológicos. Estes dois fatores poderão ser determinantes na fundamentação da influência de ações ambientais.

Com base nos registos/documentação encontrada e/ou facultada, é recolhida informação sobre intervenções ou ações de manutenção anteriores nesse mesmo elemento.

É comum realizar-se uma divisão do edifício por elemento construtivo, de modo a facilitar a organização das diversas patologias:

Quadro 4.1 – Principais elementos construtivos não estruturais de edifícios (Pavão, 2016)

Fachadas	Alvenarias Revestimentos Outros (varandas, portadas, platibandas)
Pavimentos	Revestimentos
Vãos	Caixilharias Envidraçados
Coberturas	Instalações Revestimentos Outros (chaminés)
Entrada e Zonas Comuns Interiores	Alvenarias Revestimentos

Cozinhas e Casas de Banho	Alvenarias Revestimentos
Paredes Interiores	Alvenarias Revestimentos
Tetos	Revestimentos

4.3.4. ENSAIOS E SONDAGENS *IN SITU*/LABORATÓRIO

Após a inspeção visual, são apresentados os ensaios e sondagens *in situ* e/ou em laboratório efetuados para o estudo aprofundado da patologia. Essas técnicas são descritas de forma sucinta, com eventual referência ao seu grau de destruição, procedimentos, material e equipamento necessários, resultados e comparação com valores de referência.

A dificuldade associada aos ensaios tem em conta diversos fatores, como o número de ensaios necessários, duração, grau de conhecimento técnico e científico necessários e limitações na colocação e utilização dos equipamentos, tendo em conta o elemento/sistema construtivo em análise.

Relativamente aos custos, estimam-se como a "média" dos custos dos vários ensaios realizados que dependem do número de técnicos especializados necessários e duração expectável, incluindo preparação dos ensaios e realização e obtenção de resultados. O custo de aquisição de equipamento e material necessários não será contabilizado.

Inicialmente, pretendia-se incluir uma estimativa aceitável para o custo de execução dos ensaios, mas considerou-se difícil obter valores próximos dos reais, não só por serem praticados valores diferentes entre as várias empresas e laboratórios, como também as atualizações que vão sofrendo, o que contribuiria para a desatualização do conteúdo das fichas.

Assim, optou-se por incluir uma classificação qualitativa com cinco níveis para o custo e dificuldade destes ensaios e sondagens, preenchidos de acordo com o crescimento dos parâmetros avaliados, esquematizada na figura 4.1.

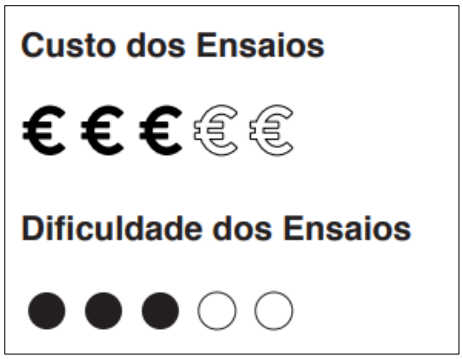


Fig. 4.1 – Classificação qualitativa do custo e da dificuldade dos ensaios

Relativamente às técnicas de diagnóstico existentes, estas podem ser classificadas de várias formas (Cóias, 2006):

- **Local de realização da técnica** – *In situ* ou em laboratório;
- **Grau de destruição do material/elemento construtivo** – Não destrutivas, parcialmente destrutivas, destrutivas;
- **Princípios em que se baseiam** – Sensoriais, mecânicos, térmicos, químicos, eletroquímicos, elétricos, magnéticos, eletromagnéticos, ultrassónicos, radioativos, etc.;
- **Tipo de resultados obtidos** – Propriedades a avaliar, como a aderência, permeabilidade, etc.;
- **Elementos e componentes construtivos em que são aplicáveis** – Elementos estruturais ou não estruturais;
- **Atividade em que intervêm** – Controlo da qualidade, inspeção de edifícios, verificação da aplicação de regulamentos, etc.;
- **Existência ou ausência de solicitação artificial** – Invasivas ou não invasivas.

Segundo (Cóias, 2006), por norma, as técnicas *in situ* são pouco destrutivas e complementadas pelas laboratoriais, através de amostras.

As várias técnicas de diagnóstico existentes são agrupadas de acordo com os princípios que seguem (adaptado de Cóias (2006))

- **Técnicas de Perceção Sensorial** (quadro 4.2) – Métodos de diagnóstico mais simples e menos tecnológicos, baseados no uso dos próprios sentidos: visão, audição, olfato e tato; eventualmente, são usados aparelhos que permitam potenciar os sentidos (lupas, binóculos, réguas, etc.);
- **Técnicas de Ação Mecânica** (quadro 4.3) – Aplicação de ação mecânica sobre diferentes elementos estruturais e construtivos; por vezes, poder-se-á recorrer à remoção de partes destes elementos, através de vários dispositivos (mecânicos, hidráulicos, eletromecânicos), de forma mais ou menos intrusiva e com diferentes graus de destruição;
- **Técnicas de Propagação de Ondas Elásticas** (quadro 4.4) – Deteção, medição ou análise de vibrações provocadas em elementos construtivos, avaliando a forma de propagação de ondas elásticas, muito pouco intrusivas;
- **Técnicas de Propagação de Radiação Eletromagnética** (quadro 4.5) – Utilização da radiação eletromagnética na inspeção de edifícios, que se altera em função das propriedades físicas dos materiais (densidade, porosidade, permeabilidade, condutividade, etc.);
- **Técnicas de Reações Químicas e Eletroquímicas** (quadro 4.6) – Deteção dos efeitos dos indicadores, reagentes e consequentes reações químicas nos materiais ou elementos construtivos e sua caracterização;
- **Técnicas de Efeitos Elétricos e Magnéticos** (quadro 4.7) – Obtenção de resultados sobre características de materiais e elementos construtivos, através do uso de instrumentos que relacionam eletricidade com magnetismo;
- **Técnicas de Deteção e Análise de Vibrações** (quadro 4.8) – Monitorização e análise das vibrações das estruturas, quando sujeitas a ações dinâmicas;
- **Técnicas de Inspeção Hidrodinâmica dos Materiais e Estruturas** (quadro 4.9) – Estudo do efeito da presença da água em materiais de construção, através de processos de absorção, capilaridade e permeabilidade, associada a variações de pressão;
- **Técnicas de Inspeção Higrotérmica** (quadro 4.10) – Estudo de propriedades relacionadas com o conforto térmico (humidade relativa, temperatura, etc.).

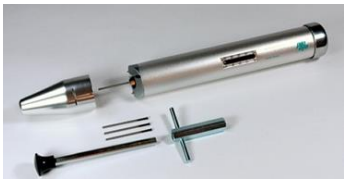
Nos quadros apresentados, é possível visualizar algumas das técnicas de diagnóstico mais comuns, agrupadas de acordo com o seu tipo:

Quadro 4.2 – Técnicas de perceção sensorial (adaptado de Pavão (2016))

Técnicas	Parâmetros Medidos/Avaliados	Imagem Ilustrativa
Levantamento Fotogramétrico	Reconstituição da geometria de partes dos edifícios e da composição de elementos construtivos	 Fig. 4.2 – Estação total (OZ, 200?-d)
Inspeção com Boroscópio	Inspeção do interior dos elementos construtivos, através de cavidades e fendas para detetar anomalias em estruturas e materiais	 Fig. 4.3 – Boroscópio (Grainger, 2020)
Deteção Acústica de Insetos Xilófagos	Deteção da presença de insetos xilófagos no interior de elementos de madeira, sem sinais exteriores observáveis, através de um aparelho de auscultação	 Fig. 4.4 – Insetos xilófagos (Pluggo, 2017)

Medidor Ótico	Observação de defeitos superficiais	 Fig. 4.5 – Medidor ótico (OZ, 200?-l)
Régua de Fissuras	Medição da abertura de fissuras	 Fig. 4.6 – Régua de fissuras (OZ, 200?-l)
Fissurómetro	Medição dos movimentos relativos num dado ponto de uma fissura	 Fig. 4.7 – Fissurómetro (J. ROMA, 2020b)
Alongâmetro	Medição de fissuras ou deslocamentos em juntas devido a deformações estruturais	 Fig. 4.8 – Alongâmetro (OZ, 200?-h)

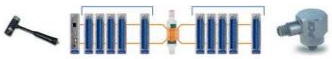
Quadro 4.3 – Técnicas de ação mecânica (adaptado de Abreu (2013) e Pavão (2016))

Técnicas	Parâmetros Medidos/Avaliados	Imagem Ilustrativa
Medição da Densidade Superficial – *Pylodin*	Caracterização da densidade superficial de elementos de madeira	 Fig. 4.9 – Pylodin (Ferret Supplies, 2009)
Avaliação da Integridade de Elementos de Madeira – *Resistograph*	Deteção *in situ* de defeitos internos em elementos de madeira	 Fig. 4.10 – Resistograph (OZ, 200?-k)
Ensaios com Macacos Planos	Determinação do estado de tensão (ensaio simples) e avaliação da resistência e deformabilidade (ensaio duplo) de paredes ou outros elementos estruturais de alvenaria, *in situ* ou laboratório	 Fig. 4.11 – Ensaio com macacos planos (OZ, 200?-c)

Ensaio com Dilatómetro	Obtenção da deformabilidade, módulo de elasticidade e coeficiente de *poisson* de um determinado material	 Fig. 4.12 – Dilatómetro (Arêde e Costa, 2002)
Avaliação da Resistência de Argamassa – Método de Arrancamento de Hélice	Avaliação *in situ* da resistência de referência de uma argamassa de assentamento	 Fig. 4.13 – Método de arrancamento de hélice em parede de alvenaria (Mesquita e Lança, 2008)
Técnica de Extração e Ensaio de Carotes	Obtenção de características dos elementos construtivos	 Fig. 4.14 – Extração de carote com caroteadora (OZ, 200?-b)
Ensaio Esclerométrico – Esclerómetro de *Schmidt*	Avaliação *in situ* da dureza superficial de elementos de betão e argamassas	 Fig. 4.15 – Esclerómetro de schmidt (OZ, 200?-a)

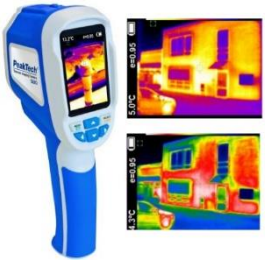
Ensaio Esclerométrico – Esclerómetro Pendular	Avaliação *in situ* da dureza superficial de argamassas de revestimento	 Fig. 4.16 – Esclerómetro pendular (Proceq, 200?)
Ensaio de Arrancamento por Tração – *Pull-Off*	Avaliação *in situ* da aderência de revestimentos de suporte (argamassas, estuques, ladrilhos cerâmicos e tintas)	 Fig. 4.17 – Pull-off tester (J. ROMA, 2020c)
Ensaio de Resistência ao Impacto e Atrito – *Martinet Baronnie* ou Choque de Esfera	Avaliação da degradação pelo choque em revestimentos e consequente respeito exigencial	 Fig. 4.18 – Ensaio de choque de esfera (Malanho e Veiga, 2010)

Quadro 4.4 – Técnicas de propagação de ondas elásticas (adaptado de Abreu (2013) e Pavão (2016))

Técnicas	Parâmetros Medidos/Avaliados	Imagem Ilustrativa
Ensaio Ultrassónico	Obtenção *in situ* de informação de características mecânicas, homogeneidade e presença de fissuras ou defeitos em alvenarias, através da velocidade de propagação entre dois impulsos ultrassónicos	 Fig. 4.19 – Equipamento para ensaio ultrassónico (J. ROMA, 2020d)
Ensaio de Tomografia Sónica	Identificação de heterogeneidades e áreas de deficiente resistência	 Fig. 4.20 – Gerador de tensão, martelo, acelerómetro e dispositivo de registo (MRA Instrumentação, 2020)
Ensaio Impacto-Eco	Deteção de vazios e defeitos no interior de alvenarias ou entre elementos de diferentes materiais	 Fig. 4.21 – Medição da profundidade de fissuras numa laje (OZ, 200?-g)

Quadro 4.5 – Técnicas de propagação de radiação eletromagnética (adaptado de Pavão (2016) e Abreu (2013))

Técnicas	Parâmetros Medidos/Avaliados	Imagem Ilustrativa
Radiografia – Raio-X ou Raios Gama	Verificação da existência de anomalias interiores, através de diferenças de densidade e composição dos materiais	 Fig. 4.22 – Equipamento para raio-x (Júnior, 2006)

Prospeção Geofísica – Tecnologia de Radar	Deteção de tubagens, canalizações ou humidade no interior de paredes; em elementos horizontais, permite localizar cavidades, construções antigas e constituição de pavimentos	 Fig. 4.23 – Georadar (GeoAviz, 200?)
Medição de Vibrações – Tecnologia Laser	Avaliar e monitorizar eventuais vibrações de uma construção, à distância	 Fig. 4.24 – Equipamento de medição de vibrações (OZ, 200?-n)
Termografia	Observação da existência de anomalias (fissuras, humidades) e heterogeneidade dos materiais de paredes ou outros elementos, através das diferentes solicitações térmicas	 Fig. 4.25 – Câmara termográfica (J. ROMA, 2020a)

Quadro 4.6 – Técnicas de reações químicas e eletroquímicas (adaptado de Abreu (2013), Pavão (2016) e Ferreira (2010))

Técnicas	Parâmetros Medidos/Avaliados	Imagem Ilustrativa
Medição do Teor de Sais – *Kit* de Campo e Fitas Colorimétricas	Perceber a natureza dos compostos das eflorescências e, consequentemente, mecanismos de degradação e determinar o teor de sais	 Fig. 4.26 – Kit de campo e fitas colorimétricas (OZ, 200?-i)

Técnica da Resistência de Polarização	Quantificar a taxa de corrosão das armaduras em elementos de betão armado	 Fig. 4.27 – Recolha de dados em obra com sensor (OZ, 200?-j)
Medição da Humidade Interior	Medição da humidade interior em paredes	 Fig. 4.28 – "Kit" de ensaio (Speedy) (OZ, 200?-f)
Medição de pH	Determinação do pH	 Fig. 4.29 – Medidor de pH (GroHo, 2020)
Medição de Condutividade	Determinação da capacidade de condução de correntes elétricas em eflorescências e manchas de revestimentos	 Fig. 4.30 – Medidor de condutividade (MedicalExpo, 2020)

Quadro 4.7 – Técnicas de efeitos elétricos e magnéticos (adaptado de Abreu (2013) e Pavão (2016))

Técnicas	Parâmetros Medidos/Avaliados	Imagem Ilustrativa
Medição da Humidade Superficial – Humidímetro	Determinação do teor de humidade superficial (revestimentos, nomeadamente)	 Fig. 4.31 – Humidímetro (OZ, 200?-e)
Deteção de Armaduras e Avaliação de Propriedades	Detetar e localizar a presença de armaduras em elementos de betão armado e pré-esforçado, o seu diâmetro, direção e calcular o recobrimento	 Fig. 4.32 – Detetor de armaduras (Certified MTP, 2020)

Quadro 4.8 – Técnicas de deteção e análise de vibrações (adaptado de Abreu (2013) e Pavão (2016))

Técnicas	Parâmetros Medidos/Avaliados	Imagem Ilustrativa
Análise e Monitorização de Vibrações em Estruturas – Acelerómetro	Avaliação do comportamento dinâmico da estrutura devido a vibrações induzidas	 Fig. 4.33 – Acelerómetro de sensibilidade a vibrações (Engineer Ambitiously, 2019)

Monitorização de Vibrações – Microssismógrafo	Monitorização de vibrações devidas a trânsito de veículos, maquinaria, atividade humana e outros fatores	 Fig. 4.34 – Microssismógrafo (OZ, 200?-m)

Quadro 4.9 – Técnicas de inspeção hidrodinâmica dos materiais e estruturas (adaptado de Abreu (2013))

Técnicas	Parâmetros Medidos/Avaliados	Imagem Ilustrativa
Absorção de Água – Tubo de *Karsten*	Avaliação da permeabilidade de revestimentos minerais e da capacidade de impermeabilização dos revestimentos de paredes	 Fig. 4.35 – Tubo de karsten (Bauprotec, 200?)
Permeabilidade ao Vapor de Água	Determinação da permeabilidade ao vapor de água de materiais e elementos construtivos, através da *Lei de Fick*	 Fig. 4.36 – Amostras (LFC, 200?)

Quadro 4.10 – Técnicas de inspeção higrotérmica (adaptado de Abreu (2013))

Técnicas	Parâmetros Medidos/Avaliados	Imagem Ilustrativa
Registo de Condições Higrotérmicas – Higrómetro	Monitorização da temperatura e humidade relativa do ar num espaço interior	 Fig. 4.37 – Higrómetro (Test Meter & Test Equipment Experts, 2020)
Condutibilidade Térmica	Determinar a condutibilidade térmica de diversos materiais (isolamentos térmicos, por exemplo)	 Fig. 4.38 – Medidor de condutibilidade térmica (Société Moderne d'Etudes Électroniques à Voiron, 2014)
Pressurização – *Blower Door*	Determinação da permeabilidade ao ar da envolvente de um edifício	 Fig. 4.39 – Blower door (Green Building Advisor, 2010)

Variação Dimensional com a Humidade Relativa	Determinar a expansão e retração de vários materiais de construção, conforme a variação da humidade relativa	

Fig. 4.40 – Protótipo para recolha de dados (LFC, 200?)

4.3.5. CAUSAS DA ANOMALIA

Seguidamente, é listada, sucintamente, a descrição dos possíveis fenómenos causadores da anomalia, baseada no estudo de diagnóstico efetuado, com recurso à física das construções.

As causas das anomalias poderão ter diversas origens, havendo várias formas de as classificar. Em (Rodrigues, 2001) são agrupadas as causas mais comuns em três grandes grupos, de uma forma sucinta, mas abrangente, representadas no quadro 4.11.

Quadro 4.11 – Lista de causas possíveis (Rodrigues, 2001)

Humidade	Ascensional
	Condensações
	Precipitação
	Construção
	Higroscopicidade dos Materiais
	Utilização
	Causas Acidentais
Fendilhação	Retração dos Materiais
	Deformação Estrutural
	Solicitação Térmica
	Corrosão Química de Armaduras
	Instabilidade de Fundações ou Solos de Sustentação
	Instabilidade de Componentes
	Causas Acidentais
Desgastes e Envelhecimento	Ação de Agentes Atmosféricos
	Ação de Agentes Químicos
	Uso Excessivo
	Utilização Disfuncional

	Termo de Vida Útil
	Causas Acidentais

4.3.6. CONSEQUÊNCIAS DA ANOMALIA

As consequências expectáveis provenientes do não tratamento das anomalias constituem um elemento importante e que não é frequentemente mencionado nas fichas já existentes.

Assim, expõe-se sucintamente a possível evolução da anomalia e respetivas consequências, caso o critério seja a não intervenção. Este tópico permite retirar conclusões sobre a gravidade do problema em estudo e a urgência da intervenção.

4.3.7. SUGESTÕES DE INTERVENÇÃO/MEDIDAS CORRETIVAS

Após serem clarificadas as possíveis causas da anomalia, seguem-se as sugestões de intervenção, descritas com algum detalhe.

Torna-se pertinente incluir várias soluções possíveis, dado que, por vezes, poderão existir condicionantes técnico-económicas que não possibilitem implementar as melhores soluções e, caso se pretenda, é possível manter o aspeto original ou escolher novas que permitam reparar várias anomalias simultaneamente (sistema de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS, fachada ventilada, etc.).

Adicionalmente, poderão ser sugeridos os cuidados a ter nas diferentes fases de implementação (projeto, construção, utilização) das diferentes soluções.

Consoante a natureza de cada anomalia, existem vários tipos de intervenção a adotar, de acordo com o quadro 4.12.

Quadro 4.12 – Tipos de intervenção (Medeiros, 2010)

Anomalias Estruturais	Aumento das Dimensões da Secção
	Adição de Elementos Externos
	Melhoria das Propriedades dos Materiais
	Substituição dos Elementos Defeituosos
	Alteração na Distribuição de Esforços
Anomalias Não Estruturais	Ocultação das Anomalias
	Eliminação das Anomalias
	Eliminação das Causas das Anomalias
	Proteção Contra os Agentes Agressivos
	Substituição dos Elementos e Materiais Defeituosos
	Reforço das Características Funcionais

Normalmente, o tipo de intervenção desejado é a eliminação das causas das anomalias, que garante a não ocorrência do reaparecimento de patologias; porém, na maior parte dos casos, torna-se impossível adotar essa medida, devido aos constrangimentos envolvidos (Silva, 2002).

Assim, para um correto tratamento das patologias, a solução passa, muitas das vezes, por uma combinação de diferentes técnicas, atendendo aos seguintes fatores:

- Tipo de manifestação anómala;
- Facilidade e apuramento do diagnóstico;
- Facilidade das condicionantes técnicas para os trabalhos de intervenção;
- Orçamento disponível;
- Preservação do valor histórico e cultural dos elementos afetados.

4.3.8. SOLUÇÃO ADOTADA

Para clarificar a intervenção a efetuar na resolução da patologia, procede-se a um breve esclarecimento baseado na data de execução, descrição dos trabalhos efetuados e materiais e equipamentos utilizados. Adicionalmente, através de registo fotográfico, é apresentado o aspeto pós-reabilitação e, caso necessário, um esquema ilustrativo do mesmo.

Quanto ao grau exigencial da solução, pretende-se que o técnico ou utilizador tenha uma noção da dificuldade esperada no emprego da solução, compreendendo alguns fatores como número de técnicos especializados necessários, duração da aplicação, conhecimento técnico e científico exigidos e complexidade de execução da solução.

No que se refere à durabilidade, é elaborada uma estimativa da longevidade da solução adotada, tendo em conta a necessidade de ações de manutenção periódicas e da substituição de determinados componentes.

Assim, à semelhança do que foi idealizado para o tópico "Ensaios e Sondagens *In Situ*/Laboratório", considerou-se pertinente incluir uma classificação qualitativa com cinco níveis do grau exigencial e durabilidade da solução adotada, preenchidos de acordo com o crescimento dos parâmetros avaliados, conforme esquematizado na figura 4.41.

É importante referir que estes dois parâmetros também serão avaliados com base em patologias antecedentes, onde se tenha recorrido a soluções análogas.

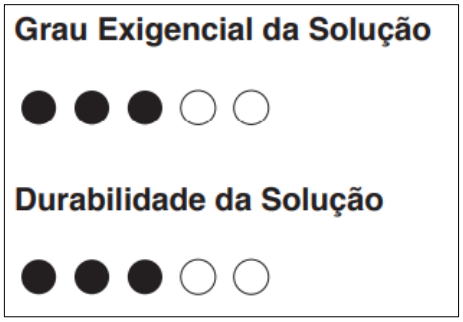


Fig. 4.41 – Classificação qualitativa do grau exigencial e da durabilidade da solução adotada

4.3.9. MONITORIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA INTERVENÇÃO

Independentemente da solução de intervenção adotada, é certo que a sua durabilidade é limitada, sendo necessário recolher informações sobre o seu desempenho em serviço.

Para cada solução, são definidas ações de inspeção, baseadas no seu desempenho, com uma periodicidade adequada. Este trabalho permite não só obter um *feedback* da qualidade da intervenção, como

também definir futuras ações de manutenção, após a interpretação dos dados recolhidos na monitorização.

4.3.10. Análise Económica da Solução Adotada

Atualmente, é cada vez mais importante compreender os custos associados ao tratamento das patologias. Para cada caso de estudo, é feita referência ao orçamento estimado e ao custo real, que permitirão tecer conclusões sobre os desvios orçamentais existentes e avaliar onde as previsões efetuadas apresentam lacunas.

O "Orçamento Estimado" é elaborado com base na mão-de-obra especializada necessária, materiais e equipamentos utilizados, duração dos trabalhos a executar e custos de projeto.

Após conclusão dos trabalhos, o técnico encarregado pela intervenção deve classificar qualitativamente o "Custo Real" da solução adotada, usando os parâmetros aplicáveis ao "Orçamento Estimado".

Deste modo, é apresentada uma classificação qualitativa com cinco níveis para "Orçamento Estimado" e "Custo Real", preenchidos de acordo com o crescimento dos parâmetros avaliados, conforme apresentado na figura 4.42.

Complementarmente, é feita uma breve comparação entre os custos expectáveis associados às diferentes sugestões de intervenção apresentadas no tópico "Sugestões de Intervenção/Medidas Corretivas".



Fig. 4.42 – Classificação qualitativa do orçamento estimado e do custo real

4.3.11. Literatura Complementar

Por fim, torna-se pertinente mencionar alguma literatura importante para o estudo de cada patologia, sob a forma de livros, teses, artigos, normas e *websites.*

Alguns documentos usados nesse estudo serão também incluídos neste tópico.

4.3.12. Rodapé

Para uma rápida ideia do âmbito da ficha, decidiu-se criar um rodapé, esquematizado na figura 4.43, com informação sucinta relativa ao fenómeno observado e ao elemento construtivo afetado, associada à referência da respetiva ficha, que a permite localizar num catálogo de fichas, explicado mais à frente.



Fig. 4.43 – Rodapé do "Modelo de Registo de Patologias Construtivas"

4.4. CATÁLOGO DE FICHAS DE REGISTO DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS

De modo a facilitar a consulta das fichas que vão sendo concebidas, considerou-se pertinente criar um catálogo, onde fosse possível organizá-las, possibilitando uma rápida consulta.

O catálogo está organizado segundo a anomalia observada e a sua manifestação, seguido do elemento/sistema construtivo afetado, para que o técnico ou utilizador consiga aceder facilmente às fichas que tratem patologias análogas à que ele pretende estudar.

A organização das fichas que integram o catálogo segue o princípio sugerido pelo Engenheiro Vítor Abrantes no seu "Método Simplificado de Diagnóstico de Anomalias", onde a partir da identificação da anomalia, através de uma seleção progressiva de parâmetros existentes, do geral para o particular ("Zona de Edifício/Habitação" – "Elemento" – "Componente" – "Anomalia" – "Causa/Manifestação"), é apresentada a respetiva "Ficha de Reabilitação" (Lima, 2009).

Na figura 4.44 apresenta-se o aspeto final da matriz de seleção dos parâmetros considerados no método.

Zona Edif.	Elemento	Componente	Anomalia	Causa / Manifestação
Exterior [E]	Parede Exterior [PE]	Revestimento [02]	...	
			Humidade [HU]	Ascensional [01]
				Infiltração em zona corrente [02]
				Condensação [03]
				Construção [04]
				Infiltração fortuita [05]
				Infiltração em pontos singulares [06]
			...	
...				

Fig. 4.44 – Seleção da possível causa/manifestação que está na origem da anomalia (Lima, 2009)

Para a presente dissertação, elaboraram-se dois quadros: um com as anomalias e causas/manifestações mais frequentes (quadro 4.13), baseadas no quadro 4.11, e outro com os elementos do edifício e seus componentes (quadro 4.14), baseados no quadro 4.1, que funcionarão como um "guia" para referenciar as diferentes fichas a incluir no catálogo.

Quadro 4.13 – Lista de anomalias e respetivas causas/manifestações em edifícios

Anomalia	Causa/Manifestação
Humidade (Hu)	Ascensional (01)
	Condensações (02)
	Precipitação (03)
	Construção (04)
	Higroscopicidade dos Materiais (05)

	Utilização (06)
	Causas Acidentais (07)
Fissuração (Fi)	Retração dos Materiais (08)
	Deformação Estrutural (09)
	Solicitação Térmica (10)
	Corrosão Química de Armaduras (11)
	Instabilidade de Fundações ou Solos de Sustentação (12)
	Instabilidade de Componentes (13)
	Causas Acidentais (14)
Desgastes e Envelhecimento (DE)	Ação de Agentes Atmosféricos (15)
	Ação de Agentes Químicos (16)
	Uso Excessivo (17)
	Utilização Disfuncional (18)
	Termo de Vida Útil (19)
	Causas Acidentais (20)
Defeitos (Df)	Conceção (21)
	Execução (22)
	Materiais e Equipamentos (23)

Quadro 4.14 – Lista de elementos de um edifício e seus componentes

Elemento do Edifício	Componente
Parede Exterior (PE)	Alvenaria (01)
	Revestimento (02)
	Outros (varandas, platibandas, portadas) (03)
Parede Interior (PI)	Alvenaria (01)
	Revestimento (02)
	Outros (03)
Cobertura (Co)	Revestimento (02)
	Outros (chaminés) (03)
	Instalações (04)
Vão (Va)	Caixilharias (05)
	Envidraçados (06)
Pavimento Exterior (PvE)	Revestimento (02)

Pavimento Interior (PvI)	Revestimento (02)
Teto (Te)	Revestimento (02)
Instalações (In)	-

A referência de cada ficha é representada por um código que integra as siglas dos quatro elementos apresentados nos quadros 4.13 e 4.14 ("Anomalia" – "Causa/Manifestação" – "Elemento" – "Componente", por esta ordem). Por exemplo, o caso de estudo 2 abordado no capítulo 5 trata um problema de humidade (Hu) de condensação (02) no revestimento (02) da parede exterior (PE) de um quarto, logo a referência a usar na ficha será Hu-02-PE-02.

Posteriormente, a ordem das fichas no catálogo é determinada por um índice, ordenado por ordem alfabética das "anomalias" incluídas no quadro 4.13:

- Defeitos (De);
- Desgastes e Envelhecimento (DE);
- Fissuração (Fi);
- Humidade (Hu).

Quando existem fichas de diferentes "causas/manifestações" para a mesma "anomalia" (por exemplo, uma ficha de humidade de construção e outra de humidade ascensional), a de humidade ascensional, com a sigla Hu-01, aparecerá antes da de humidade de construção, com a sigla Hu-04.

Seguidamente, dentro da ordenação alfabética das anomalias, os "elementos do edifício" incluídos no quadro 4.14 serão igualmente ordenados:

- Cobertura (Ca);
- Instalações (In);
- Parede Exterior (PE);
- Parede Interior (PI);
- Pavimento Exterior (PvE);
- Pavimento Interior (PvI);
- Teto (Te);
- Vão (Va).

4.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Neste capítulo, é apresentada e explicada uma proposta para um modelo de registo de patologias construtivas, sua estrutura e interesse práticos.

Por norma, as fichas de patologias terminam com a apresentação de medidas corretivas e sugestões de intervenção, não sendo frequente abordar o motivo da solução escolhida e a sua eficácia. É muito frequente, depois de uma intervenção estar completa, passar-se de imediato para o tratamento de novas patologias, sem se fazer um levantamento completo da nova intervenção e perceber quais foram as dificuldades encontradas, o comportamento da solução a longo prazo e o custo real.

Surgiu, então, a necessidade de condensar a informação mais relevante existente sobre a patologia da construção num novo modelo de fichas, com uma estrutura semelhante às já existentes, mas mais focado nas distintas soluções de intervenção, no aspeto pós-reabilitação e nos desvios orçamentais existentes, com base no orçamento estimado e no custo real.

A título de exemplo, nas figuras 4.1, 4.41 e 4.42 é possível observar alguns dos acréscimos presentes neste novo modelo de fichas. Através das classificações qualitativas dos vários parâmetros (dificuldade, custos, durabilidade), é possível tirar conclusões rápidas sobre os ensaios utilizados e as soluções possíveis e mais viáveis para cada caso de estudo.

De forma a apurar a viabilidade e clarificar a metodologia proposta para as novas fichas, no capítulo 5 serão descritos dois casos de estudo relativos a duas patologias distintas.

5

APLICAÇÃO DO MODELO DE REGISTO DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS A CASOS DE ESTUDO

5.1. INTRODUÇÃO

Para avaliar a aplicabilidade do modelo em contexto prático, foram selecionadas duas das patologias mais recorrentes em edifícios, sendo tratadas como casos genéricos que possam servir de auxílio para o estudo de patologias semelhantes.

Contudo, tendo em conta a impossibilidade de visitar alguns edifícios pretendidos e consequente acompanhamento de uma obra de intervenção, os casos de estudo selecionados terão uma abordagem mais teórica.

Para a realização deste capítulo 5, foi recolhida alguma informação encontrada em diversos catálogos de fichas de patologias, artigos científicos, teses e livros.

De forma a validar a nova metodologia, as patologias diferem no que toca às causas das manifestações, elementos construtivos afetados, técnicas de diagnóstico utilizadas e soluções de intervenção adotadas.

Neste capítulo, será efetuado um estudo aprofundado dos casos de estudo selecionados, de modo a clarificar as escolhas efetuadas e fatores condicionantes nesse processo. O conteúdo incluído nas fichas, em anexo, é o resumo da informação apresentada no presente capítulo.

As fichas de patologias relativas aos casos de estudo selecionados neste capítulo são disponibilizadas em “A2. Caso de Estudo 1: Fissuração do Revestimento em “Pastilha” Cerâmica da Fachada de um Edifício” e “A3. Caso de Estudo 2: Manchas de Bolor na Face Interior das Paredes de um Quarto de uma Habitação”, nos “Anexos”.

5.2. Caso de Estudo 1: Fissuração do Revestimento em "Pastilha" Cerâmica da Fachada de um Edifício

5.2.1. Considerações sobre RCA em Fachadas

Para o caso de estudo 1, decidiu-se analisar algumas das anomalias mais frequentes em revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas. Em Portugal, os ladrilhos cerâmicos são um dos sistemas de revestimento mais utilizados desde sempre, não só pela durabilidade e desempenho técnico que oferecem, como também pela sua versatilidade estética.

É um sistema construtivo composto pelos ladrilhos cerâmicos, por produtos de assentamento (argamassas tradicionais ou cimentos-cola) e por produtos de preenchimento de juntas (caldas de cimento ou argamassas de cimento) entre ladrilhos.

Assim, as técnicas de aplicação terão de estar em consonância com o tipo e qualidade dos materiais usados, atendendo também à compatibilidade entre ladrilho/argamassa de assentamento/produto de preenchimento de juntas, à dimensão da junta em função do tipo de ladrilho, às condições ambientais aquando da execução e à manutenção necessária no futuro.

Porém, a constante inovação tecnológica associada à produção de ladrilhos cerâmicos e materiais de assentamento, aliada à variedade de suportes de aplicação do revestimento, não permite a profissionalização da mão-de-obra existente, com conhecimentos insuficientes acerca da aplicação de novos materiais e técnicas, fundamentais para o bom desempenho deste sistema. A conjugação destes fatores leva a um aparecimento precoce de várias anomalias nos revestimentos cerâmicos aderentes (Silvestre e Brito, 2008).

5.2.2. Descrição Construtiva e Localização do Elemento Afetado

Para o presente caso de estudo, foi possível definir a constituição da fachada afetada, escolhendo-se assim uma muito frequente, relativa a um edifício típico dos anos 60 e 70: alvenaria simples de tijolo furado, sem isolamento térmico, rebocada e revestida exteriormente com "pastilha" cerâmica.

Esta solução construtiva não oferece as condições necessárias para o conforto térmico dos seus utilizadores, viabilizando a aplicação do sistema ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*) que permite, simultaneamente, atenuar este problema e ocultar as anomalias observadas.

Relativamente à orientação da fachada, considerou-se que esta é voltada a Norte, onde há menor incidência de radiação solar e consequentemente um aumento do tempo de secagem, contribuindo fortemente para o aparecimento de outras anomalias (condensações superficiais, algas e/ou fungos/bolores), apelando ao caráter urgente da intervenção.

Quanto à localização geográfica, optou-se por não incluir nenhuma informação, uma vez que não se utilizaram quaisquer programas de simulação higrotérmica que usam informação das condições climáticas de determinado lugar.

5.2.3. Ensaios e Sondagens *In Situ*/Laboratório Aplicados a RCA em Fachadas

Para ser possível caracterizar a gravidade, dimensão e estabilidade das anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes e aferir as suas causas, é comum realizar alguns ensaios *in situ*. Não será necessária a realização de todos, mas qualquer um dos mencionados é aplicável e relevante para conduzir estudos neste contexto.

A informação disponibilizada sobre cada ensaio é bastante sucinta, uma vez que nenhum foi verdadeiramente realizado e, portanto, não há resultados que permitam tecer comparações.

No diagnóstico deste tipo de revestimentos, é comum realizar os seguintes ensaios:

- Fissurómetro;
- Medição da Inclinação do Revestimento;
- Testemunhos de Gesso;
- Choque de Esfera;
- *Pull-Off;*
- Ultrassons;
- Percussão;
- Termográfico.

Todos os ensaios encontram-se descritos no capítulo 4, à exceção da medição da inclinação do revestimento, dos testemunhos de gesso e do equipamento para percussão (o "cabo" de uma vassoura, por exemplo). Apesar de bastante intuitivos e poderem ser realizados pelos utilizadores dos edifícios, estes dois últimos ensaios revelam-se, numa primeira fase, muito úteis para perceber a evolução das fissuras e localizar zonas onde os ladrilhos estão soltos ou parcialmente descolados, respetivamente.

Tratando-se de ensaios *in situ* pouco destrutivos e intrusivos (à exceção do *pull-off*), apresentam um custo global relativamente reduzido (dois níveis em "Custo dos Ensaios") e são de fácil execução, não requerendo grandes equipamentos, técnicas complexas ou técnicos muito qualificados (dois níveis em "Dificuldade dos Ensaios").

5.2.4. Anomalias Recorrentes e suas Possíveis Causas em RCA em Fachadas

As anomalias comuns nos revestimentos cerâmicos aderentes poderão aparecer de forma isolada ou como consequência de outras já existentes, sendo muito frequente observar-se dois ou três tipos de anomalias numa mesma fachada revestida com cerâmico. Por exemplo, após ocorrer fissuração/fendilhação dos ladrilhos, é bastante comum haver empolamento e descolamento, como se constatará mais adiante.

Deste modo, no quadro 5.1 são agrupadas algumas das anomalias mais frequentes nos revestimentos cerâmicos aderentes.

Quadro 5.1 – Anomalias frequentes em revestimentos cerâmicos aderentes (adaptado de Silvestre e Brito (2008))

Descolamento	No suporte
	Entre material de assentamento/suporte
	No seio da camada de regularização do suporte
Fendilhação	Em zonas de concentração de tensões no suporte
	Nas juntas de dilatação
	No revestimento, consequência de fendilhação do suporte
	Em locais de transição (estrutura de betão armado/alvenaria)
Deterioração dos Ladrilhos	Esmagamento ou lascagem dos bordos
	Desgaste/riscagem

	Eflorescências/criptoflorescências
Deterioração das Juntas	Eflorescências/criptoflorescências
	Alteração de cor
	Fissuração/perda de material de preenchimento
	Descolamento
	Desenvolvimento de organismos vegetais
	Presença de pó/outras partículas
Anomalias Estéticas	Deficiências de planeza
	Irregularidades na superfície do revestimento
	Enodoamento, alteração de cor ou do brilho dos ladrilhos
	Fissuração ou descamação do vidrado dos ladrilhos

As causas mais prováveis para as anomalias apresentadas anteriormente encontram-se apresentadas no quadro 5.2.

Quadro 5.2 – Causas prováveis para anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes (adaptado de Silvestre e Brito (2008))

Erros de Projeto	Escolha de materiais incompatíveis ou desadequados
	Estereotomia não conforme com as características do suporte
	Prescrição de colagem simples em vez de dupla
	Dimensionamento incorreto das juntas dos ladrilhos
	Inexistência de juntas periféricas, de esquartelamento ou construtivas
	Existência de zonas do revestimento inacessíveis para limpeza
	Deficiente pormenorização das zonas singulares do revestimento
	Deformações excessivas do suporte
	Humidade ascensional do terreno
Erros de Execução	Utilização de materiais não prescritos/incompatíveis entre si
	Aplicação em condições ambientais desfavoráveis
	Não cumprimento dos tempos de espera entra as fases de execução
	Aplicação em suportes sujos, com poeiras ou irregulares
	Desrespeito pelo tempo aberto do adesivo
	Espessura inadequada do material de assentamento
	Contacto insuficiente ladrilho-material de assentamento
	Assentamento de ladrilhos nas juntas de dilatação do suporte
	Colagem simples em vez de dupla

	Utilização de materiais de assentamento ou de preenchimento de juntas com retração elevada
	Preenchimento de juntas com sujidade
	Execução de juntas com dimensões inadequadas/não execução
	Preenchimento deficiente das juntas de assentamento
	Desrespeito pela estereotomia do revestimento
	Encastramento de acessórios metálicos não protegidos nas juntas
Ações Acidentais	Choques contra o revestimento
	Vandalismo/*Graffiti*
	Concentração de tensões no suporte
Ações Ambientais	Vento
	Exposição solar excessiva/reduzida
	Choque térmico
	Lixiviação dos materiais do revestimento que contêm cimento
	Humidificação do revestimento
	Ação biológica
	Poluição atmosférica
	Criptoflorescências
	Envelhecimento natural
Falhas de Manutenção	Ventilação insuficiente em interiores
	Falta de limpeza do revestimento ou de zonas adjacentes
	Limpeza incorreta do revestimento
	Anomalias em canalizações
Alteração das Condições Previstas	Aplicação de cargas verticais excessivas no revestimento

Como o presente caso de estudo será focado na fissuração/fendilhação e descolamento do revestimento cerâmico aderente, apenas algumas das causas mencionadas acima serão aplicáveis, maioritariamente devidas a erros de projeto ou de execução.

5.2.5. Possíveis Consequências das Anomalias Recorrentes em RCA em Fachadas

Após realização de ensaios, sondagens e aferição das possíveis causas da anomalia abordada (fissuração) em revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas, há uma grande probabilidade de ocorrerem outras anomalias ou acidentes, caso ela não seja tratada de imediato (Silvestre e Brito, 2008):

- Descolamento e queda da "pastilha" em fachadas altas;
- Degradação do aspeto visual;
- Sensação de insegurança por parte dos utilizadores;
- Entrada de água da chuva no revestimento, degradação do material de assentamento e do suporte e aparecimento de eflorescências à superfície;
- Infiltrações para o interior do edifício, em fachadas e terraços.

5.2.6. Possíveis Soluções de Tratamento de Patologias em RCA em Fachadas

Para o tratamento/correção de patologias neste tipo de revestimentos, as soluções frequentemente empregues passam pela eliminação das anomalias, caso se pretenda manter o aspeto inicial do revestimento cerâmico aderente, ou então pela ocultação das anomalias e proteção contra os agentes agressivos, através da execução de um revestimento exterior adicional, como um sistema de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS ou fachada ventilada, que apresentam outras vantagens adicionais.

5.2.6.1. Conservação da Solução de RCA em Fachadas

Relativamente ao tratamento do revestimento cerâmico aderente pela eliminação das causas das anomalias, poderão ser usadas algumas técnicas de reparação curativas, incluídas na ficha, e adaptadas consoante a natureza e gravidade dos casos observados.

Como esta solução não é considerada a mais interessante, uma vez que o sistema ETICS apresenta outras vantagens, os procedimentos a seguir encontram-se listados de forma sucinta, apenas para se ter uma ligeira noção os trabalhos a efetuar (adaptado de Silvestre e Brito (2008)):

- **Reparação do revestimento existente**
  - Limpeza do revestimento;
  - Injeção de resinas de preenchimento;
  - Substituição do produto de preenchimento de juntas (caldas de cimento ou argamassas de cimento);
  - Preenchimento de fissuras com gesso ou barro sintético;
  - Reparação de outros pontos singulares de entrada de água no revestimento;
  - Substituição da camada de regularização.
- **Substituição do revestimento cerâmico existente por um novo** (difícil substituir por um igual, pois as características do cerâmico serão pouco homogéneas no que toca a cor, textura e planeza)
  - Remoção do revestimento antigo;
  - Limpeza e verificação do suporte;
  - Preparação e aplicação do produto de assentamento (argamassas tradicionais ou cimentos-cola) sobre o suporte;
  - Colocação dos novos ladrilhos sobre o produto de assentamento;
  - Nivelamento dos novos ladrilhos;
  - Aplicação do material de preenchimento das juntas;
  - Limpeza final do revestimento.

5.2.6.2. Aplicação de Fachada Ventilada sobre RCA

Outra solução de tratamento possível seria a opção de fachada ventilada, um sistema de isolamento térmico pelo exterior composto por um revestimento exterior descontínuo fixado a uma estrutura de suporte (paredes simples de tijolo, de betão moldado, etc.), através de uma estrutura intermédia. Entre o revestimento e a estrutura de suporte existe uma cavidade/caixa-de-ar, onde poderá existir isolamento térmico (figura 5.1).

Este sistema apresenta as seguintes vantagens:

- Reduz gastos de energia com aquecimento e arrefecimento;
- Melhora o isolamento térmico e acústico;
- Possibilita a ventilação natural e renovação de ar;
- Oculta e corrige eventuais anomalias (fissuração, descolamento de ladrilhos, etc.);
- Elimina grande parte das pontes térmicas;
- Confere proteção às fachadas contra variações de temperatura e ações ambientais;
- Pode ser aplicado enquanto os utilizadores habitam o edifício;
- Não reduz o espaço das habitações.

Apesar de ser uma solução mais resistente comparativamente ao sistema ETICS, comporta custos iniciais muito avultados (cerca de quatro vezes mais que o sistema ETICS).



Fig. 5.1 – Aspeto exterior de uma fachada ventilada (Veiga e Malanho, 2013)

5.2.6.3. Aplicação de Sistema ETICS sobre RCA

Os sistemas de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS são constituídos por placas de isolamento térmico (EPS, tipicamente) coladas ao suporte (com produto de colagem e eventual fixação mecânica), revestidas por reboco delgado, em várias camadas, armado com rede de fibra de vidro e um acabamento final com revestimento plástico espesso (figura 5.2) (Freitas e Miranda, 2014).

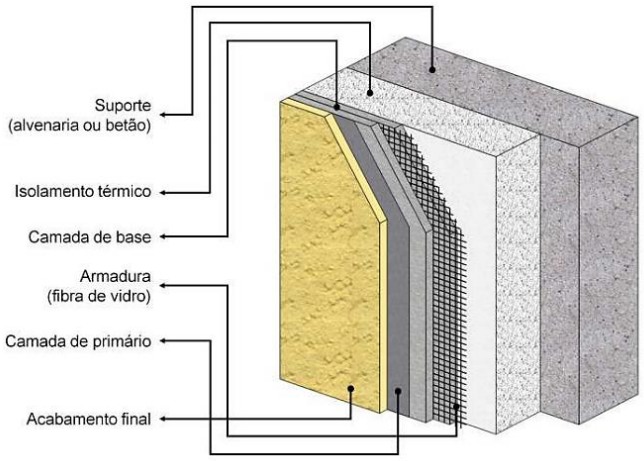


Fig. 5.2 – Composição esquemática do sistema ETICS (Freitas, 2002)

Para além do tratamento das anomalias descritas, este sistema apresenta outras vantagens que poderão ser determinantes na escolha da solução a adotar (APFAC, 2018):

- Eliminação de pontes térmicas;
- Redução do risco de condensações interiores;
- Utilização da inércia térmica dos edifícios, ao estabilizar a temperatura interior da casa;
- Proteção das alvenarias e elementos estruturais contra ações higrotérmicas, aumentando a sua durabilidade;
- Melhoria do conforto térmico no Inverno e no Verão;
- Economia de energia com aquecimento e arrefecimento das habitações;
- Reduzido impacto nos utilizadores, pois não há necessidade de intervenções no interior do edifício;
- Renovação estética do edifício, com vários tipos de acabamentos finais (acrílico, pintura texturada ou colagem de elementos de revestimentos ligeiros);
- Melhoria da impermeabilização das paredes, devido ao uso de materiais de revestimento impermeáveis.

Porém, como qualquer outro sistema, também apresenta algumas desvantagens (adaptado de Leão (2017) e Lopes (2005)):

- Investimento inicial avultado;
- Reação ao fogo mais elevada que outras soluções de revestimento correntes (à base de produtos minerais, por exemplo);
- Sistema muito frágil ao choque e ações de vandalismo, que facilmente o danificam, principalmente em zonas acessíveis;
- Entrada de água através de pontos singulares;
- Desenvolvimento de algas e fungos/bolores, sobretudo em fachadas pouco expostas a radiação solar;
- Necessita de mão-de-obra especializada para garantir que o sistema funcione corretamente.

Antes da aplicação do sistema em fachadas de edifícios existentes com revestimento cerâmico, é de extrema importância seguir algumas recomendações (adaptado de APFAC (2018) e Freitas (2002)):

- Garantir que o suporte está estável;
- Tratar as fissuras e lacunas existentes com uma argamassa adequada;
- Caso exista contaminação por microrganismos, a superfície deve ser lavada com água a baixa pressão;
- A "pastilha" cerâmica deve apresentar aderência adequada ao suporte (realizar ensaios de aderência, após preparação do suporte) (figura 5.3);
- Remoção dos ladrilhos que estejam soltos;
- Obrigatório fixar mecanicamente o isolamento térmico.

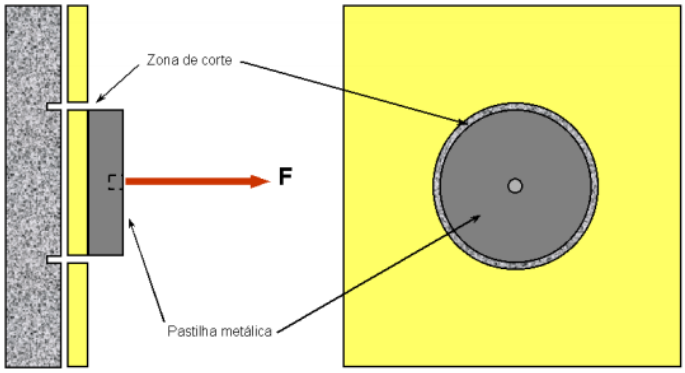
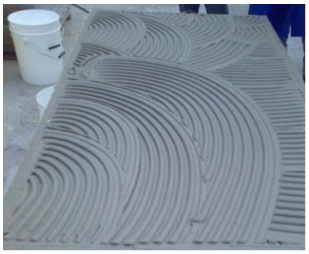


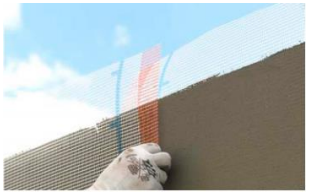
Fig. 5.3 – Princípio da realização de ensaios de aderência (Freitas e Miranda, 2014)

Seguidas as recomendações anteriores, a aplicação do sistema segue a metodologia apresentada:

Quadro 5.3 – Procedimentos a seguir na aplicação do sistema ETICS (adaptado de APFAC (2018) e Freitas e Miranda (2014))

Ordem das Tarefas	Tarefa	Imagem Ilustrativa
1ª	Montagem dos perfis de arranque e laterais	-
2ª	Aplicação da argamassa de colagem sobre a placa de isolamento	 Fig. 5.4 – Aplicação da argamassa de colagem (APFAC, 2018)

3ª	Colagem contínua das placas de isolamento térmico	 Fig. 5.5 – Colagem das placas de isolamento térmico (APFAC, 2018)
4ª	Nivelamento das placas	-
5ª	Fixação mecânica das placas, após o endurecimento da argamassa de colagem	 Fig. 5.6 – Furação das placas de isolamento térmico (APFAC, 2018)  Fig. 5.7 – Aplicação de parafuso sobre a bucha (APFAC, 2018)
6ª	Aplicação de redes de reforço diagonais nos cantos das portas e janelas	 Fig. 5.8 – Aplicação de barramento armado sobre as redes de reforço diagonais (APFAC, 2018)
7ª	Proteção de partes da fachada sujeitas a cargas mecânicas particulares, através de elementos de reforço das arestas	 Fig. 5.9 – Aplicação dos elementos de reforço das arestas das fachadas com argamassa de revestimento (APFAC, 2018)

8ª	Aplicação da argamassa de revestimento, em duas camadas	 Fig. 5.10 – Aplicação da argamassa de revestimento por barramento (APFAC, 2018)
9ª	Aplicação da camada de primário	 Fig. 5.11 – Aplicação de primário (APFAC, 2018)
10ª	Aplicação do revestimento final (revestimento espesso colorido)	 Fig. 5.12 – Execução do acabamento com revestimento espesso colorido, em pasta (APFAC, 2018)
11ª	Após secagem do acabamento, selar o remate da superfície deste com os elementos de contorno (caixilhos, platibandas, rufos, etc.) com mástique	 Fig. 5.13 – Selagem do remate em elementos de contorno com mástique (APFAC, 2018)

Adicionalmente, é importante assegurar alguns cuidados aquando da aplicação do sistema (Freitas e Miranda, 2014):

- Não aplicar na presença de ventos fortes, chuva, neve (propício a originar condensações) e incidência direta de raios solares, nem com temperaturas superiores a 30ºC e inferiores a 5ºC;
- Remover tubos de queda existentes no exterior das fachadas e garantir que a evacuação das águas pluviais é feita longe das mesmas;
- Deverão ser utilizados andaimes cobertos com toldos, de modo a proteger os trabalhos da chuva e da radiação solar;
- Garantir que a parte superior do sistema se encontra coberta durante a execução, para que não haja infiltração de água entre o suporte e o isolamento.

Relativamente à aplicação do sistema, é requerida mão-de-obra especializada, uma vez que é necessário cumprir requisitos normativos no emprego dos vários materiais e técnicas usadas e garantir que o sistema funciona de forma harmoniosa (três níveis em "Grau Exigencial da Solução").

Quanto à duração do sistema, se for corretamente aplicado e alvo de inspeções e ações de manutenção periódicas, numa perspetiva otimista, o seu tempo de vida útil rondará os 20 anos (três níveis em "Durabilidade da Solução").

5.2.7. Monitorização do Comportamento do Sistema ETICS em Fachadas

Sendo a aplicação deste sistema uma solução de reabilitação muito frequente atualmente, é importante assegurar a integridade do isolamento.

Deste modo, são apresentadas algumas técnicas de manutenção e reparação usadas, sendo algumas delas menos intrusivas (só afetam a superfície do sistema) e outras mais intrusivas (com incidência na camada de acabamento ou outras mais profundas, envolvendo até a remoção e substituição) (adaptado de Amaro, Saraiva e Brito (2012)):

- **Manutenção**
  - Remoção de poeiras e de manchas existentes, com água limpa a baixa pressão e escovagem manual, aplicando-se detergentes sem agentes abrasivos e neutros;
  - Eliminação de microrganismos, pela aplicação de fungicidas ou biocidas (figura 5.14);
  - Renovação da pintura, de 10 em 10 anos;
  - Conservação e limpeza dos rufos e capeamentos, rede de drenagem de águas pluviais e outros pontos singulares que contribuam para a estanqueidade da fachada.
- **Reparação**
  - Preenchimento/colmatação de fissuras, com produto idêntico ao utilizado como revestimento final;
  - Substituição parcial/integral do material de acabamento;
  - Aplicação de novo acabamento sobre o revestimento existente;
  - Reparação imediata de anomalias devidas a atos de vandalismo (choques e perfurações), com reaplicação do mesmo isolamento, reboco delgado armado, sistema de acabamento e revestimento final (figura 5.15);
  - Proteção de zonas de remate, por aplicação de cola e veda fungicida (figura 5.16);
  - Reparação de juntas;
  - Aplicação de novo material adesivo e/ou fixadores mecânicos;
  - Substituição integral/parcial do sistema, de 20 em 20 anos.

De referir que nem todas estas ações são obrigatórias; deverá haver um planeamento da periodicidade daquelas que são mais comuns (limpeza e pintura, por exemplo) e, relativamente às restantes, realizar ações de inspeção para avaliar a sua necessidade de implementação.



Fig. 5.14 – Contaminação do sistema ETICS por microrganismos (Viero - Tintas Robbialac, 2016)



Fig. 5.15 – Danos localizados no sistema ETICS, por choques ou perfurações (Viero - Tintas Robbialac, 2016)



Fig. 5.16 – Zonas de remate do sistema ETICS (Viero - Tintas Robbialac, 2016)

5.2.8. Análise Económica do Sistema ETICS em Fachadas

A aplicação de um novo sistema, como a fachada ventilada, ao longo de toda a envolvente implica custos avultados quando comparada com a solução de reparação do revestimento cerâmico aderente e o sistema ETICS. Optou-se por implementar o sistema ETICS que permite prevenir o aparecimento de outras anomalias, sendo pensado como uma solução a longo prazo e, por isso, mais vantajosa a nível económico e energético.

Tratando-se de um caso de estudo teórico, não foi possível avaliar quaisquer desvios orçamentais após implementação da solução escolhida. Assim, não será atribuída classificação aos parâmetros "Orçamento Estimado" e "Custo Real". Contudo, numa aplicação real com dados consistentes sobre custos, torna-se relevante fazer esta avaliação e explicar o motivo, caso aconteça, para se observar disparidades entre os dois parâmetros.

5.3. Caso de Estudo 2: Manchas de Bolor na Face Interior das Paredes de um Quarto de uma Habitação

5.3.1. Considerações sobre Humidades em Edifícios

A humidade é um dos principais mecanismos de degradação de edifícios e apresenta-se sobre diversas formas (Freitas, Torres e Guimarães, 2008).

Há três mecanismos fundamentais no aparecimento de humidades (Freitas, Torres e Guimarães, 2008):

- **Higroscopicidade** – Caracteriza a capacidade de um material fixar, por adsorção, moléculas de água e restituí-las ao ambiente, em função das variações de temperatura e da humidade relativa do mesmo;
- **Condensação** – Processo físico através do qual o vapor de água passa a água líquida, que ocorre quando a humidade relativa atinge os 100%;
- **Capilaridade** – Processo através do qual um material poroso retém água assim que entra em contacto com água líquida.

A humidade pode-se manifestar das seguintes formas (adaptado de Freitas e Pinto (1998) e Freitas, Torres e Guimarães (2008)):

- **Higroscopicidade** – Depende dos materiais usados; normalmente são higroscópicos, o que significa que o seu teor de humidade varia consoante a variação de humidade relativa do ambiente;
- **Condensações Superficiais** – Ocorrem quando a temperatura superficial interior de um elemento é inferior ou igual à temperatura de ponto de orvalho do ambiente interior; a probabilidade de ocorrência é tanto maior quanto menor for a resistência térmica do elemento, menor for a temperatura exterior e maior for a humidade relativa interior;
- **Condensações Internas** – Ocorrem quando as pressões parciais de vapor instaladas num dado ponto de um elemento são iguais à pressão de saturação, dependente das características higrotérmicas do ar interior e exterior e da constituição do elemento;
- **Humidade de Construção** – Proveniente da água usada no processo de execução das obras; a secagem dos elementos é um processo demorado: primeiro ocorre a evaporação da água superficial, seguindo-se a evaporação da água contidas nos poros de maiores dimensões e, por fim, nos poros de menores dimensões;
- **Infiltrações** – Resultam da absorção de água, por capilaridade, através de pontos singulares (fissuras, revestimentos deteriorados, má ligação das caixilharias com a fachada, etc.) e são agravadas com a pressão exercida pelo vento;

- **Fuga nas Canalizações** – Associada a fugas de água devidas à rotura de determinados equipamentos e/ou instalações; a deteção destas anomalias é complexa, dado que as manifestações ocorrem em locais distintos da sua origem;
- **Humidade Ascensional** – Proveniente da água do solo que migra por ascensão capilar nas paredes, quando não há nenhuma barreira que impeça o deslocamento.

5.3.2. Descrição Construtiva e Localização do Elemento Afetado

Para o presente caso de estudo, foi novamente definida a constituição da fachada afetada, escolhendo-se uma referente aos edifícios correntes desde os anos 80: alvenaria dupla de tijolo furado rebocada com isolamento térmico, preenchendo parcialmente a caixa-de-ar.

Relativamente à orientação da fachada, considerou-se novamente que esta se encontra voltada a Norte.

Contudo, na aplicação deste sistema, o isolamento térmico é muitas vezes interrompido na zona da ponte térmica, mais concretamente na ligação parede exterior/laje, o que constitui um problema, nomeadamente promovendo o aparecimento de condensações superficiais na face do revestimento interior das paredes.

Na figura 5.17 é possível observar o problema descrito.

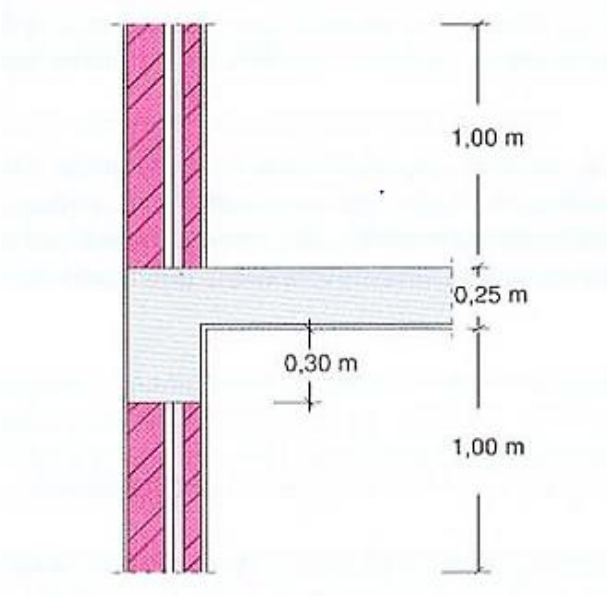


Fig. 5.17 – Ligação entre uma parede exterior dupla e uma laje de nível intermédio com descontinuidade de isolamento térmico (Corvacho, 1999)

Assim, para evitar o aparecimento dos referidos problemas, é importante considerar, em fase de projeto, a continuidade do isolamento térmico na zona da laje, como se apresenta na figura 5.18.

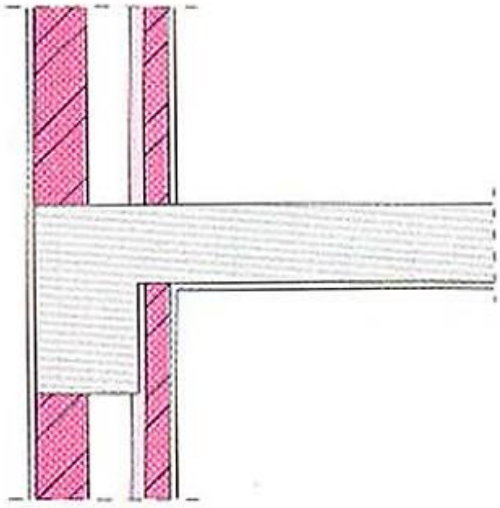


Fig. 5.18 – Ligação entre uma parede exterior dupla e uma laje de nível intermédio com alvenaria e isolamento térmico contínuos (Corvacho, 1999)

5.3.3. Ensaios e Sondagens *In Situ*/Laboratório Utilizados para o Tratamento de Condensações Superficiais e Manchas de Bolor

No diagnóstico deste tipo de patologias, é comum realizar os seguintes ensaios/técnicas:

- Inspeção visual;
- Medição do teor de humidade na superfície da parede – Humidímetro;
- Registo da temperatura do ar interior e exterior – Termómetro;
- Medição da humidade relativa do ar interior e exterior – Higrómetro;
- Medição do caudal de ventilação – Anemómetro;
- Termográfico;
- Desmontagem de Caixilharia.

À exceção do termómetro, do anemómetro e da desmontagem da caixilharia, os restantes ensaios encontram-se descritos no capítulo 4. A desmontagem de caixilharia é um procedimento bastante usado para observar a constituição construtiva da parede de fachada, auxiliada pelo boroscópio, também já abordado.

Tratando-se de ensaios *in situ* pouco destrutivos e intrusivos e com equipamentos bastante acessíveis, apresentam um custo global relativamente reduzido (um nível em "Custo dos Ensaios") e são de fácil execução (o que trará mais constrangimentos será a desmontagem da caixilharia), não requerendo técnicas complexas ou técnicos extremamente qualificados (um nível em "Dificuldade dos Ensaios").

5.3.4. Possíveis Causas de Aparecimento de Condensações Superficiais e Manchas de Bolor na Face Interior da Parede de um Compartimento

É muito frequente, principalmente no inverno, a temperatura superficial interior (θ_{si}) de um determinado elemento construtivo ser inferior à temperatura do ar interior (θ_i), sobretudo em pontes térmicas e zonas com pouco ou nenhum isolamento térmico (Freitas, Torres e Guimarães, 2008).

Assim, quando se observam gotas de água ou manchas humidade ou de bolor nos ângulos entre paredes, nas zonas de ligação entre paredes e tetos, atrás de móveis ou mesmo no interior de roupeiros ou gavetas, foram verificadas as condições para aparecimento de condensações superficiais (Henriques, 1994).

A ocorrência de condensações superficiais depende dos seguintes fatores (adaptado de Corvacho (1999), Henriques (1994) e Ramos (2007)):

- Condições de ocupação, que influenciam a produção de vapor de água no interior das habitações;
- Ventilação fraca/inexistente dos compartimentos;
- Hábitos deficientes de utilização dos espaços por parte dos utilizadores (não acionar os dispositivos de ventilação mecânica, não manter fechadas as portas em compartimentos com grande produção de vapor de água, manter as janelas fechadas durante muito tempo no inverno, etc.);
- Existência de isolamento térmico das paredes;
- Existência de sistemas de aquecimento;
- Existência de pontes térmicas que propiciam um abaixamento da temperatura superficial interior dessas zonas relativamente à temperatura superficial interior das zonas correntes.

Relativamente às causas incluídas na ficha e apresentadas anteriormente, a sua atuação conjunta poderá ter um impacto significativo no aparecimento de condensações superficiais, principalmente em compartimentos onde os utilizadores despendem muito tempo (quartos) e, portanto, há uma elevada produção de vapor.

Seguidamente, poder-se-á assistir ao desenvolvimento de bolores superficiais, quando se reúnem as seguintes condições (Corvacho, 1999):

- Existência de uma quantidade significativa de oxigénio;
- Temperaturas situadas entre os 5ºC e 25ºC;
- Superfícies húmidas, ou seja, verifica-se a ocorrência de condensações superficiais;
- Existência de nutrientes apropriados (açúcares, gorduras e celulose, muitas vezes presentes em determinados revestimentos);
- Ausência de sol;
- Ar calmo (em zonas de pontes térmicas, como os cantos, nunca há muita circulação de ar).

De maneira a prever o aparecimento de condensações superficiais num determinado elemento construtivo, é possível calcular a temperatura "mínima" (temperatura ponto de orvalho, θ_{po}) a que ele se deve encontrar para que este fenómeno não ocorra e a sua temperatura superficial interior (θ_{si}), através da seguinte expressão (Freitas, Torres e Guimarães, 2008):

$$\theta_{si} = \theta_i - \mathrm{U} \times R_{si} \times (\theta_i - \theta_e) \quad (5.1)$$

Onde:

θ_{si} – Temperatura Superficial Interior, ºC;

θ_i – Temperatura Interior, ºC;

U – Coeficiente de Transmissão Térmica, W/(m^2.ºC);

R_{si} – Resistência Superficial Interior, (m^2.ºC)/W;

θ_e – Temperatura Exterior, ºC.

Conhecidas a temperatura interior (θ_i), superficial interior (θ_{si}) e a humidade relativa interior, é possível caracterizar, através do diagrama psicrométrico (figura 5.19), a pressão de vapor interior e a temperatura de saturação correspondente (ou temperatura do ponto de orvalho, θ_{po}) (Freitas, Torres e Guimarães, 2008).

Por exemplo, com base na figura 5.19, a temperatura interior é de 14ºC e a humidade relativa interior está próxima dos 60%. A partir desse ponto, utilizando o diagrama, traça-se uma linha horizontal até intercetar a curva dos 100%, verificando-se que a temperatura correspondente a esse ponto (θ_{po}) é de cerca de 6,5ºC.

Para que não ocorram condensações, deve verificar-se a seguinte relação: $\theta_{si} > \theta_{po}$. Assim, no caso explicitado anteriormente, a temperatura superficial interior teria que ser superior a 6,5ºC (Freitas, Torres e Guimarães, 2008).

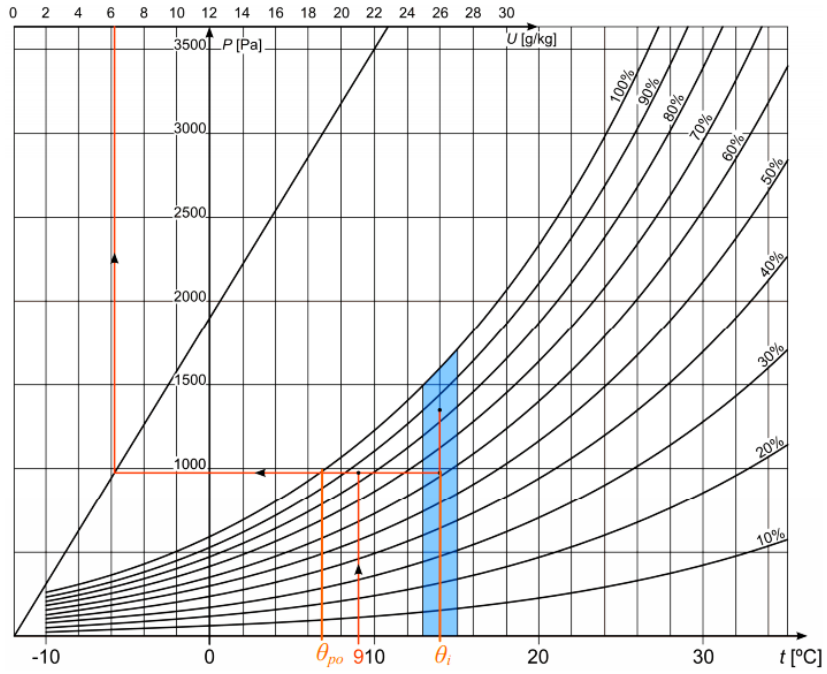


Fig. 5.19 – Diagrama psicrométrico (Teixeira, 2007)

5.3.5. Possíveis Consequências do Aparecimento de Condensações Superficiais e Manchas de Bolor na Face Interior da Parede de um Compartimento

Na sequência da realização de ensaios, sondagens e aferição das possíveis causas das anomalias abordadas (condensações superficiais e manchas de bolor) na face interior das paredes de compartimentos, há uma grande probabilidade de ocorrerem outras anomalias ou acidentes, caso não sejam tratadas de imediato (adaptado de Corvacho (1999) e Ramos (2007)):

- Retenção de pó nas superfícies mais húmidas, nomeadamente na zona da ponte térmica;
- Libertação de odores desagradáveis;
- Desenvolvimento de doenças nos utilizadores, como micoses, alergias ou problemas respiratórios;
- Degradação do aspeto visual;

- Degradação dos revestimentos interiores (manchas nos cerâmicos, apodrecimento de revestimentos de madeira e cortiça, perda de brilho e amolecimento de certos revestimentos, descolamento de papéis de parede, descasque da pintura);
- Fissuração do revestimento interior.

5.3.6. Possíveis Soluções de Tratamento de Condensações Superficiais e Manchas de Bolor na Ligação Parede Exterior/Laje de Piso Intermédio

Da análise da figura 5.19, conclui-se que existem quatro processos principais para evitar o aparecimento de condensações superficiais (Teixeira, 2007):

- Aumento do isolamento térmico, fazendo diminuir a temperatura superficial interior, principalmente na ponte térmica;
- Aumento dos caudais de ventilação e da higroscopicidade dos revestimentos, de modo a reduzir a humidade relativa do ar interior;
- Controlar a produção de vapor de água no interior;
- Aumentar a temperatura do ar interior, que permitirá aumentar a temperatura superficial interior.

Assim, considerou-se que a aplicação das seguintes medidas poderá ser eficaz para o tratamento das patologias observadas (adaptado de PATORREB (2004a) e PATORREB (2004b)):

- Limpeza da superfície através de lavagem esterilizante e aplicação de um produto fungicida, seguido de pintura de superfície;
- Criação de um sistema de ventilação adequado com grelhas auto-reguláveis de admissão de ar nos quartos e sala e grelhas de extração de ar nos quartos de banho, que garantam um caudal de 60 m^3/h; sendo o quarto um compartimento principal, o ideal será assegurar 1 renovação de ar/hora;
- Aquecimento da habitação, de modo a assegurar uma temperatura média entre 18ºC e 20ºC;
- Aplicação de sistema de isolamento térmico pelo exterior (sistema ETICS ou fachada ventilada) ou isolamento térmico pelo interior (figuras 5.21 e 5.22);
- Uso de um aparelho de desumidificação para reduzir a humidade relativa do ar interior.

Concluiu-se que a solução mais adequada seria a implementação das quatro primeiras medidas, ou seja, o uso de um aparelho de desumidificação é dispensável.

Apesar de ser uma solução económica e que permite reduzir a humidade relativa do ar interior rapidamente, através da extração de vapor de água, o uso de um aparelho de desumidificação torna-se mais vantajoso nos seguintes casos:

- Quando o orçamento disponível para tratamento das patologias é reduzido;
- Quando não é possível aplicar soluções como as referidas;
- Em edifícios que se localizam próximo do mar ou outras zonas onde a humidade relativa do ar exterior é bastante elevada;
- Quando qualquer uma das soluções aplicadas se revela ineficaz.

Na figura 5.20 é esquematizado o princípio de funcionamento de um aparelho de desumidificação.

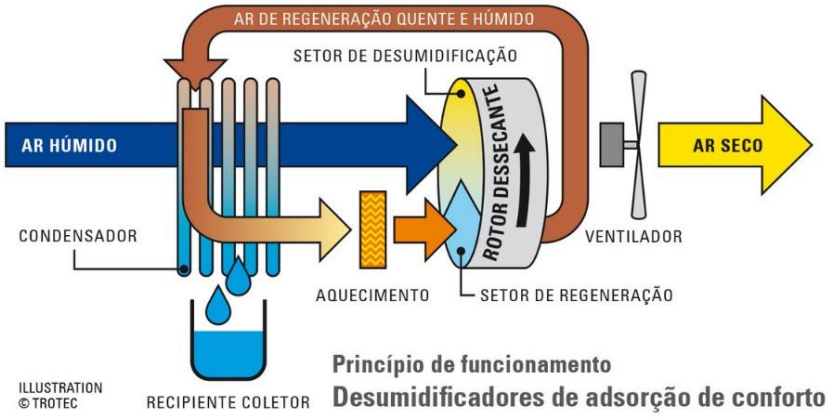


Fig. 5.20 – Princípio de funcionamento de um aparelho de desumidificação (Trotec, 2020)

Relativamente ao tratamento da ponte térmica, o isolamento pelo exterior através do sistema ETICS constitui a solução mais eficaz e permite corrigir outros problemas, melhorando o desempenho térmico do edifício. Porém, torna-se demasiado oneroso para tratar um problema localizado, optando-se por adotar a solução de isolamento térmico pelo interior, na ponte térmica, conforme esquematizado nas figuras 5.21 e 5.22.

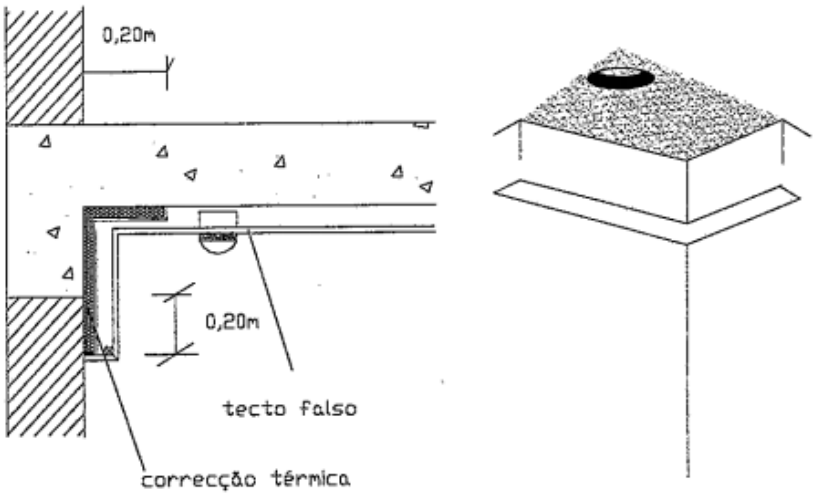


Fig. 5.21 – Pormenor de correção térmica pelo interior, com isolamento parcial da ponte térmica e disfarce com teto falso (Abreu, 2003)

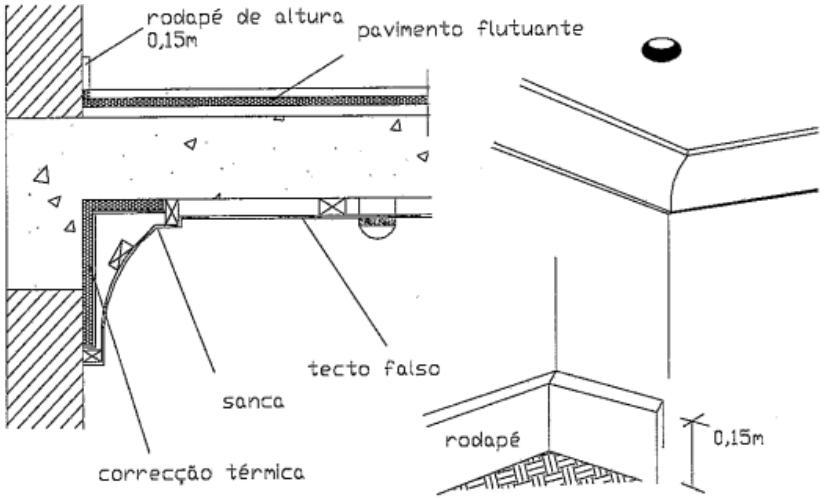


Fig. 5.22 – Pormenor de correção térmica pelo interior, com isolamento parcial da ponte térmica e disfarce com sanca e teto falso (Abreu, 2003)

Quanto à implementação das medidas corretivas, a instalação das grelhas auto-reguláveis nos quartos e sala e de um sistema de extração de ar nos quartos de banho e a aplicação do isolamento térmico pelo interior serão as duas tarefas mais complexas (dois níveis em "Grau Exigencial da Solução").

Tendo em conta a sua duração, se forem corretamente aplicados e se as ações de monitorização aconselhadas forem tidas em conta pelos utilizadores, como são sistemas interiores, terão uma durabilidade apreciável (quatro níveis em "Durabilidade da Solução").

5.3.7. Monitorização do Comportamento das Medidas Adotadas

Ao contrário do caso de estudo anterior, onde eram necessárias ações de inspeção e manutenção do sistema ETICS, a eficácia das medidas adotadas para este problema passa pelo controlo e monitorização de valores de humidade, caudais de ventilação e temperaturas na divisão em estudo, com alguma regularidade, através dos equipamentos usados nos ensaios – humidímetro, termómetro, higrómetro e anemómetro.

Com estes valores, é possível calcular a probabilidade de reaparecimento da patologia, através do diagrama psicrométrico, conforme explicado anteriormente.

5.3.8. Análise Económica das Soluções Adotadas

Após a análise das quatro tarefas a realizar, a aplicação de isolamento térmico pelo interior na zona de ponte térmica terá um custo de instalação significativamente elevado quando comparado com as restantes (é também a mais importante). O aquecimento em contínuo da habitação também comportará custos ao longo do ano, concluindo-se que, globalmente, é uma solução dispendiosa.

Tal como no caso de estudo 1, tratando-se de um caso de estudo teórico, não foi possível avaliar quaisquer desvios orçamentais observados na implementação da solução escolhida, pelo que não será atribuída classificação aos parâmetros "Orçamento Estimado" e "Custo Real".

5.4. SÍNTESE DO CAPÍTULO

As patologias selecionadas (fissuração de revestimento cerâmico aderente em fachada e condensação superficial e aparecimento de manchas de bolor na face interior da parede de um compartimento) são duas situações muito frequentes em edifícios, sendo vantajoso usar a metodologia proposta para o seu estudo.

Quanto ao tratamento do revestimento cerâmico, as soluções de intervenção são diversas, o que permite efetuar uma análise de sensibilidade para conduzir a uma solução bastante usada (sistema de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS). Contudo, a resolução do problema não termina aí, sendo importante aconselhar uma série de medidas de monitorização, manutenção e/ou reparação que permitam garantir o bom desempenho do sistema, dada a sua fragilidade.

Relativamente à resolução dos fenómenos de condensações superficiais e aparecimento de manchas de bolor, não é suficiente adotar um conjunto de medidas corretivas; é de extrema importância mudar os hábitos dos utilizadores, de modo a que estes façam um uso correto dos espaços interiores, tirando proveito dos equipamentos (ventiladores mecânicos, sistemas de aquecimento, etc.) para impedir a degradação precoce dos elementos construtivos e melhorar significativamente a qualidade do ar interior.

Os maiores constrangimentos encontrados prenderam-se com o tópico "Análise Económica da Solução Adotada". Tratando-se de casos de estudo teóricos, não foi possível aferir os custos da solução escolhida ("Orçamento Estimado" e "Custo Real"), para se proceder a uma estimativa dos desvios orçamentais, o principal objetivo aquando da inclusão deste tópico. Contudo, teceram-se comparações de nível económico entre as diferentes "Sugestões de Intervenção/Medidas Corretivas".

Ao longo do preenchimento das fichas percebeu-se que o conteúdo a incluir terá de ser sintetizado, mas integral, de forma a ocupar apenas uma folha A4 e a esclarecer o leitor quanto aos passos a seguir na resolução das diferentes patologias.

6
CONCLUSÕES

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização do presente trabalho pretendeu-se organizar e sistematizar o conhecimento existente sobre patologia da construção, através da elaboração, estruturação e aplicação de um modelo de registo de patologias construtivas que permita propor, de forma sucinta, soluções admissíveis para o tratamento de diversas patologias.

Deste modo, após a realização do trabalho, é possível retirar algumas conclusões no âmbito da patologia da construção e sistematização do conhecimento existente nessa área, apresentadas de seguida.

Relativamente ao estudo efetuado, os dados portugueses disponíveis não permitem tecer conclusões significativas quanto às patologias mais frequentes, principais causas das manifestações, elementos construtivos mais afetados e custos associados à reparação/reabilitação.

Recorreu-se, então, a uma base de dados francesa que permitiu concluir que as principais patologias estão relacionadas com problemas de estanqueidade à água (condensações superficiais, condensações internas, infiltrações, humidade de construção, humidade ascensional), manifestadas, maioritariamente, em fachadas, coberturas e revestimentos interiores.

Quanto às causas, os defeitos de execução têm um peso significativo na ocorrência das anomalias, muitas vezes devidos à falta de mão-de-obra qualificada e ao cumprimento de prazos de conclusão das obras de intervenção. A falta de manutenção das habitações, a inexistência de sistemas de ventilação adequados e o deficiente tratamento das pontes térmicas também contribui significativamente para as manifestações observadas relacionadas com problemas de estanqueidade à água.

Posteriormente, fez-se uma recolha e descrição dos catálogos e metodologias de diagnóstico e tratamento de patologias que permitisse analisar a estrutura comum entre eles, detetando eventuais lacunas, para que fosse possível elaborar um modelo baseado nos já existentes, mas com acrescentos significativos.

O modelo de fichas proposto nesta dissertação poderá então ser utilizado num contexto prático, através da realização de várias fichas relativas a diferentes patologias, que mais tarde serão organizadas num catálogo a disponibilizar aos profissionais do setor da AEC responsáveis pela sua reparação, onde poderão encontrar conteúdo relativo ao seu tratamento.

Porém, ao longo da elaboração do trabalho, surgiram algumas dificuldades relacionadas com a pouca informação técnica existente no nosso país relativa a especificidades das soluções de intervenção e com o conteúdo a incluir nas fichas, que terá de ser sintetizado, não sendo possível obter a pormenorização desejada na descrição das diferentes técnicas aplicadas e listagem das causas.

A nível pessoal, este trabalho foi fulcral na obtenção de conhecimentos relacionados com a patologia da construção, uma área da indústria da AEC bastante sensível e que está em crescimento constante. A elaboração das fichas possibilitou a compreensão de todo o processo de tratamento de uma patologia, desde a fase de diagnóstico até à monitorização da solução de intervenção adotada, passando pela aquisição de conhecimentos relativos ao tratamento de humidades e fissuras.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Com o presente trabalho, pretendeu-se dar continuidade aos estudos realizados até ao momento no âmbito da patologia da construção, sendo que este tema está ainda longe de ficar completo.

Deste modo, seria interessante aprofundar e completar a metodologia desenvolvida, através da implementação de algumas ideias, nomeadamente:

- Elaboração de mais fichas de registo de patologias construtivas, de modo a tornar o catálogo cada vez mais completo e abrangente;
- Divulgação *online* do catálogo de fichas de registo de patologias construtivas, onde seria possível, através da criação de um "perfil" num *website* próprio, aceder às fichas existentes e descarregá-las, tal como no *website* do PATORREB;
- Desenvolvimento de um "fórum", a inserir no *website*, que permitisse aos profissionais da área discutir ideias e trocar conhecimentos sobre patologia da construção, nomeadamente fornecer *feedback* de casos de estudo anteriores;
- Criação de uma base de dados no próprio *website* onde fosse possível inserir informação detalhada sobre os custos reais da solução de intervenção adotada (custos com materiais, equipamentos e mão-de-obra) para depois poder ser consultada;
- No modelo das fichas, criação de um campo designado por "Anexos", onde se incluiria, por exemplo, um mapa em *Excel* com os custos reais da solução de intervenção adotada;
- Desenvolvimento de uma aplicação para *smartphone* que permitisse aceder às fichas existentes e descarregá-las, existindo ainda um "fórum" que possibilitasse aos profissionais da área discutir ideias e trocar conhecimentos sobre patologia da construção, nomeadamente fornecer *feedback* de casos de estudo anteriores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUHAMAD, Mona; ABU-HAMD, Metwally (2019) - Framework for Construction System Selection Based on Life Cycle Cost and Sustainability Assessment. Journal of Cleaner Production [Em linha]. 241: 118397. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619332676>. ISSN 0959-6526.

ABREU, Domingos Miguel Fernandes Ferreira de (2013) - Técnicas de Diagnóstico Utilizadas em Engenharia Civil. Porto: FEUP. Dissertação de Mestrado.

ABREU, Maria Isabel Lopes Marcelino Dias de (2003) - Correção de Pontes Térmicas em Intervenções de Reabilitação. Porto: FEUP. 255 p. Dissertação de Mestrado.

ALVES & LOUREIRO, Lda. (2014) - Entrada de Ar Auto-Regulável Branca [Em linha]. [Consult. 27 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://alveseloureiro.com/Loja/index.php?id_product=135&controller=product>.

ALVES, Sandro Miguel Martins (2008) - www.patorreb.com: Um Contributo para a Sistematização do Conhecimento da Patologia da Construção. Porto: FEUP. 167 p. Dissertação de Mestrado.

AMARO, Bárbara; SARAIVA, Diogo; BRITO, Jorge (2012) - Sistema de Inspecção e Diagnóstico de ETICS em Paredes. In 4º Congresso Português de Argamassas e ETICS. Coimbra: 2012. APFAC. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/Paper%2072_2012.pdf>.

APFAC (2018) - Manual ETICS - APFAC [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.apfac.pt/uploads/documentos/APFAC-MANUAL-ETICS-2018.pdf>.

AQC (2013) - Le Tableau de bord Sycodés 2013: les indicaterus d' évolution de la qualité [Relatório]. Paris: AQC - AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Sycodes_2013_tbs13_1_.pdf>.

AQC (2016) - Sycodés 2016: Pathologie [Relatório]. Paris: AQC - AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/sycodes_2016_pathologie_1_.pdf>.

AQC (2019) - Fiche Pathologie Bâtiment C.06 [Em linha]. [Consult. 8 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://qualiteconstruction.com/fiche/infiltrations-par-points-singuliers-de-couvertures-en-tuiles/>.

ARÊDE, António; COSTA, Aníbal (2002) - Inspecção e Diagnóstico Estrutural de Construções Históricas. Algumas Contribuições da FEUP. In Actas do 1º Seminário "A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação". Porto: 2002. FEUP. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/67577/2/69589.pdf>. p. 55-88.

BAUPROTEC (200?) - Servicios de Hidrofugación y Lavado [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://bauprotec.cl/hidrofugantes.html>.

BEST (2004) - Imparare Dagli Errori [Em linha]. [Consult. 8 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://s3.amazonaws.com/publicationslist.org/data/tiziana.poli/ref-58/Imparare%20dagli%20errori.pdf>.

BRE (1982) - Defect Action Sheet 6 [Em linha]. [Consult. 8 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_4053.pdf>.

BRE (2016) - BRE Good Building Guides and Good Repair Guides [Em linha]. [Consult. 8 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.brebookshop.com/samples/327779.pdf>.

BRITO, Jorge (2009) - Sistemas de Inspecção e Diagnóstico de Edifícios. In 3º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios (Patorreb 2009). Porto: 2009. FEUP. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.researchgate.net/publication/286777387_Sistemas_de_Inspeccao_e_Diagnostico_de_Edificios>.

CASTIAJO, Susana Sílvia Ferreira (2012) - Metodologia de Manutenção de Edifícios - Sistemas Solares Térmicos. Porto: FEUP. 205 p. Dissertação de Mestrado.

CERTIFIED MTP (2020) - Profometer 650 AI [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.certifiedmtp.com/profometer-650ai-pm-650-rebar-locator-and-covermeter/>.

CHANG, Chih-Yuan; TSAI, Ming-Da (2013) - Knowledge-based Navigation System for Building Health Diagnosis. Advanced Engineering Informatics [Em linha]. 27:2. 246-260. Disponível em WWW: <URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034612001127>. ISSN 1474-0346.

CÓIAS, Vitor (2006) - Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios. Lisboa: IST. ISBN 978-972-8469-53-5.

CORVACHO, Maria Helena (1999) - Catálogo de Pontes Térmicas. Nota de Informação Técnica - NIT 003 LFC [Consult. 25 jun 2020].

DWAIKAT, Luay N.; ALI, Kherun N. (2018) - Green Buildings Life Cycle Cost Analysis and Life Cycle Budget Development: Practical Applications. Journal of Building Engineering [Em linha]. 18: 303-311. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.researchgate.net/publication/324009753_Green_buildings_life_cycle_cost_analysis_and_life_cycle_budget_development_Practical_applications>. ISSN 23527102.

ENGINEER AMBITIOUSLY (2019) - Medição de Vibração com Acelerômetros [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.ni.com/pt-pt/innovations/white-papers/06/measuring-vibration-with-accelerometers.html>.

FERRAZ, Maria Gorete [et al.] (2015) - Sistemas de Gestão Integrada de Edifícios. In XIII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción/XV Congreso de Control de Calidad en la Construcción (CONPAT 2015). Lisboa: 2015. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.researchgate.net/publication/285056282_Sistemas_de_Gestao_Integrada_de_Edificios>.

FERRAZ, Maria Gorete [et al.] (2016) - State-of-the-Art Review of Building Inspection Systems. Journal of Performance of Constructed Facilities [Em linha]. [Consult. 25 jun 2020].

Disponível em WWW: <URL: https://www.researchgate.net/publication/293190677_State-of-the-Art_Review_of_Building_Inspection_Systems>.

FERREIRA, Joana Alexandra de Almeida (2010) - Técnicas de Diagnóstico de Patologias em Edifícios. Porto: FEUP. 126 p. Dissertação de Mestrado.

FERRET SUPPLIES (2009) - Pylodin [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.ferret.com.au/c/hylec-controls/pilodyn-wood-density-meter-from-hylec-n852069>.

FLORES, Inês; BRITO, Jorge de (200?) - Metodologias de Inspeção - Apontamentos de Patologia e Reabilitação da Construção [Em linha]. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.civil.ist.utl.pt/~joaof/ad/01%20-%20Metodologias%20de%20inspec%C3%A7%C3%A3o%20-%20PB.pdf>.

FLORES, Ivette; BRITO, Jorge (2002) - Estratégias de Manutenção em Fachadas de Edifícios. Engenharia Civil [Em linha]. 47-58. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.researchgate.net/publication/280933377_Estrategias_de_Manutencao_em_Fachadas_de_Edificios>.

FONG, Patrick; WONG, Ka-Chi (2009) - Knowledge and Experience Sharing in Projects-based Building Maintenance Community of Practice. International Journal of Knowledge Management Studies [Em linha]. 3: [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.researchgate.net/publication/47870144_Knowledge_and_experience_sharing_in_projects-based_building_maintenance_community_of_practice>.

FREITAS, Vasco Peixoto de (2002) - Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior - Reboco Delgado Armado sobre Poliestireno Expandido - ETICS Porto: MAXIT - TECNOLOGIAS DE CONSTRUÇÃO E RENOVAÇÃO, Lda. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://docplayer.com.br/19898395-Isolamento-termico-de-fachadas-pelo-exterior-reboco-delgado-armado-sobre-poliestireno-expandido-etics.html>.

FREITAS, Vasco Peixoto de (2003) - Apontamentos de Patologia da Construção. Porto: FEUP. Consult. em 25 jun 2020.

FREITAS, Vasco Peixoto de (2013) - A State of the Art Report on Building Pathology: CIB W086 - Building Pathology. Porto: CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction, FEUP, LFC – Laboratório de Física das Construções. Consult. em 25 jun 2020. Disponível em WWW: <https://site.cibworld.nl/dl/publications/pub_393.pdf>. ISBN 978-90-6363-082-9

FREITAS, Vasco Peixoto de (2015) - Caderno de Síntese Tecnológica - Reabilitação de Edifícios: Reflexão sobre a Estratégia para a Reabilitação em Portugal. Edição 2015. Lisboa: Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção, PTPC. ISBN 978-989-20-6183-2.

FREITAS, Vasco Peixoto de; MIRANDA, Andreia Mota (2014) - Patologias de Sistemas de Isolamento Térmico pelo Exterior do Tipo ETICS LFC [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.apfac.pt/patologias/LFC-IC-282A-2014.pdf>.

FREITAS, Vasco Peixoto de; PINTO, Paulo da Silva (1998) - Permeabilidade ao Vapor de Materiais de Construção - Condensações Internas. Nota de Informação Técnica - NIT 002. LFC: FEUP.

FREITAS, Vasco Peixoto de; TORRES, Maria Isabel; GUIMARÃES, Ana Sofia (2008) - Humidade Ascensional. Porto: FEUP. ISBN 978-972-752-101-2.

GEOAVIZ (200?) - Georadar [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.geoaviz.pt/georadar/>.

GRAINGER (2020) - Video Borescope [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.grainger.com/product/MILWAUKEE-Video-Borescope-40KJ38>.

GREEN BUILDING ADVISOR (2010) - Blower Door Basics [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.greenbuildingadvisor.com/article/blower-door-basics>.

GROHO (2020) - Medidor pH com Sonda [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.groho.pt/product/medidor-ph-com-cabo>.

HENRIQUES, Fernando (1994) - Humidade em Paredes. Lisboa: LNEC. ISBN 978-972-49-1592-0.

INE; LNEC (2013) - O Parque Habitacional e a sua Reabilitação - Análise e Evolução 2001-2011. Edição 2013. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P., Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P. ISBN 978-989-25-0246-5.

J. ROMA, Lda. (2020a) - Câmara Termográfica [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.jroma.pt/ttermografia_edificios.html>.

J. ROMA, Lda. (2020b) - Fissurómetro [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.jroma.pt/fissuras-e-deslocamentos.html>.

J. ROMA, Lda. (2020c) - Medidor Digital Económico Pull-Off Tester [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.jroma.pt/aderencia.html>.

J. ROMA, Lda. (2020d) - Sistema de Ultrasons [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.jroma.pt/ultrassons.html>.

JÚNIOR, Jerónimo Araújo Botelho (2006) - Avaliação Não Destrutiva da Capacidade Resistente de Estruturas de Madeira de Edifícios Antigos. Porto: FEUP. 208 p. Dissertação de Mestrado.

LEÃO, Bernardo Francisco de Brandão (2017) - Estudo da Durabilidade do Sistema ETICS em Paredes Exteriores através da Inspeção de Edifícios. Porto: FEUP. 152 p. Dissertação de Mestrado.

LEE, Kun-Mo; INABA, Atsushi (2004) - Life Cycle Assessment: Best Practices of ISO 14040 Series [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.apec.org/Publications/2004/02/Life-Cycle-Assessment-Best-Practices-of-International-Organization-for-Standardization-ISO-14040-Ser>.

LFC (200?) - Ensaios [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://web.fe.up.pt/~lfc-scc/ensaios.php>.

LIMA, Carla Augusta Evangelista (2009) - Análise de Anomalias. Métodos Simplificados. Porto: FEUP. 124 p. Dissertação de Mestrado.

LOPES, Tiago José Oliveira Lima Portugal (2005) - Fenómenos de Pré-Patologia em Manutenção de Edifícios: Aplicação ao Revestimento ETICS. Porto: FEUP. 346 p. Dissertação de Mestrado.

MALANHO, Sofia; VEIGA, Maria (2010) - Análise do Comportamento Mecânico em Laboratório e "In Situ" de Revestimentos Pré-Doseados de Cimento. In 3º Congresso Português de Argamassas de Construção. Lisboa: 2010. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.apfac.pt/congresso2010/comunicacoes/Paper%2012_2010.pdf>.

MEDEIROS, Raquel da Conceição Cabanelas (2010) - Reparação de Anomalias. Elaboração de Fichas de Intervenção. Porto: FEUP. 216 p. Dissertação de Mestrado.

MEDICALEXPO (2020) - Condutivímetro de Laboratório [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.medicalexpo.com/pt/prod/hanna-instruments/product-80622-649719.html>.

MENDONÇA, Luís Viegas (2005) - Condensações em Edifícios Arquitectura & Vida [Em linha]. 63: 71-74. [Consult. 27 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.spybuilding.com/private/admin/ficheiros/uploads/e8dc5decfe982c6b17b72cd8364ba972.pdf>.

MESQUITA, Carlos; LANÇA, Pedro (2008) - Levantamento, Inspecção e Ensaios para Avaliação da Segurança Estrutural de Edifícios Antigos, em Ponta Delgada, Açores. CINPAR2008 [Em linha]. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/homepage/Levantamento.pdf>.

MRA INSTRUMENTAÇÃO (2020) - Tomografia Sónica [Em linha]. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.mra.pt/industria/actualidade/promocao-universidades-2011---tomografia-sonica--inspeccao-e-diagnostico-estrutural-de-construcoes/>.

NUS (2020a) - Case 3 [Em linha]. [Consult. 8 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.hpbc.bdg.nus.edu.sg/?page_id=17205>.

NUS (2020b) - Maintainability of Buildings [Em linha]. [Consult. 8 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.hpbc.bdg.nus.edu.sg/>.

OZ (200?-a) - Ficha 1F 001: Ensaios Esclerométricos [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20001.pdf>.

OZ (200?-b) - Ficha 1F 008: Extracção de Carotes de Betão para Determinação das Características de Resistência [Em linha]. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20008.pdf>.

OZ (200?-c) - Ficha 1F 011: Ensaios com Macacos Planos para Avaliação do Estado de Tensão e das Características Mecânicas das Estruturas de Alvenaria [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20011.pdf>.

OZ (200?-d) - Ficha 1F 012: Levantamento Fotogramétrico de Monumentos e de Edifícios Antigos [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20012.pdf>.

OZ (200?-e) - Ficha 1F 013: Medição Expedita da Humidade Superficial em Paredes [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20013.pdf>.

OZ (200?-f) - Ficha 1F 014: Medição da Humidade no Interior de Paredes [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20014.pdf>.

OZ (200?-g) - Ficha 1F 015: Avaliação da Integridade de Elementos Estruturais pelo Método do Impacto-Eco [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20015.pdf>.

OZ (200?-h) - Ficha 1F 019: Medição Com o Alongâmetro de Deslocamentos em Juntas e Fissuras [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20019.pdf>.

OZ (200?-i) - Ficha 1F 020: Identificação de Sais em Eflorescências e na Água em Contacto com Construções [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20020.pdf>.

OZ (200?-j) - Ficha 1F 022: Avaliação da Taxa de Corrosão das Armaduras pela Técnica da Resistência de Polarização [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20022.pdf>.

OZ (200?-k) - Ficha 1F 023: Avaliação da Integridade de Elementos de Madeira [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20023.pdf>.

OZ (200?-l) - Ficha 1F 031: Monitorização da Abertura de Fissuras e Fendas com o Fissurómetro Simples [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20031.pdf>.

OZ (200?-m) - Ficha 1F 037: Monitorização de Vibrações por Meio de Micros-Sismógrafo [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20037.pdf>.

OZ (200?-n) - Ficha 1F 040: Medição de Vibrações à Distância Utilizando Tecnologia de Laser [Em linha]. [Consult. 24 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20040.pdf>.

OZ (2003) - Chame o ConstruDoctor! [Em linha]. [Consult. 8 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.oz-diagnostico.pt/_pt/brochuras/OJ.pdf>.

PATORREB (2004a) - Ficha 010 [Em linha]. [Consult. 16 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://patorreb.com/pt/default.asp?op=201&ficha=010>.

PATORREB (2004b) - Ficha 012 [Em linha]. [Consult. 16 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://patorreb.com/pt/default.asp?op=201&ficha=012>.

PATORREB (2004c) - Ficha 017 [Em linha]. [Consult. 8 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://patorreb.com/pt/default.asp?op=201&ficha=017>.

PAVÃO, Ricardo Costa (2016) - Catálogo de Técnicas de Diagnóstico em Edifícios Antigos. Lisboa: IST. 169 p. Dissertação de Mestrado.

PLUGGO (2017) - Patologias da Madeira [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.pluggo.pt/patologias/>.

PROCEQ (200?) - Esclerómetros Schmidt [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.proceq.com/pt/compare/schmidt-esclerometros/>.

RAMOS, Nuno Manuel Monteiro (2007) - A Importância da Inércia Higroscópica no Comportamento Higrotérmico dos Edifícios. Porto: FEUP. 486 p. Tese de Doutoramento.

ROCHA, Bruno Miguel Ribeiro (2008) - Simulação do Comportamento de Edifícios - Processo SIMULA. Porto: FEUP. 154 p. Dissertação de Mestrado.

RODRIGUES, Fernanda [et al.] (2018) - Building Life Cycle applied to Refurbishment of a Traditional Building from Oporto, Portugal. Journal of Building Engineering [Em linha]. 17: 84-95. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2018.01.010>. ISSN 2352-7102.

RODRIGUES, Rui Manuel Gonçalves Calejo (2001) - Gestão de Edifícios: Modelo de Simulação Técnico-Económica. Porto: FEUP. 269 p. Tese de Doutoramento.

RODRIGUES, Rui Manuel Gonçalves Calejo (2008) - Gestão do Património Edificado - Gestão de Edifícios. Curso de Pós-Graduação em Gestão Imobiliária. Porto: FEP. Consult. em 25 jun 2020. Disponível em WWW: <https://www.fep.up.pt/disciplinas/PGI922/Gest%C3%A3o%20de%20Edif%C3%ADcios-FEP-2008-PP.pdf>.

SILVA, José Mendes da (2002) - Alvenarias Não Estruturais: Patologias e Estratégias de Reabilitação. In Seminário sobre Paredes de Alvenaria. Porto: 2002. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: http://www.hms.civil.uminho.pt/events/alvenaria2002/Artigo%20Pag%20187-206.pdf>.

SILVESTRE, José; BRITO, Jorge (2008) - Inspecção e Diagnóstico de Revestimentos Cerâmicos Aderentes. Engenharia Civil [Em linha]. 67-82. [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.researchgate.net/publication/281242192_Inspeccao_e_Diagnostico_de_Revestimentos_Ceramicos_Aderentes>.

SOCIÉTÉ MODERNE D'ETUDES ÉLECTRONIQUES À VOIRON (2014) - Who needs a CT-Metre? [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://smee.fr/en/what-is-a-tc-meter/>.

SOUSA, Marília Margarida Ferreira de (2004) - Patologia da Construção - Elaboração de um Catálogo. Porto: FEUP. 199 p. Dissertação de Mestrado.

TEIXEIRA, Ana Sofia Moreira dos Santos Guimarães (2007) - Caracterização Experimental do Funcionamento de Sistemas de Ventilação da Base das Paredes para Tratamento da Humidade Ascensional. Porto: FEUP. 163 p. Dissertação de Mestrado.

TEST METER & TEST EQUIPMENT EXPERTS (2020) - Protimeter MMS2 Moisture Meter [Em linha]. [Consult. 21 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.test-meter.co.uk/protimeter-mms2-moisture-measurement-system/>.

TROTEC (2020) - Desumidificadores de Adsorção [Em linha]. [Consult. 18 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://pt.trotec.com/produtos-e-servicos/maquinas-homecomfort/desumidificacao/conhecimento-pratico-desumidificadores/resumo-dos-metodos-de-desumidificacao/desumidificadores-de-adsorcao/>.

VALE, Hélder Alexandre Martins (2011) - Metodologia da Manutenção de Edifícios – Mobiliário Incorporado na Construção (MIC). Porto: FEUP. 188 p. Dissertação de Mestrado.

VEIGA, Maria; MALANHO, Sofia (2013) - Isolamento e Impermeabilização de Fachadas: Contribuição dos Revestimentos. Construção Magazine [Em linha]. 54: [Consult. 25 jun 2020]. Disponível em WWW: <URL: https://www.researchgate.net/publication/324080644_Isolamento_e_impermeabilizacao_de_fachadas_contribuicao_dos_revestimentos>.

VIERO - TINTAS ROBBIALAC (2016) - ETICS Manutenção Disponível em WWW: <URL: https://tintasrobbialac.pt/media/files/manutencao-e-patologias-viero>.

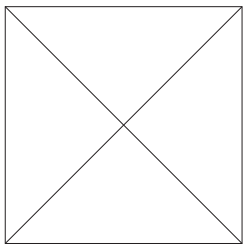
ANEXOS

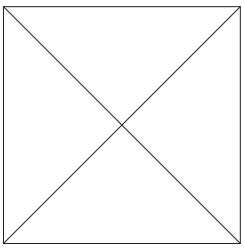
A1. MODELO DAS FICHAS DE REGISTO DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS

Título

Descrição da Anomalia

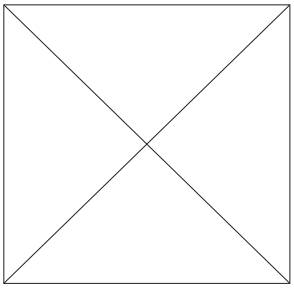
Apresentação da anomalia em estudo, manifestações observadas e sua gravidade, após inspeção visual e registo fotográfico.

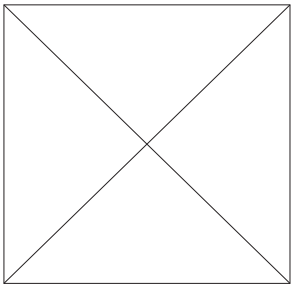


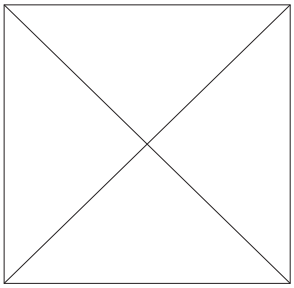


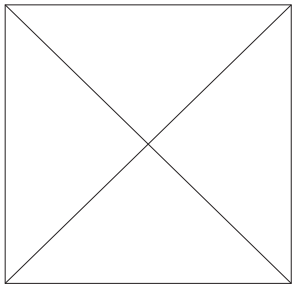
Descrição Construtiva e Localização do Elemento Afetado

Descrição construtiva do elemento afetado e data de construção, caso seja disponibilizada.
Localização geográfica do edifício e orientação das fachadas.



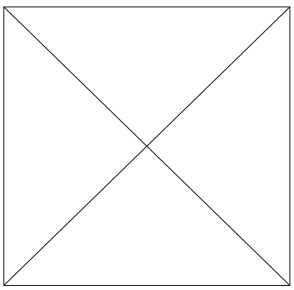


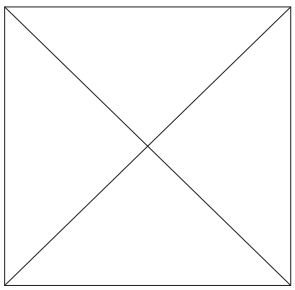


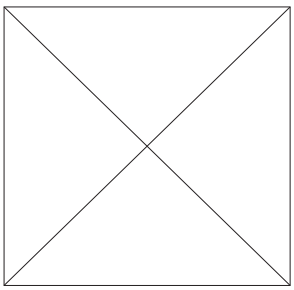


Ensaios e Sondagens In Situ/Laboratório

Listagem das técnicas de diagnóstico usadas para aferição de eventuais causas responsáveis pelo aparecimento da anomalia.
Nos exemplos apresentados, será feita referência aos ensaios aplicáveis, não sendo obrigatória a realização de todos; para casos semelhantes, a sua utilização estará dependente das escolhas do dono de obra e da sua adequabilidade.







Custo dos Ensaios

€ € € € €

Dificuldade dos Ensaios

● ● ● ○ ○

Causas da Anomalia

Listagem dos fenómenos responsáveis pelo aparecimento da anomalia, após observação visual da mesma e realização de ensaios e sondagens.
Nem sempre será fácil identificar concretamente as causas da anomalia, de maneira que serão apresentadas as mais prováveis.

Consequências da Anomalia

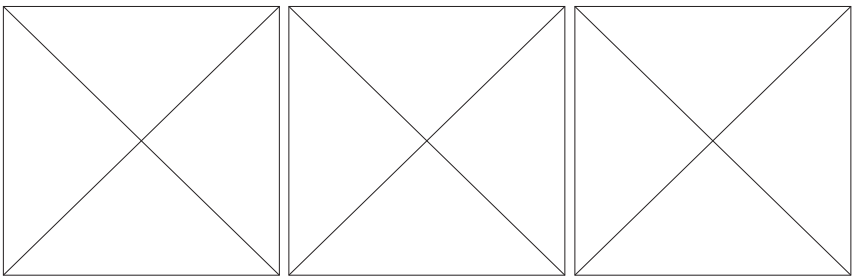
Listagem das prováveis anomalias e/ou implicações que surgirão caso a anomalia em estudo não seja monitorizada e tratada o mais cedo possível.
Importante referir que estas consequências poderão ser extrapoladas de outros casos semelhantes e, portanto, não ocorrerem.

Sugestões de Intervenção/Medidas Corretivas

Listagem das diferentes soluções de intervenção para tratamento da patologia e eventual comparação entre elas, após observação visual, realização de ensaios e sondagens e aferição das possíveis causas.
Nos exemplos apresentados, as soluções apresentadas não são exclusivas e poderá haver outras mais vantajosas quanto ao custo, ao grau exigencial e/ou à sua durabilidade. As escolhidas são, por norma, as mais frequentes e fiáveis.

Solução Adotada

Justificação da escolha da solução adotada e eventual listagem dos trabalhos efetuados, materiais e equipamentos utilizados.
Não será feita referência a marcas utilizadas, visto que essa escolha estará a cargo do dono de obra.



Grau Exigencial da Solução

●●●○○

Durabilidade da Solução

●●●○○

Monitorização do Comportamento da Intervenção

Listagem de ações de monitorização, manutenção e/ou reparação necessárias para o bom funcionamento da solução e, caso seja possível, recolha de informações sobre o seu desempenho, em datas a definir.

Análise Económica da Solução Adotada

Breve comparação qualitativa entre os custos das sugestões de intervenção apresentadas.
Caso seja possível, deverá ser apresentada informação relativa ao orçamento estimado e ao custo real da solução adotada, para se proceder à explicação de eventuais desvios orçamentais.

Orçamento Estimado

€€€€€

Custo Real

€€€€€

Literatura Complementar

Sugestão de livros, artigos, normas, websites ou outros documentos que possam aprofundar o estudo da patologia analisada e outras semelhantes.

A2. CASO DE ESTUDO 1: FISSURAÇÃO DO REVESTIMENTO EM "PASTILHA" CERÂMICA DA FACHADA DE UM EDIFÍCIO

Fissuração do Revestimento em "Pastilha" Cerâmica da Fachada de um Edifício

Descrição da Anomalia

Fissuração, sem orientação bem definida, de vários ladrilhos de um revestimento em "pastilha" cerâmica aplicado na fachada de um edifício de habitação.



Descrição Construtiva e Localização do Elemento Afetado

Alvenaria simples de tijolo furado, sem isolamento térmico, rebocada pelo interior e exterior e revestida pelo exterior com "pastilha" cerâmica.
Fachada orientada a Norte.

Ensaios e Sondagens In Situ/Laboratório

Fissurómetro – Medição dos deslocamentos num dado ponto das fissuras;
Medição da Inclinação do Revestimento;
Testemunhos de Gesso – Verificação da evolução da rejeição das fissuras ao longo de um determinado período;
Choque de Esfera – Avaliação da degradação ao choque do revestimento cerâmico;
Pull-Off – Avaliação da resistência de aderência à tração dos ladrilhos;
Ultra-Sons – Deteção da presença de fissuras interiores;
Ensaio de Percussão – Verificação das zonas onde os ladrilhos estão soltos ou parcialmente descolados;
Ensaio Termográfico – Deteção da presença de fissuras interiores.

Custo dos Ensaios

€ € € € €

Dificuldade dos Ensaios

● ● ○ ○ ○

Causas da Anomalia

- Variações higrotérmicas que provocaram um estado de tensões internas nos ladrilhos;
- Movimentos do suporte incompatíveis com a elasticidade do produto de colagem, com a resistência à tração da "pastilha" e com a dimensão das juntas;
- Retração da argamassa devido à hidratação do cimento, tracionando os ladrilhos;
- Contacto deficiente dos ladrilhos com o produto de colagem.

Consequências da Anomalia

- Descolamento e queda da "pastilha" em fachadas altas;
- Degradação do aspeto visual;
- Sensação de insegurança por parte dos utilizadores;
- Entrada de água da chuva no revestimento, degradação do material de assentamento e do suporte e aparecimento de eflorescências à superfície;
- Infiltrações para o interior do edifício, em fachadas e terraços.

Sugestões de Intervenção/Medidas Corretivas

Reabilitação do Revestimento em "Pastilha" Cerâmica – Caso se pretenda manter a solução inicial, terão de ser realizadas pequenas intervenções que permitam eliminar a anomalia, passando pela limpeza, preenchimento de fissuras, reparação de pontos de entrada de água, eventual substituição da "pastilha" e da camada de regularização.

Aplicação de sistema ETICS – Os sistemas de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS são constituídos por placas de isolamento térmico (EPS, tipicamente) coladas ao suporte (com produto de colagem e eventual fixação mecânica), revestidas por reboco delgado, em várias camadas, armado com rede de fibra de vidro e um acabamento final com revestimento plástico espesso.

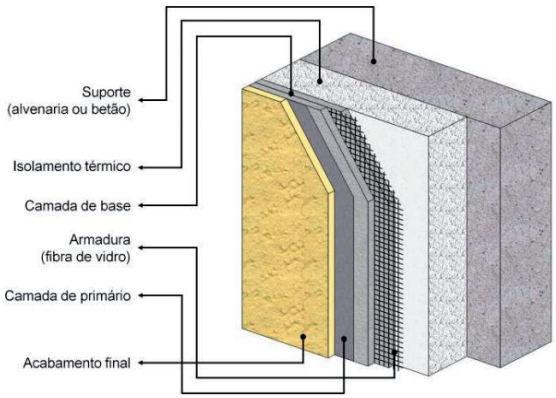
Aplicação de Fachada Ventilada – Sistema de isolamento térmico pelo exterior composto por um revestimento exterior descontínuo fixado a uma estrutura de suporte (paredes simples de tijolo, de betão moldado, etc.), através de uma estrutura intermédia. Entre o revestimento e a estrutura de suporte existe uma cavidade/caixa-de-ar, onde poderá existir isolamento térmico.

Secção de Construções Civis
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Solução Adotada

O sistema ETICS surge como uma solução bastante favorável, sendo que a sua aplicação implica os seguintes procedimentos:

- Montagem dos perfis de arranque e laterais;
- Aplicação da argamassa de colagem sobre a placa de isolamento;
- Colagem contínua das placas;
- Nivelamento das placas;
- Fixação mecânica das placas, após o endurecimento da argamassa de colagem;
- Aplicação de redes de reforço diagonais nos cantos das portas e janelas;
- Aplicação dos elementos de reforço das arestas das fachadas com argamassa de revestimento;
- Aplicação da argamassa de revestimento, em duas camadas;
- Aplicação da camada de primário;
- Aplicação do revestimento final (revestimento espesso colorido);
- Após secagem do acabamento, selar o remate da superfície deste com os elementos de contorno (caixilhos, platibandas, rufos, etc.) com mástique.



Grau Exigencial da Solução

●●●○○

Durabilidade da Solução

●●●○○

Monitorização do Comportamento da Intervenção

- Remoção de poeiras, manchas existentes e microrganismos;
- Aplicação de protetor de superfície (hidrofugante, fungicida, biocida);
- Preenchimento/colmatação de fissuras;
- Substituição parcial/integral do material de acabamento;
- Reparação imediata de anomalias devidas a atos de vandalismo (choques e perfurações), com reaplicação dos mesmos componentes do sistema;
- Aplicação de novo acabamento sobre o revestimento existente;
- Renovação da pintura, de 10 em 10 anos;
- Conservação e limpeza de pontos singulares que contribuam para a estanqueidade da fachada.

Análise Económica da Solução Adotada

O sistema ETICS foi a solução escolhida por ocultar as anomalias existentes e prevenir o aparecimento de outras, apesar de ter um custo inicial avultado quando comparado com a solução de RCA. Porém, a longo prazo, torna-se numa solução significativamente económica, dado que permite poupar bastante energia com aquecimento e arrefecimento das habitações.
A solução de fachada ventilada possui custos muito avultados comparativamente às outras duas sugestões de intervenção.

Orçamento Estimado

€€€€€

Custo Real

€€€€€

Literatura Complementar

- Manual ETICS, 2018 – APFAC;
- Patologias de Sistemas de Isolamento Térmico pelo Exterior do Tipo ETICS, 2014 – Vasco Peixoto de Freitas, Andreia Mota Miranda;
- Sistema de Inspeção e Diagnóstico de ETICS em Paredes, 2012 – Bárbara Amaro, Diogo Saraiva, Jorge de Brito;
- Inspeção e Diagnóstico de Revestimentos Cerâmicos Aderentes, 2008 – José Silvestre, Jorge de Brito.

Secção de Construções Civis
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

A3. CASO DE ESTUDO 2: MANCHAS DE BOLOR NA FACE INTERIOR DAS PAREDES DE UM QUARTO DE UMA HABITAÇÃO

Manchas de Bolor na Face Interior das Paredes de um Quarto de uma Habitação

Descrição da Anomalia

Aparecimento de manchas de bolor na face interior das paredes de um quarto, mais precisamente na ligação parede exterior/laje de nível intermédio.



Descrição Construtiva e Localização do Elemento Afetado

Alvenaria dupla de tijolo furado rebocada pelo interior e exterior com isolamento térmico, preenchendo parcialmente a caixa-de-ar.
Fachada orientada a Norte.

Ensaios e Sondagens In Situ/Laboratório

Inspeção Visual – Verificação da existência ou não de sistemas de ventilação e de aquecimento adequados;
Humidímetro – Medição do teor de humidade na superfície da parede;
Termómetro – Registo da temperatura do ar interior e exterior;
Higrómetro – Medição da humidade relativa do ar interior e exterior;
Anemómetro – Medição do caudal de ventilação;
Termografia – Medição de humidade no interior de paredes e observação da ponte térmica;
Desmontagem de Caixilharia – Observação da constituição construtiva da parede de fachada, com auxílio do boroscópio.

Custo dos Ensaios

€ € € € €

Dificuldade dos Ensaios

● ○ ○ ○ ○

Causas da Anomalia

Condensações Superficiais

• Existência de ponte térmica que propicia um abaixamento da temperatura superficial interior dessa zona relativamente à temperatura superficial interior das zonas correntes;
• Inexistência de um sistema de ventilação adequado;
• Sobreocupação da habitação, que conduz a uma elevada produção de vapor;
• Hábitos deficientes de utilização dos espaços pelos utilizadores (não acionar os dispositivos de ventilação mecânica, não manter fechadas as portas em compartimentos com grande produção de vapor de água, etc.);
• Temperatura do ar interior baixa.

Desenvolvimento de Bolores Superficiais

• Superfícies húmidas (verificação de condensações superficiais);
• Existência de uma quantidade significativa de oxigénio;
• Temperaturas situadas entre os 5ºC e 25ºC;
• Existência de nutrientes apropriados (açúcares, gorduras e celulose, muitas vezes presentes em determinados revestimentos);
• Ausência de sol;
• Ar calmo (nunca há muita circulação de ar na zona de ponte térmica).

Consequências da Anomalia

• Retenção de pó nas superfícies mais húmidas, nomeadamente na zona da ponte térmica;
• Libertação de odores desagradáveis;
• Desenvolvimento de doenças nos utilizadores, como micoses, alergias ou problemas respiratórios;
• Degradação do aspeto visual;
• Degradação dos revestimentos interiores (manchas nos cerâmicos, apodrecimento de revestimentos de madeira e cortiça, perda de brilho e amolecimento de certos revestimentos, descolamento de papéis de parede, descasque da pintura);
• Fissuração do revestimento interior.

Secção de Construções Civis
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

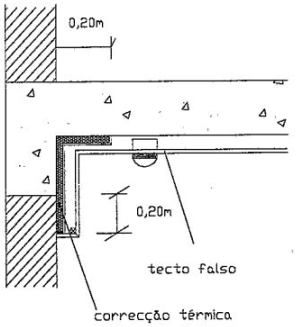
Sugestões de Intervenção/Medidas Corretivas

• Limpeza da superfície, através de lavagem esterilizante, e aplicação de um produto fungicida, seguido de pintura de superfície;
• Criação de um sistema de ventilação adequado com grelhas auto-reguláveis de admissão de ar nos quartos e sala e grelhas de extração de ar nos quartos de banho, que garantam um caudal de 60 m³/h; sendo o quarto um compartimento principal, o ideal será assegurar 1 renovação de ar/hora;
• Aquecimento da habitação, de modo a assegurar uma temperatura média entre 18ºC e 20ºC;
• Aplicação de sistema de isolamento térmico pelo exterior (sistema ETICS ou fachada ventilada) ou isolamento térmico pelo interior;
• Uso de aparelho de desumidificação para reduzir a humidade relativa do ar interior.

Solução Adotada

Das sugestões apresentadas anteriormente, a resolução do problema passa pela aplicação de todas (o isolamento térmico a aplicar será pelo interior ao longo da ponte térmica), com exceção do aparelho de desumidificação, que se torna prescindível quando as outras soluções são implementadas.





Grau Exigencial da Solução

●●○○○

Durabilidade da Solução

●●●●○

Monitorização do Comportamento da Intervenção

• Observação visual regular da zona anteriormente afetada;
• Registo regular dos valores de humidade relativa do ar interior e exterior;
• Registo regular das temperaturas do ar interior e exterior e temperatura superficial interior;
• Registo regular dos caudais de ventilação no quarto.

Nota: Os equipamentos necessários serão os já usados em “Ensaios e Sondagens In Situ/Laboratório”: humidímetro, termómetro, higrómetro e anemómetro.

Análise Económica da Solução Adotada

Após a análise das quatro tarefas a realizar, a aplicação de isolamento térmico pelo interior na zona de ponte térmica terá um custo de instalação significativamente elevado quando comparado com as restantes (é também a mais importante). O aquecimento em contínuo da habitação também comportará custos avultados ao longo do ano, concluindo-se que, globalmente, é uma solução bastante dispendiosa.

Orçamento Estimado

€€€€€

Custo Real

€€€€€

Literatura Complementar

• Recomendações Práticas para a Implementação de Sistemas de Ventilação Mistos em Edifícios de Habitação, 2008 – Vasco Peixoto de Freitas;
• NP 1037-1, 2002;
• Humidade Ascensional, 2008 – Vasco Peixoto de Freitas, Maria Isabel Torres, Ana Sofia Guimarães;
• NIT 003: Catálogo de Pontes Térmicas, 1999 – Helena Corvacho;
• www.patorreb.com.

Secção de Construções Civis
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO