



**André Filipe da
Silva Rocha**

**Durabilidade das Soluções de Reabilitação em
Edifícios de Habitação Social**



**André Filipe da
Silva Rocha**

**Durabilidade das Soluções de Reabilitação em
Edifícios de Habitação Social**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizado sob a orientação científica da Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e coorientação do Professor Doutor Aníbal Guimarães da Costa, Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

Dedico esta dissertação a todos aqueles que me ajudaram a chegar aqui.

o júri

presidente

Doutor Joaquim Miguel Gonçalves Macedo
professor auxiliar, Universidade de Aveiro

vogais

Mestre Maria Manuela de Carvalho Álvares
especialista, Domus Social, E.M.

Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues
professora auxiliar, Universidade de Aveiro

agradecimentos

O autor pretende expressar o seu agradecimento e reconhecimento a todos os que contribuíram para a elaboração desta dissertação.

À minha orientadora Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues por toda a paciência, pela atenção, pelo tempo disponibilizado, pela cedência de informação/ferramentas e pelos conselhos para que o trabalho fosse realizado desde o primeiro dia, sendo fundamentais para chegar ao fim.

Ao meu coorientador Professor Catedrático Aníbal Guimarães Costa pela paciência, pela atenção, pelo apoio e pelos aconselhamentos prestados, os quais foram necessários para elaboração deste documento.

À CMPH–DOMUS SOCIAL– Empresa de Habitação e Manutenção do Município do Porto, E.M., em especial ao grupo de técnicos que colaboraram no fornecimento de informação.

Ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro pela grande oportunidade que foi estudar Engenharia Civil neste grande mundo de conhecimento que é este departamento da Universidade.

Aos meus pais e irmão pelo sacrifício, dedicação, apoio e ajuda em tudo o que puderam durante todos estes anos.

À minha namorada, que me ajudou em tudo, desde a correção e acima de tudo ajudou a que nunca me faltassem forças e vontade de trabalhar.

Aos meus amigos, desde os de infância aos meus colegas de universidade, que me acompanharam desde o início da minha vida académica e me ajudaram a ultrapassar vários obstáculos.

palavras-chave

Habitação social; Anomalias; Conservação; Durabilidade; Manutenção; Metodologia de avaliação; Matriz de observação; FMECA; Método de Mosler; Nível de desempenho; Qualidade; Reabilitação.

resumo

Detentoras de um vasto património de edifícios de habitação social, as respetivas entidades gestoras têm, cada vez mais, que estabelecer planos que visem a sua reabilitação, manutenção e conservação. As ações de reabilitação pretendem atingir parâmetros de desempenho funcional equivalentes aos exigidos atualmente, sendo necessário optar por opções construtivas adequadas a cada situação, mas sobretudo, de elevada durabilidade. A análise das intervenções realizadas em edifícios de habitação social permite reconhecer quais as soluções que devem ser desenvolvidas ou mesmo alteradas, de forma a proporcionar soluções duráveis que respondam aos requisitos de qualidade e de conforto estabelecidos. Tendo como objeto de estudo o Bairro Rainha D. Leonor, do parque de habitação social municipal da entidade CMPH – Domus Social – Empresa de Habitação e Manutenção do Município do Porto, EM, estabeleceu-se como objetivos, estudar as anomalias nos edifícios já reabilitados da amostra; adaptar uma metodologia de avaliação para verificar o estado de conservação dos edifícios; estudar a durabilidade de soluções de reabilitação dos edifícios; analisar fatores de degradação e de desenvolvimento dos modelos de degradação; indicar soluções de reabilitação com maior durabilidade.

Além de inspeções e diagnósticos efetuados a uma amostra de 18 habitações deste bairro, efetuaram-se entrevistas aos moradores que permitiram analisar a sua perceção quanto ao desempenho das suas habitações, bem como a evolução de anomalias desde a data da reabilitação do fogo até à das entrevistas. Regista-se o desconforto sentido, tanto na estação de aquecimento como na de arrefecimento, bem como a avaliação negativa das condições acústicas. A maioria dos inquilinos indicou os vãos envidraçados como sendo a causa dos problemas mais graves que se verificam. Conclui-se também, que as prioridades de intervenção neste bairro são os vãos envidraçados, incluindo a sua substituição por sistemas cujo material seja resistente às ações climatéricas (logo com maior durabilidade e menor necessidade de intervenções de manutenção), de fácil operação pelos habitantes e com bom desempenho térmico, bem como a implementação de soluções de peitoris e soleiras que não permitam a ocorrência de infiltrações.

keywords

Social Housing; Anomalies; Maintenance condition; Durability; Maintenance; Evaluation methodology; Observation matrix; FMECA; Mosler method; Performance level Quality; Rehabilitation;

abstract

With a great number of social housing, setting an important legacy, the responsible for its management have currently more concern in establishing plans for its rehabilitation and maintenance. The rehabilitation actions intend to reach functional performance parameters with equivalent results as the ones that are presently requested. So, it is necessary to select adequate constructive options for each situation, but mostly with high durability. The analysis of the interventions carried out in social housing permits to recognize which solutions must be developed or modified, to provide durable solutions that answer to the established requirements of quality and comfort. The object of study is Rainha D. Leonor neighbourhood, of the municipal social housing park under the responsibility of CMPH - Domus Social - Company of Habitation and Maintenance of the City of Oporto, EEM. The objectives established are: to study the anomalies in the rehabilitated buildings of the sample; to adapt an evaluation methodology to verify the buildings' state of conservation; to study the durability of rehabilitation solutions of the buildings; to analyse degradation factors and the development of degradation models; to indicate solutions of rehabilitation with higher durability.

Beyond the inspection and diagnosis of 18 buildings of that neighbourhood it was done an interview to the inhabitants that allowed to analyse its insight of its home performance, as well as the evolution of anomalies since the date of the rehabilitation until these interviews. It is highlighted the thermal discomfort either in heating as in cooling season, and the negative evaluation of the acoustics conditions of the buildings. The majority of the inhabitants indicated the glazed areas as being the main cause of the most serious recorded problems. It was also concluded that the priorities of intervention in this neighbourhood are the glazed areas, including its substitution for systems with material resistant to the climate actions (with higher durability and fewer need of maintenance interventions), with easy operation for the inhabitants and with good thermal performance, as well as the implementation of waterproofing solutions of sills and doors-sills.

Índice Geral

Índice Geral	I
Índice de Figuras	V
Índice de Tabelas	VII
Lista de Acrónimos	IX
Capítulo 1. Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	3
1.1.1. <i>Habitação social no Porto</i>	3
1.2. Objeto de estudo	7
1.3. Objetivos.....	7
1.4. Metodologia	8
1.5. Estrutura do texto.....	9
Capítulo 2. Anomalias e Mecanismos de Degradação	11
2.1. Anomalias em edifícios.....	13
2.2. Princípios gerais de diagnóstico de anomalias.....	14
2.3. Causas das anomalias	17
2.3.1. <i>Causas de anomalias de origem humana</i>	17
2.3.2. <i>Causas de anomalias de origem natural</i>	18
2.4. Desempenho do edifício	19
2.5. Anomalias de uma habitação.....	21
2.6. Anomalias frequentes.....	23
Capítulo 3. Durabilidade e Vida Útil	31
3.1. Conceito de durabilidade	33
3.2. Indicadores de durabilidade.....	34
3.3. Fatores que influenciam a durabilidade.....	35
3.4. Vida útil e os requisitos para a sua avaliação.....	37
3.5. Metodologia de previsão da vida útil	38
3.5.1. <i>Medições por envelhecimento natural</i>	40
3.5.2. <i>Medições por ensaios de envelhecimento acelerado</i>	41
3.5.3. <i>Métodos determinísticos</i>	41
3.5.4. <i>Métodos estatísticos</i>	42
3.5.5. <i>Modelos de engenharia</i>	42
3.6. Fim da vida útil	51
3.7. Manutenção na vida útil das construções	52
3.7.1. <i>Manutenção proactiva</i>	52
3.7.2. <i>Manutenção reativa</i>	54

Capítulo 4. Caso de estudo: Bairro Rainha D. Leonor	57
4.1. Projeto do Bairro Rainha D. Leonor	59
4.2. Metodologia	66
4.2.1. Amostra	66
4.2.2. Entrevistas	69
4.2.3. Fichas e relatórios de inspeção	73
4.2.4. Análise das anomalias registadas	74
4.2.5. Níveis e estado de conservação	81
4.3. Curvas de degradação	88
4.4. Reabilitação dos vãos envidraçados	91
Capítulo 5. Considerações finais e trabalhos futuros	103
5.1. Considerações finais	105
5.2. Dificuldades encontradas	105
5.3. Conclusões finais	106
5.4. Trabalhos futuros	107
Referências Bibliográficas	111
Anexos	119
Anexo A: Entrevista do edifício M habitação 42-48	121
Anexo B: Ficha de anomalia do edifício M habitação 42-48	125
Anexo C: Relatório de anomalias do edifício M habitação 42-48	135
Anexo D: Curvas de degradação	145

Índice de Figuras

Figura 1 – Localização dos bairros sociais construídos entre 1901 e 1956	6
Figura 2 – Combinação de resultados para intervenções corretivas.....	16
Figura 3 – Distribuição das anomalias frequentes.....	24
Figura 4 – Distribuição das anomalias pelo custo de reparação.....	25
Figura 5 – Distribuição de anomalias nos edifícios	26
Figura 6 – Efeitos das anomalias no desempenho dos edifícios	26
Figura 7 – Atribuição de anomalias	27
Figura 8 – Tipo de anomalias	27
Figura 9 – Elementos afetados.....	28
Figura 10 – Desempenho hipotético em função do tempo	37
Figura 11 – Metodologias de previsão da vida útil.	39
Figura 12 – Fluxograma da análise FME(C)A	44
Figura 13 – Relação entre a perda de desempenho e o período de vida útil do edifício	51
Figura 14 – Curva de desempenho de um edifício ao longo da sua vida útil	52
Figura 15 – Localização do caso de estudo.....	59
Figura 16 – Fotografia do Bairro Rainha D. Leonor no Porto com a ampliação à esquerda e à direita o bairro original.....	60
Figura 17 – Tipologias após a reabilitação.....	62
Figura 18 – Desenho relativos ao projeto de tipologia T1.....	63
Figura 19 – Desenhos relativos ao projeto da tipologia T2.....	63
Figura 20 – Desenhos relativos ao projeto da tipologia T3.....	64
Figura 21 – Habitações analisadas.....	68
Figura 22 – Exemplo de uma parte da ficha de inspeção utilizada.	73
Figura 23 – Exemplo de registo e avaliação de anomalias no relatório de inspeção.....	74
Figura 24 – Anomalias em fachadas e empenas	75
Figura 25 – Anomalias em vãos envidraçados e cantarias.....	75
Figura 26 – Anomalias em áreas interiores.....	76
Figura 27 – Câmara termográfica	78
Figura 28 – Imagens captadas com câmara termográfica	78
Figura 29 – Equipamento utilizado TRAMEX CRH	79
Figura 30 – Vão de janela	79
Figura 31 – Medições de humidade em parede sob o vão de janela.....	80
Figura 32 – Mancha de humidade e escorrências na parede sob o vão envidraçado	81
Figura 33 – Avaliação das fachadas e empenas.....	86
Figura 34 – Avaliação dos vãos envidraçados	87
Figura 35 – Avaliação das áreas interiores	87
Figura 36 – Avaliação do global do edifício.....	87

Figura 37 – Esquema dum caixilho em que A representa o perfil longitudinal e B transversal	92
Figura 38 – Exemplo de etiqueta SEEP.....	95
Figura 39 – Características presentes na norma francesa	99
Figura 40 – Características presentes na norma francesa (cont.)	100
Figura 41 – Exemplo de impermeabilização	100

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Avaliação da qualidade da habitação, normas e critérios	15
Tabela 2 – Agentes que afetam a vida dos materiais e componentes de construção serviço	18
Tabela 3 – Agentes que afetam a vida dos materiais e componentes de construção serviço (cont.)	19
Tabela 4 – Exigências do utilizador	20
Tabela 5 – Requisitos funcionais.....	21
Tabela 6 – Anomalias estruturais	22
Tabela 7 – Anomalias não-estruturais	22
Tabela 8 – Anomalias não-estruturais (cont.).....	23
Tabela 9 – Vida útil dos produtos em função da durabilidade das construções	34
Tabela 10 – Valores mínimos do tempo de vida útil estimada para os produtos da construção	35
Tabela 11 – Fatores que influenciam a durabilidade.....	35
Tabela 12 – Fatores que influenciam a durabilidade (cont.)	36
Tabela 13 – Itens de aplicação do FMEA	45
Tabela 14 – Classificação da ocorrência do efeito do modo de falha	45
Tabela 15 – Classificação da ocorrência do efeito do modo de falha (cont.)	46
Tabela 16 – Classificação da gravidade do efeito do modo de falha	46
Tabela 17 – Classificação da gravidade do efeito do modo de falha (cont.)	47
Tabela 18 – Exemplo de classificação da deteção do efeito do modo de falha.....	47
Tabela 19 – Aplicação do FMECA.....	47
Tabela 20 – Classificação dos parâmetros do método de Mosler.....	49
Tabela 21 – Exemplo de aplicação do método de Mosler	50
Tabela 22 – Classes de risco - método de Mosler	50
Tabela 23 – Especificações dos elementos e alterações introduzidas	65
Tabela 24 – Especificações dos elementos e alterações introduzidas (cont.).....	66
Tabela 25 – Reclamações frequentes	67
Tabela 26 – Reclamações frequentes (cont.).....	68
Tabela 27 – Identificação das habitações analisados	69
Tabela 28 – Critérios de avaliação das entrevistas	69
Tabela 29 - Critérios de avaliação das entrevistas (cont.)	70
Tabela 30 – Escala de valoração do desempenho.....	71
Tabela 31 – Avaliação do nível de desempenho do edifício.....	71
Tabela 32 – Resultados das entrevistas	72
Tabela 33 – Média da percentagem de afetação das anomalias por as diferentes fases.....	76
Tabela 34 – Média da percentagem de afetação das anomalias por as diferentes fases.....	77
Tabela 35 – Níveis de conservação.....	81

Tabela 36 – Exemplo do sistema utilizado para a determinação do grau de conservação.....	82
Tabela 37 – Exemplo do quadro de avaliação global de elemento afetado	83
Tabela 38 – Exemplo do FMECA	83
Tabela 39 – Avaliação dos edifícios pelo FMECA e pelo método de Mosler.....	84
Tabela 40 – Avaliação dos edifícios pelos dois métodos	84
Tabela 41 – Avaliação dos edifícios pelos dois métodos (cont.).....	85
Tabela 42 – Curvas de degradação dos vãos envidraçados dos edifícios.....	89
Tabela 43 – Curvas de degradação dos vãos envidraçados dos edifícios (cont.)	90
Tabela 44 – Curvas de degradação dos vãos envidraçados dos edifícios (cont.).....	91
Tabela 45 – Características essenciais de uma janela	94
Tabela 46 – Características relevantes dos quatro tipos principais de caixilharia	96
Tabela 47 – Características relevantes dos quatro tipos principais de caixilharia.....	97
Tabela 48 – Características dos tipos de vidros	98
Tabela 49 – Características dos peitoris e das soleiras	99
Tabela 50 – Características geométricas dos peitoris.....	100
Tabela 51 – Técnicas de reabilitação	101

Lista de Acrónimos

A	Probabilidade
AQC	Agence Qualité Construction
BRE	Building Research Establishment
CEN	European committee for standardization
CMP	Câmara Municipal do Porto
CMPH	Câmara Municipal do Porto – Habitação
D	Danos Causado
E	Extensão
EM	Empresa Municipal
ER	Evolução de Risco
EOTA	European Organisation for Technical Assessment
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
FMECA	Failure Modes Effects and Criticality Analysis
F	Função
I	Importância de sucesso
ISO	International Organization for Standardization
M	Magnitude
NP	Norma Portuguesa
P	Profundidade
Pe	Perda esperada
PER	Programa especial de realojamento
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RGEU	Regulamento Geral das Edificações Urbanas
RRAE	Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.
SEEP	Sistema de etiquetagem energética de produtos
S	Substituição
SYCODÉS	Système de Collecte des Désordres
V	Vulnerabilidade

Capítulo 1

Introdução

Capítulo 1. Introdução

1.1. Enquadramento

A habitação social surgiu no início da revolução industrial, devido ao grande aumento de população nos centros urbanos. No ano de 1864, em Lisboa, existiam 90 391 habitantes, mas passados 25 anos a população da cidade rondava os 200 000 (Matos, 1994).

A revolução industrial provocou nestas cidades (Porto e Lisboa) grandes mudanças, observando-se em 1890 que cerca de um terço da população era constituída por pessoas de origem rural, que tinham emigrado para as cidades em busca de trabalho nas indústrias. Foram assim, construídas habitações de baixo custo, por construtores privados e numa escala reduzida, gerando uma desproporção entre a oferta e a procura de habitação, provocando condições precárias e insalubres nestes novos alojamentos, devido à sobreocupação dos edifícios existentes, sendo necessário construir novas habitações.

A construção de habitação de baixo custo por autoridades locais e pelo governo central, iniciou-se apenas no início do século XX, visto que até este período, tinham sido construídas sobretudo por construtores privados.

Entre 1880 e 1940, a maior parte dos países europeus teve necessidade de elaborar estratégias para resolver o problema da necessidade de habitação de baixo custo, perante a consciencialização sobre a crise habitacional nas cidades. Neste intervalo de tempo ocorreram distintas intervenções no parque habitacional público, distinguindo-se vários períodos na história política, económica e social de Portugal, influenciando as estratégias de habitação, formuladas em cada um deles (Teixeira, 1992).

1.1.1. Habitação social no Porto

No final do século XIX, na cidade do Porto, e como já referido anteriormente, uma percentagem significativa da população vivia em habitações de baixo custo, alojamentos estes que não ofereciam condições mínimas de segurança e

salubridade, estando sobrelotados e apresentando condições degradantes de habitabilidade (Matos, 1994).

Em 1880, os municípios de Lisboa e Porto adotaram uma série de medidas tendo em vista um melhoramento das condições sanitárias, visto que as posturas municipais publicadas pela Câmara Municipal do Porto, levantaram uma preocupação crescente quanto ao controlo da proliferação das “ilhas” (Restivo, 2014). O nome de “ilhas” surgiu para referenciar as fileiras de casas pequenas de um único piso, perpendiculares à rua, com poucas infraestruturas e que ocupavam lotes estreitos, situados nas traseiras das habitações da classe média, sendo esta a principal solução para o problema habitacional da classe operária, visto que o capital dos investidores era reduzido, assim como os salários dos operários (Teixeira, 1992). No final do século XIX, perto de 30% da população do Porto residia em “ilhas”, e em 1939 aproximadamente 20% continuava a residir nelas, sem condições satisfatórias de higiene e de salubridade (Pimenta et al., 2001). No princípio do século XX foi publicado o Regulamento Geral de Saúde e posteriormente uma outra norma, o Regulamento de Salubridade das Edificações Urbanas, tendo como objetivo tentar dissuadir o alargamento e a construção de novas “ilhas” (Teixeira, 1992).

Existiam também, algumas experiências de habitação para resolver a crise da classe operária, construídas por algumas indústrias, embora com muito pouca relevância (Pimenta et al., 2001). Por este motivo, as primeiras propostas legislativas recorreram a soluções como o modelo da “casa individual”, construída num único piso e com um jardim independente, sendo esta a forma de habitação destacada pela maior parte dos reformadores e legisladores oitocentistas. Contudo, a escassez de terrenos e o seu alto custo, gerou o aparecimento de outros tipos de habitação, nomeadamente habitações geminadas, de um ou dois andares, ou habitações em banda (Teixeira, 1992).

A cidade do Porto foi a primeira do país a construir quatro bairros para as classes operárias, adotando o modelo descrito por Teixeira (1992), de 1918 a 1933, realizando várias construções de habitação unifamiliar.

A partir de 1935, com o país já em plena ditadura militar, sucede-se a regulamentação publicada pela administração do Governo, cujo regime de propriedade dava a oportunidade aos moradores de pagarem em prestações, durante um período de 20 anos, e ao fim desse tempo tornavam-se proprietários das mesmas. A política habitacional do Governo (Estado Novo) dirigia-se fundamentalmente à classe média, tendo em conta que o “programa casas económicas” era o mais apetecível, pois a solução da moradia com quintal e o incentivo da casa própria regiam-se por um propósito político e ideológico tentando assim resolver as carências habitacionais (Restivo, 2014).

Devido às impossibilidades de enquadramento no “programa casas económicas” e ao reconhecimento das necessidades que existiam, decretaram, em 1938, o regime das “casas desmontáveis”, que consistiam num conjunto de construções precárias, com o objetivo de, mais tarde, serem demolidas e substituídas por construções de melhor qualidade (Matos, 1994).

No seguimento de um inquérito realizado em 1939 foram inventariadas 13.594 casas, nas quais 3.700 poderiam ser melhoradas, mas as restantes tinham que ser demolidas para serem substituídas por novas construções (Teixeira, 1992).

É de salientar que, em 1938 o município do Porto deu início à construção do Bloco Duque de Saldanha, o primeiro edifício de habitação social do Porto, com dois blocos de quatro pisos (Almeida, 2011). Estes edifícios não coincidem com a política e a ideologia do Estado Novo em matéria de habitação, devido à sua tipologia e à sua localização no centro da cidade do Porto. Com os problemas, levantados pelo regime, o município viu-se forçado a construir conjuntos unifamiliares (ao abrigo do “programa casa desmontáveis”, que mais tarde foi renomeado “programa das casas para famílias pobres”), em áreas distantes da zona central da cidade, como o Bairro de Rebordões e o Bairro da Corujeira (atualmente chamados S. João de Deus e S. Vicente de Paulo, respetivamente) (Restivo, 2014).

O Bairro S. Vicente de Paulo foi posteriormente ampliado com a construção de dois blocos com três pisos, obtendo-se uma solução, ainda que reduzida, de habitação multifamiliar. Por esta altura, para criar mais soluções multifamiliares,

estava em vigor. Porém, este programa foi extinto em 1976, tendo ficado aquém do previsto (Restivo, 2014).

A partir de 1980 a construção de habitação social pública abrandou, pois foram criadas medidas para encorajar o setor privado. Com o aparecimento do Programa Especial de Realojamento (PER), em 1990, vários conjuntos habitacionais foram construídos, mas outros foram demolidos.

Atualmente, perante um vasto património de bairros sociais, a sua reabilitação, manutenção e conservação, são preocupações prementes das entidades gestoras. As reabilitações visam atingir níveis de desempenho funcional exigidos na data da sua execução, sendo necessário optar por opções construtivas adequadas a cada situação, mas sobretudo de elevada durabilidade (Prizio, 2015).

A prevenção do surgimento de anomalias é realizada através de uma estratégia de manutenção preventiva e de inspeção dos edifícios, que bem articuladas previnem e melhoram a qualidade dos edifícios, bem como a qualidade de vida de quem os habitam (Oliveira & Filho, 2013).

1.2. Objeto de estudo

O objeto de estudo desta dissertação é o Bairro Rainha D. Leonor (Agrupamento Habitacional) do parque de habitação social municipal sob a gestão da entidade CMPH – Domus Social – Empresa de Habitação e Manutenção do Município do Porto, EM, localizada, na cidade do Porto.

1.3. Objetivos

A análise das intervenções realizadas em edifícios de habitação social permite reconhecer quais os requisitos que devem ser desenvolvidos ou mesmo alterados, de forma a proporcionar uma melhor qualidade e condições de salubridade habitacional.

Na temática das anomalias pós-ocupacionais e, tendo em conta o objeto de estudo selecionado, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

- Estudar as anomalias nos edifícios da amostra já reabilitados;
- Adaptar uma metodologia de avaliação para verificar o estado de conservação dos edifícios;

- Estudar a durabilidade de soluções de reabilitação dos edifícios;
- Analisar fatores de degradação e de desenvolvimento dos modelos de degradação;
- Indicar soluções de reabilitação com maior durabilidade.

Para atingir os objetivos propostos foi necessário realizar as seguintes ações:

- Identificar as principais anomalias existentes na amostra;
- Diferenciar os principais critérios/requisitos de avaliação;
- Analisar diferentes métodos de avaliação da degradação;
- Analisar as anomalias pelos métodos propostos;
- Determinar as prioridades de intervenção;
- Sugerir estratégias de reabilitação adequadas às anomalias identificadas.

1.4. Metodologia

Para se alcançarem os objetivos propostos iniciou-se uma pesquisa bibliográfica, incidindo sobre o Parque Habitacional Social Nacional e da cidade do Porto, abordando os mecanismos de degradação e a durabilidade dessas mesmas soluções. Efetuou-se ainda um estudo no âmbito da habitação social, no qual foram analisadas as soluções de reabilitação adotadas em diferentes edifícios.

Prosseguiu-se, para uma inspeção no Bairro Rainha D. Leonor (do Parque Habitacional da cidade do Porto, sob a gestão da entidade Domus Social, EM), realizando entrevistas aos moradores, e inspeção aos edifícios, aplicando fichas e relatórios de anomalias previamente desenvolvidos e adaptados por uma equipa técnica do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro (Simões et al., 2015) e por Rodrigues (2008), e aplicando também métodos de análise de degradação de elementos construtivos. Desta forma, foi então possível indicar e desenvolver soluções para os diferentes problemas dos edifícios, garantindo uma maior durabilidade e menores custos de manutenção, durante o seu período de vida útil.

1.5. Estrutura do texto

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, sendo que os cinco primeiros incidem sobre a análise bibliográfica das diferentes temáticas que justificam e suportam o trabalho desenvolvido.

Apresenta-se de seguida a descrição resumida de cada um dos capítulos.

Capítulo 1 – contextualização do objeto de estudo, e do setor da habitação social na cidade do Porto. Especificam-se os objetivos do trabalho, sintetizando a respetiva metodologia de desenvolvimento e a sua estrutura.

Capítulo 2 – análise das anomalias na construção, apresentando os princípios gerais de diagnóstico, as suas causas e consequências no desempenho dos edifícios. Abordam-se também as principais causas que estão na origem das anomalias, bem como os elementos construtivos afetados.

Capítulo 3 – desenvolvimento do conceito de durabilidade. Apresenta-se também a evolução da temática e seu enquadramento normativo a nível internacional e nacional. Expõem-se classificações, descrevem-se os parâmetros da avaliação da durabilidade, definindo-se o conceito de “Fim da Vida Útil” dos produtos da construção e dos edifícios. Expõem-se também alguns métodos de avaliação e análise das construções e explica-se o motivo da utilização, ao caso de estudo, do FMECA e do método de Mosler.

Capítulo 4 – apresentação dos resultados da aplicação das entrevistas, da inspeção e dos respetivos métodos utilizados. Apresentam-se também curvas de degradação e técnicas de reabilitação para a principal anomalia identificada no caso em estudo.

Capítulos 5 – conclusões retiradas dos resultados obtidos e linhas de investigação futura.

Capítulo 2

*Anomalias e Mecanismos de
Degradação*

Capítulo 2. Anomalias e Mecanismos de Degradação

2.1. Anomalias em edifícios

Algumas das anomalias ocorrem, entre outros, devido a erros ou omissões que se registam desde a fase de projeto até à fase de construção, prejudicando no futuro o desempenho dos edifícios. Geram-se da conjugação de vários fatores, sendo que o desenvolvimento de uma metodologia de verificação das respetivas causas é difícil (Paiva et., 2006).

Face à dificuldade de identificação dos motivos das anomalias, procura-se reconhecer os diferentes tipos de fenómenos e as causas mais comuns, por intervirem diretamente ou indiretamente no seu desenvolvimento. Assim, é de crucial importância conhecer as variadas origens que conduzem ao aparecimento de anomalias, que podem ser (Chaves, 2009):

- Congénitas – responsáveis pela grande parte das anomalias registadas em edificações, são originárias da fase de projeto em função da não observância das normas técnicas, ou de erros e omissões dos projetistas, que resultam em falhas no detalhe e conceção inadequada;
- Construtivas – originárias da fase de execução da obra, resultante de mão-de-obra desqualificada, de produtos não certificados e da ausência da metodologia correta para execução dos trabalhos, sendo também responsáveis por grande parte das anomalias em edificações;
- Adquiridas – quando ocorrem durante a vida útil dos materiais, resultantes da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser decorrentes de ações naturais, provenientes da agressividade do meio, ou da ação humana, em função de manutenção inadequada ou de uma má execução;
- Acidentais – caracterizadas pela ocorrência de fenómenos atípicos, consequentes de condições meteorológicas invulgares, como a ação da chuva com ventos de intensidade superior ao normal, incêndios, explosões, etc.

Tendo em conta este tipo de classificação é fundamental ter uma metodologia que facilite o diagnóstico e, conseqüentemente, a resolução da anomalia.

2.2. Princípios gerais de diagnóstico de anomalias

A habitação, para ser sinónimo de qualidade, tem que possuir as características satisfatórias para o seu utilizador. A forma de avaliar o grau de satisfação é confirmar através de uma série de aspetos estabelecidos num formulário. Assim, a existência de métodos de avaliação das habitações, após a ocupação, permite identificar os aspetos arquitetónicos e construtivos mais problemáticos, para que, posteriormente, possam ser melhorados ou alterados, de modo a conferirem mais qualidade à habitação (Rodrigues, 2008).

Perante a ocorrência de anomalias na construção, o desempenho do edifício fica comprometido e o estabelecimento de um diagnóstico é fundamental para conseguir uma solução adequada, eliminando a(s) causa(s) de forma a melhorar a qualidade do mesmo.

Para a determinação fiável das anomalias de uma habitação é necessário realizar as seguintes etapas (Thomsen, 2014):

1. Anamnese

A anamnese consiste na recolha de dados históricos e atuais relevantes para a identificação da natureza e da saúde dos edifícios residenciais, mas também, de dados desde o início da construção até às últimas renovações que foram realizadas. Para se realizar uma avaliação da qualidade da habitação, como se representa na Tabela 1, é necessário obter registo de propriedade, de construção, de projeto, dos relatórios sobre eficiência energética, da qualidade dos materiais utilizados e das inspeções feitas aos edifícios.

Tabela 1 – Avaliação da qualidade da habitação, normas e critérios
(Fonte: adaptado de Thomsen, 2014)

	Normas	Critérios relativos	Fontes de dados do projeto
Geral	-Regimes de propriedade; -Regulamentos de habitação; -Sistemas de classificação geral.	- Critérios gerais de classificação e avaliação.	-Portfólio da propriedade.
Técnico/físico	-Código de construção; -Normas técnicas e regulamentares; -Eficiência energética.	-Requisitos de avaliação; -Requisitos de eficiência energética.	-Inspeções; -Registo de manutenções; -Reclamações dos residentes; -Certificação energética.
Funcional	-Código de construção; -Requisitos funcionais.	-Avaliação funcional; -Requisitos de certificado de qualidade.	- Resultados da avaliação funcional; -Registo de locação; -Satisfação dos residentes; -Entrevistas de saídas.
Económico	-Regimes de aluguer de edifícios de habitação.	-Critérios de avaliação da propriedade; -Sistemas de avaliação do desempenho.	-Valor da propriedade; -Pontuação de desempenho; -Balanço económico; -Rendimento.

2. Diagnóstico

O diagnóstico é a procura sistemática da natureza e possíveis causas dos problemas das habitações, começando com a análise dos sintomas registados na anamnese. Para este ser eficiente e confiável deve abranger causas relevantes e influências do problema central realçando algumas estratégias de intervenção, sendo fundamental para saber qual o grau de anomalias presentes nos edifícios (Figura 2).

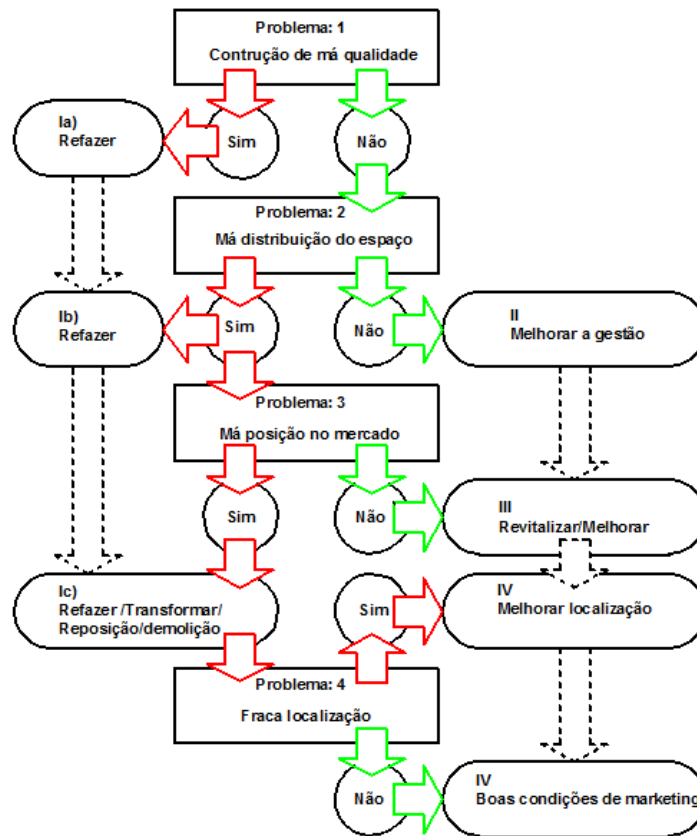


Figura 2 – Combinação de resultados para intervenções corretivas
(Fonte: adaptado de Van Kempen et.al, 2006 citado por Thomsen & Flier, 2011)

3. Plano de soluções

Uma das maiores dificuldades para a resolução de anomalias é a escolha adequada de soluções, considerando os diferentes interesses e objetivos: baixa ou elevada durabilidade, consequências, riscos e fiabilidade, investimento e retorno.

Baseia-se numa estratégia para atingir os objetivos principais e, para a resolução com qualidade dos problemas identificados. Para ser viável deve comparar os métodos a utilizar, as alternativas e as opções, do ponto de vista técnico e económico.

4. Avaliação e prevenção

É muito importante a avaliação da solução escolhida, verificar se foi bem aplicada e avaliar o seu grau de sucesso. Com uma ação cada vez mais internacional, os fabricantes de materiais e sistemas de construção mostram preocupação com a garantia de durabilidade dos seus produtos, oferecendo

garantias, combinando os requisitos de instalação, de operação, de manutenção e de serviços.

2.3. Causas das anomalias

As causas das anomalias podem ser de várias origens: de origem humana e não-humana que, separadamente ou em conjunto danifica e/ou fragiliza o edifício.

2.3.1. Causas de anomalias de origem humana

Os erros humanos são os mais importantes do ponto de vista do aparecimento de irregularidades e no desenvolvimento destas na construção, podendo ser de várias ordens de grandeza e ocorrerem nas diferentes fases do projeto. Os principais fatores, potencialmente geradores de anomalias nos edifícios habitacionais, de acordo com a fase em que ocorrem, são (Paiva et al., 2006):

1. Fase de conceção e projeto – É muito importante delimitar a intervenção e a elaboração de elementos que permitam a execução das obras, podendo as anomalias ter a seguinte origem:
 - Ausência de projeto;
 - Má conceção;
 - Inadequação do uso do edificio;
 - Inadequação ao meio ambiente;
 - Escolha ou quantificação inadequada das ações;
 - Pormenorização insuficiente;
 - Seleção e especificação incorretas de materiais e de técnicas construtivas.
2. Fase de execução – É a fase mais crítica, pois ocorrem muitos procedimentos e decisões que comprometem a construção, sendo uma fonte de causas de anomalias, entres as quais se destacam:
 - Má qualidade dos materiais empregues;
 - Não-conformidade entre o que foi projetado e o efetivamente executado;
 - Mão-de-obra não qualificada;
 - Má aplicação e manuseamento dos materiais;
 - Ausência de fiscalização;

- Má gestão do diretor e encarregados da obra;
 - Alterações ao projeto inicial.
3. Fase de utilização – Antes da entrega da habitação deve ser entregue um manual de manutenção aos seus utilizadores, para os sensibilizar e manter conscientes quanto ao correto uso do fogo e quanto às ações de manutenção da sua responsabilidade, sendo também fundamental a existência de um plano de manutenção preventivo, por parte da entidade gestora. Muitas vezes os utilizadores não são informados ou simplesmente ignoram as boas regras de utilização e de manutenção das suas habitações, potenciando as fontes de anomalias, tais como:
- Alterações das condições previstas no projeto inicial;
 - Alterações mal efetuadas;
 - Degradação dos materiais;
 - Ausência e insuficiência de manutenção.

2.3.2. Causas de anomalias de origem natural

A causa das anomalias de origem natural está relacionada com o ambiente em que está inserido. A causa da degradação pode ser de vários tipos reduzindo o desempenho do edifício ou componente ao longo do tempo. Na ISO 15686-2:2012 compreende uma lista das causas de degradação que caracterizam o meio ambiente em que se insere o edifício. Estas causas incluem-se em categorias indicados nas Tabelas 2 e 3 (ISO 15686-2, 2012).

Tabela 2 – Agentes que afetam a vida dos materiais e componentes de construção serviço
(Fonte: adaptado de Paiva et al. 2006; ISO 15686-2, 2012)

Agentes mecânicos	-Ação da gravidade; -Forças e deformações impostas ou restringidas; -Energia cinética; -Barulhos e vibrações.
--------------------------	--

Tabela 3 – Agentes que afetam a vida dos materiais e componentes de construção serviço (cont.)
(Fonte: adaptado de Paiva et al. 2006; ISO 15686-2, 2012)

Agentes eletromagnéticos	-Radiação; -Elétricos; -Magnéticos.
Agentes térmicos	-Níveis extremos ou alterações rápidas de temperatura.
Agentes Químicos	-Água e solventes; -Agentes oxidantes; -Agentes redutores; -Ácidos; -Bases; -Sais; -Quimicamente neutro.
Agentes biológicos	-Vegetal e microbiana; -Animal.

Em qualquer fase/processo é importante que quanto mais cedo se detetar e corrigir uma anomalia, melhor é para o funcionamento do edifício e menos dispendiosa será a correção. As anomalias que ocorrem devido à falta de manutenção são, geralmente, menos graves do que as que ocorrem devido a um erro grave de conceção, mas todas elas desencadeiam fenómenos de degradação que prejudicam os requisitos de desempenho do edifício. Assim, é preciso proceder à manutenção e reparação para prolongar a vida útil dos edifícios e para se conseguir um nível de desempenho de qualidade (Paiva et al., 2006).

2.4. Desempenho do edifício

Nas operações de reabilitação devem ser cumpridos os requisitos regulamentares em vigor, com o objetivo de satisfazer os requisitos funcionais. A ISO 6241:1984 e a ISO 15686-1:2011 abrangem por categorias as exigências de desempenho das edificações ao longo do seu período de vida útil, com o principal objetivo de eliminar as anomalias e diminuir o grau de deterioração, como se indica nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Exigências do utilizador
(Fonte: adaptado de ISO 6241:1984, 1984)

Categoria	Exemplos
Exigências de estabilidade	<ul style="list-style-type: none">-Resistência mecânica a ações estáticas ou dinâmicas, isoladas ou em combinação;-Resistência ao choque e às ações acidentais;-Efeito das ações repetidas (fadiga).
Exigências de segurança contra riscos de incêndio	<ul style="list-style-type: none">-Risco de deflagração e propagação de um incêndio;-Efeitos fisiológicos do fumo e do calor;-Tempo de alerta (sistemas de deteção e alerta);-Tempo de evacuação (caminhos de evacuação);-Tempo de resistência ao fogo (compartimentação).
Exigências de segurança na utilização	<ul style="list-style-type: none">-Mecanismos em movimento, electrocução, contaminação radioativa, inspiração ou contacto com produtos tóxicos e infeções;-Segurança na circulação (limitação do escorregamento dos pavimentos, passagens livres de obstáculos, presença de guarda-costas);-Segurança contra a intrusão humana e de animais.
Exigências de estanquidade	<ul style="list-style-type: none">-Estanquidade à água (da chuva, do subsolo, das redes de distribuição e de drenagem);-Estanquidade ao ar e aos gases;-Estanquidade à neve e às poeiras.
Exigências higrométricas	<ul style="list-style-type: none">-Limitação da temperatura do ar, do sobreaquecimento interior, da velocidade do ar e da humidade relativa;-Limitação das condensações.
Exigências de pureza do ar	<ul style="list-style-type: none">-Ventilação;-Limitação dos odores.

Tabela 5 – Requisitos funcionais
(Fonte: adaptado de ISO 15686-1:2011, 2011)

Categoria	Exemplos
Segurança	-Segurança durante um incêndio, reposta durante os perigos tais como sismos e cheias.
Requerimentos legais	-Todos os edifícios têm códigos de aplicação diferentes.
Desempenho da estrutura	-Resistências às cargas estáticas.
Desempenho de proteção	-Proteção da capacidade estrutural devido a ataque de ações ambientais.
Conforto, higiene e ambiente	-Controlo da temperatura, da humidade relativa, e do desempenho acústico e visual.
Funcionamento de elementos móveis	-Resistência no uso e corrosão.

Como anteriormente referido, estas normas são bastante importantes para garantir as condições de desempenho de uma habitação, tentando minimizar assim os mecanismos de degradação e prolongando o período de vida útil do edifício.

2.5. Anomalias de uma habitação

As anomalias podem derivar de um conjunto de vários fatores e dependem do tipo de material e elemento construtivo em que se desenvolvem, podendo ser subdivididas como indica de seguida a Tabela 6.

Nas Tabelas 6, 7 e 8, estão referidas algumas das anomalias estruturais e não-estruturais que podem ocorrer num edifício, estando representadas as anomalias de maior relevância.

É de salientar, que a durabilidade dos materiais utilizados é bastante importante para tentar minimizar os danos causados pelas anomalias.

Tabela 6 – Anomalias estruturais
(Fonte: adaptado de InovaDomus, 2012)

Edifícios tradicionais de alvenaria	Anomalias
Fundações	-Assentamento das fundações.
Paredes de alvenaria	-Fissuração; -Esmagamento; -Degradação; -Rotação para fora do plano.
Estruturas de madeira	-Deformação; -Ataques biológicos.
Edifícios de betão armado	
Fundações	-Assentamentos.
Vigas	-Fissuração a meio vão.
Lajes	-Fissuração a meio vão; -Fissuração nos apoios.

Tabela 7 – Anomalias não-estruturais
(Fonte: adaptado de InovaDomus, 2012)

Revestimentos cerâmicos	-Quebra isolada de peças; -Estrutura danificada; -Graffitis; -Destacamento/desprendimento cerâmicos; -Eflorescências; -Fissuração; -Esmagamento dos bordos; -Descamação e fendas do vidrado; -Desgaste da superfície; -Enodoamento.
Revestimentos em pedra	-Anomalias devido ao assentamento.

Tabela 8 – Anomalias não-estruturais (cont.)
(Fonte: adaptado de InovaDomus, 2012)

Revestimentos de reboco e pintura	-Fissuração; -Destacamento/Empolamento; -Descoloração; -Eflorescências; -Fungos, algas; -Pulverulência; -Fissuração do esquema de pintura.
--	--

2.6. Anomalias frequentes

Os dados a seguir apresentados resultam da análise de vários estudos feitos em diferentes países que têm implementado um sistema de monitorização ou possuem mecanismos (agências de seguros) que averiguam as anomalias para seu próprio benefício.

O SYCODÉS (*Système de Collecte des Désordres*), organismo criado pela *Agence Qualité Construction*, relata os distúrbios que ocorrem em obras novas entre 1995 e 2014 em França, registados na sequência do acionamento de seguros para reparação de anomalias ou defeitos de construção, sujeitos para o efeito a peritagens por técnicos especializados (AQC, 2015).

Destes dados verifica-se que as anomalias mais frequentes (Figura 3) registam-se em:

- Fundações superficiais;
- Pavimentos interiores, especialmente em revestimentos cerâmicos;
- Cobertura, sobretudo em telha cerâmica;
- Fachadas exteriores;
- Fundações superficiais com falta de impermeabilização;
- Nas ligações das vigas com o resto da estrutura;
- Redes de águas interiores, sobretudo as que se encontram dentro das paredes;
- Redes exteriores do edifício, principalmente as de abastecimento de água, de saneamento e de drenagem de águas pluviais;

- Nas fachadas com base de alvenaria de pedra;
- Pavimentos.

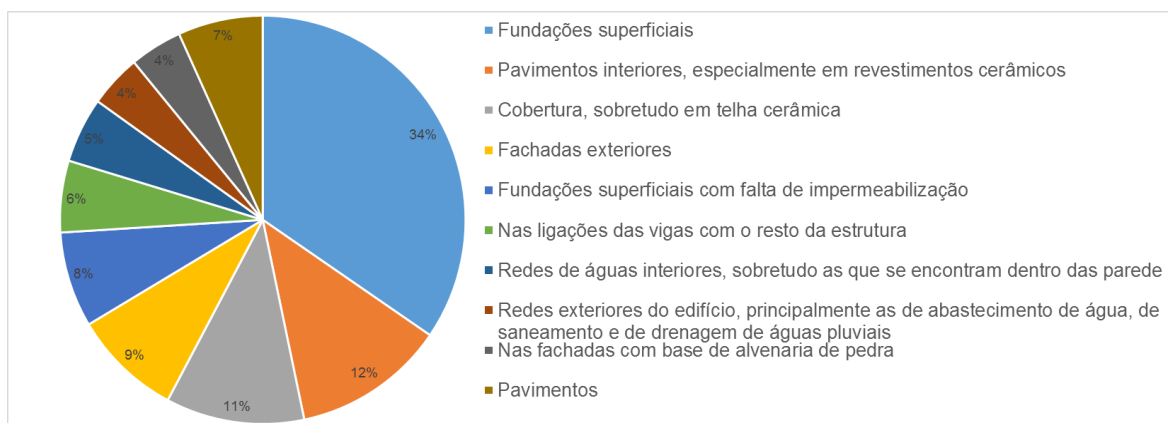


Figura 3 – Distribuição das anomalias frequentes
(Fonte: adaptado de AQC, 2015)

Observaram ainda que, os maiores custos de reparação são distribuídos principalmente pelos elementos estruturais, mas também por outros tipos de elementos (Figura 4), tais como:

- Fundações superficiais;
- Pavimentos interiores, especialmente com revestimentos cerâmicos;
- Cobertura, sobretudo com revestimento em telha cerâmica;
- Fachadas exteriores;
- Fundações superficiais com falta de impermeabilização;
- Nas ligações das vigas com o resto da estrutura;
- Redes de águas interiores, sobretudo as que se encontram dentro das paredes;
- Redes exteriores do edifício, principalmente as de abastecimento de água, de saneamento e de drenagem de águas pluviais;
- Nas fachadas com base de alvenaria de pedra;
- Caixilharias devido à falta de estanquidade.

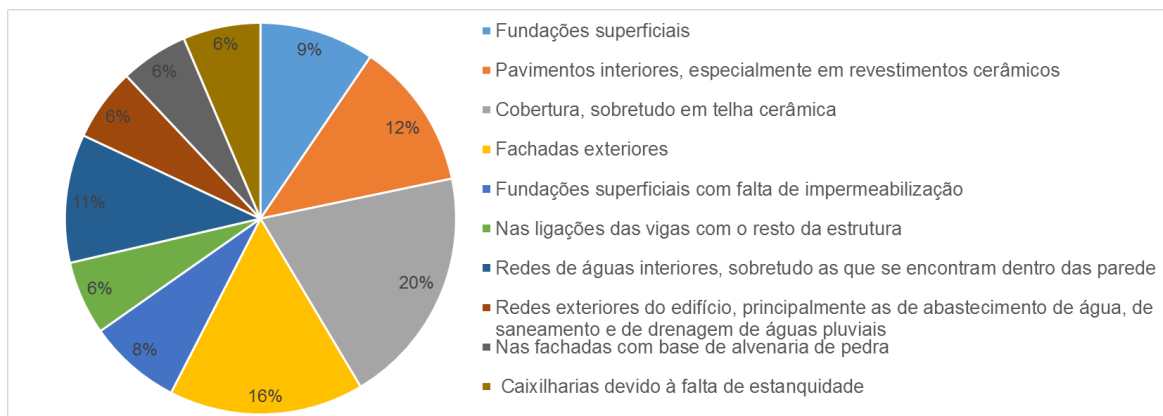


Figura 4 – Distribuição das anomalias pelo custo de reparação
(Fonte: adaptado de AQC, 2015)

De acordo com a Figura 3 as anomalias mais frequentes incidem nas coberturas, com quebra de telhas, e nas fachadas dos edifícios. Isto deve-se aos agentes ambientais a que os edifícios estão expostos originando uma predominância destas anomalias. Contudo, as anomalias mais frequentes podem não ser as anomalias com os custos de reparação mais elevados. Na Figura 4 verifica-se que os custos de reparação mais elevados correspondem a danos relativos a elementos estruturais, dada a maior complexidade para a sua realização.

Existem também estudos no Reino Unido que identificam o tipo de falha das construções e os efeitos sobre o desempenho, sendo que neste estudo o excesso de humidade é o problema mais comum, independentemente da idade do edifício (Watt, 2007).

Numa investigação sobre a qualidade técnica da conceção e construção da habitação, revelam-se diferentes tipos de falhas principalmente em habitações com dois pisos (Bonshor & Harrison, 1982 cit. por Watt, 2007). Os resultados fornecem informação útil sobre os diferentes tipos de anomalias que mais se observam e que mais influenciam o desempenho do edifício, representadas nas Figuras 5 e 6.

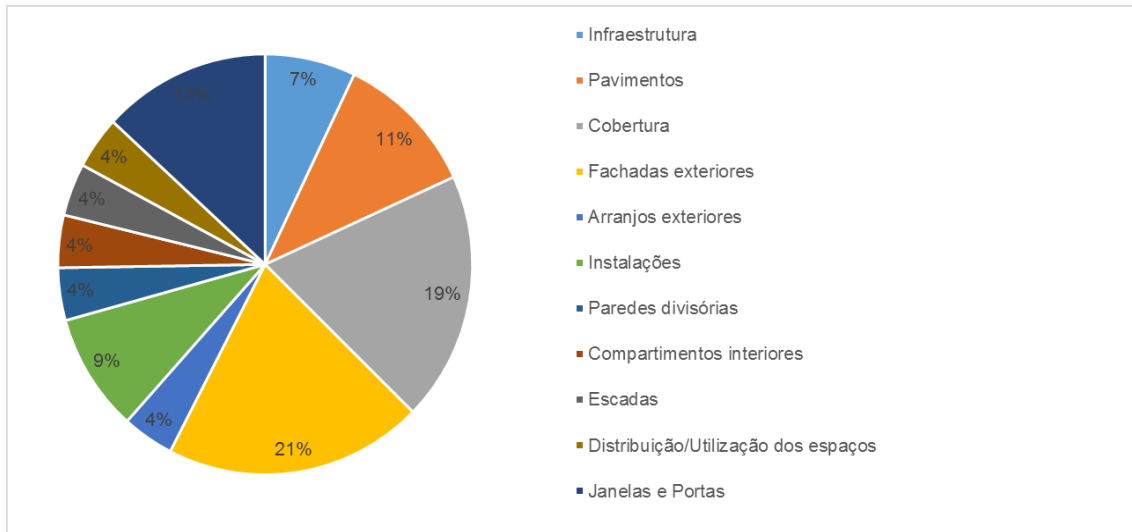


Figura 5 – Distribuição de anomalias nos edifícios
(Fonte: adaptado de Watt, 2007)

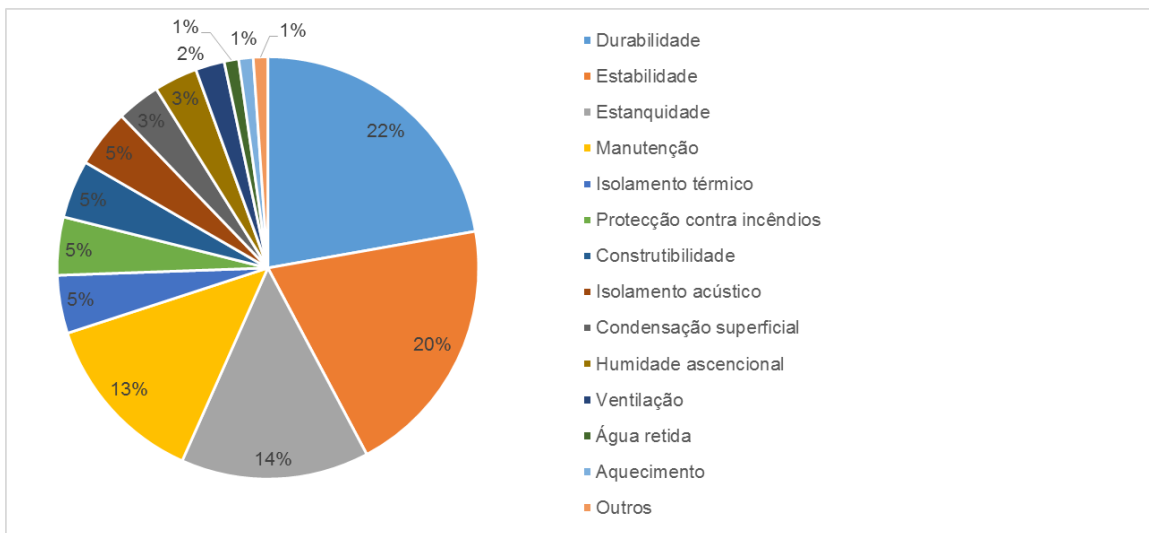


Figura 6 – Efeitos das anomalias no desempenho dos edifícios
(Fonte: adaptado de Watt, 2007)

O serviço de aconselhamento do *Building Research Establishment* (BRE), com base em dados de edifícios com anomalias (Trotman, 1994 cit. por Watt, 2007), identificou dez principais tipos de defeitos, sendo a água sob a forma de chuva, as condensações e a humidade ascensional, a maioria das causas de anomalias registadas em edifícios (Figura 7).

De acordo com a Figura 7 as anomalias mais frequentes incidem na cobertura e nas paredes exteriores, resultados semelhantes aos de França.

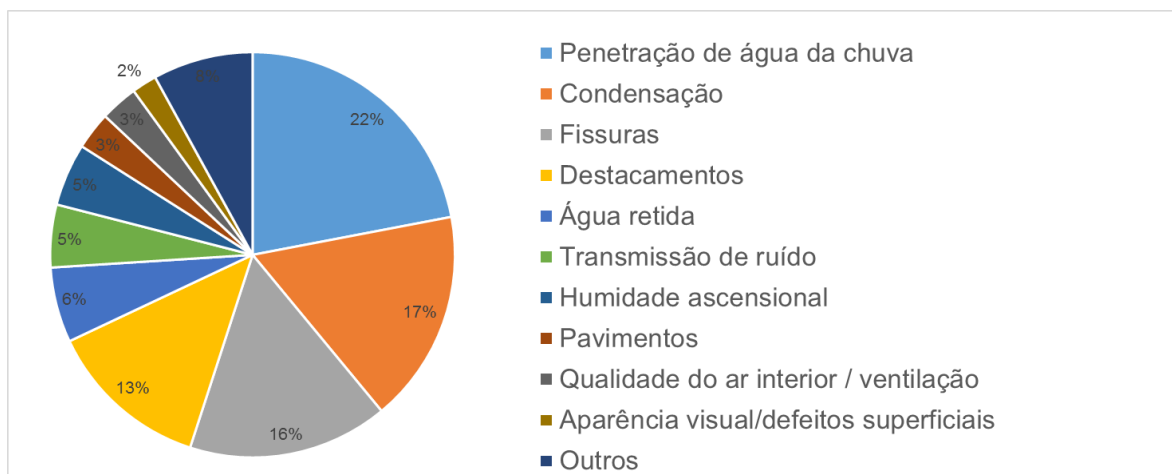


Figura 7 – Atribuição de anomalias
(Fonte: adaptado de Watt, 2007)

Em Espanha, foram analisados um total de 52 552 anomalias em 16 edifícios. O número de habitações em cada um desses 16 empreendimentos variou de 60 a 369. Os defeitos foram avaliados de uma forma global e também por cada elemento construtivo, como se indica nas Figuras 8 e 9 (Forcada et al., 2015).

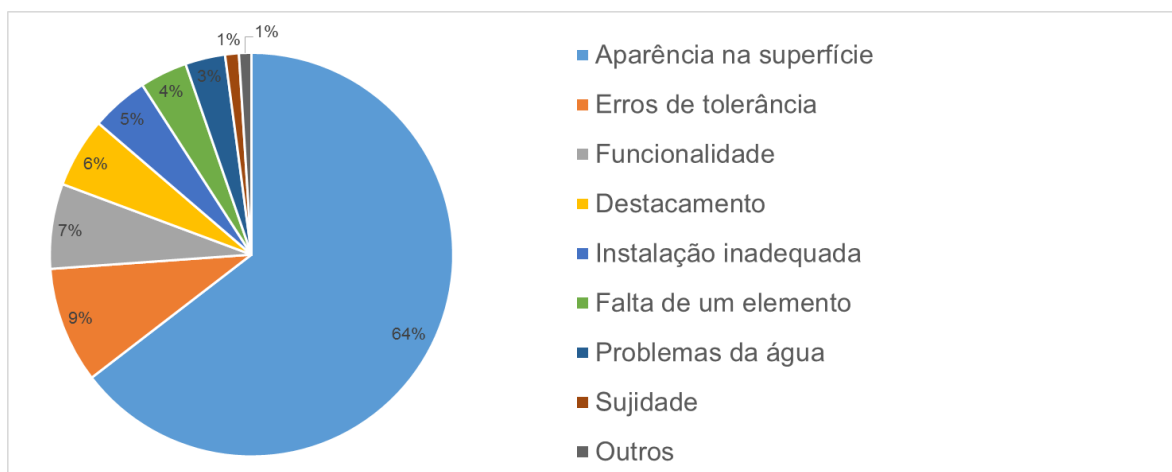


Figura 8 – Tipo de anomalias
(Fonte: adaptado de Forcada et al., 2015)

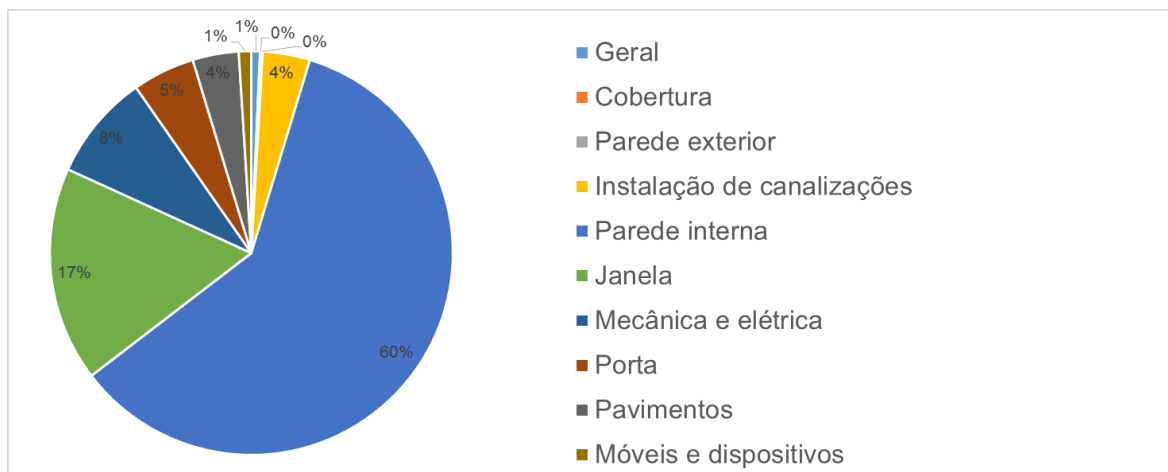


Figura 9 – Elementos afetados
(Fonte: adaptado de Forcada et al., 2015)

Verifica-se na Figura 9 que os elementos mais afetados são as paredes interiores, tendo uma percentagem de afetação de anomalias, maior que os outros elementos, estando incluídos neste item as superfícies irregulares, problemas na pintura e fissuras.

Em síntese, os estudos elaborados em França, Inglaterra e Espanha, três países com diferentes sistemas de construção, materiais e ações climáticas, mostram a origem dos diferentes problemas e a sua complexidade, sendo que as ações climáticas são a principal causa de degradação e os componentes exteriores são os mais degradados. Verifica-se ainda, que os elementos mais afetados, apresentam anomalias cuja causa se atribui à presença de água nas suas diferentes formas, sendo considerada uma das maiores causas de degradação dos materiais, componentes e sistema de construção (Bossche & Janssens, 2016). A sua presença provoca a deterioração destes elementos, comprometendo o seu desempenho e provocando a sua deterioração, a perda dos revestimentos, a diminuição da sua resistência, o aumento da condutividade térmica e as condições de insalubridade para as pessoas que habitam nos edifícios (Mendonça, 2005; Henriques, 2007).

A humidade poder ter diversas origens relacionadas com (Henriques, 2007):

- A construção – numa grande quantidade de materiais aplicados na construção é aplicada água na sua composição, havendo muitas vezes a utilização em excesso. Esta humidade poderá dar origem a outros problemas devido ao teor de água superior ao normal. As anomalias que provêm deste tipo de humidade geralmente cessam ao fim de um determinado período, e aparecem nas fases finais da construção.
- O terreno – ocorre geralmente em paredes e pavimentos dos pisos térreos e nas caves das edificações, devido aos materiais utilizados terem capilaridade elevada e não possuírem barreiras estanques.
- A precipitação – a chuva por si só não constitui um problema mas, em conjunto com o vento (intensidade e direção), as paredes ficam mais suscetíveis à penetração de água, sempre que haja incidência em fissuras ou juntas mal vedadas, por ação continuada, ou por penetração como resultado da sobrepessão causada pelo vento ou pela ação da capilaridade.
- A condensação – fenómeno ocorrido no interior das edificações, onde o arrefecimento de uma massa de ar pode provocar a condensação do vapor de água, nos paramentos interiores de paredes e em tetos, devido à diminuição da temperatura superficial destes elementos e ao elevado teor de humidade relativa.
- A higroscopicidade – caracteriza a capacidade de um material captar a água por adsorção e de a repor ao ambiente, em função das variações de temperatura e da humidade relativa existente no local.
- Causas fortuitas – humidade que provém de formas fortuitas, como defeitos na construção, falhas nas canalizações e falta de manutenção dos elementos da envolvente exterior.

Para a determinação do teor de humidade existem vários métodos que se dividem em métodos destrutivos e não destrutivos, não podendo ser todos aplicados a todos os tipos de materiais e elementos construtivos, sendo à partida uma limitação do tipo de método e aparelho a utilizar (Henriques, 2007).

Capítulo 3

Durabilidade e Vida Útil

Capítulo 3. Durabilidade e Vida Útil

3.1. Conceito de durabilidade

Nas últimas décadas do século XX, com a introdução de novos materiais, sistemas e técnicas construtivas, associado ao desconhecimento sobre o desempenho dessas novas soluções, aumentou a preocupação de saber se esses materiais e técnicas eram as mais adequadas e duráveis. Consequentemente criaram-se normas e documentos nacionais e internacionais, com considerações fundamentais sobre os componentes associados, desde a fase de projeto, passando pela escolha de materiais até à construção, começando assim a definir-se e classificar-se a durabilidade, conforme as diferentes condições atmosféricas, e a sua capacidade de duração, que no seu conjunto, ou individualmente, podem afetar o tempo de vida útil do edifício. Nas diversas normas e documentos, os termos de durabilidade e período de vida útil apresentam-se distintamente definidos.

No documento EOTA GD 002 - *assumption of working life of construction products in guidelines for European technical approach* (European Commission, 2004) define-se durabilidade e período de vida útil, respetivamente, como:

“Capacidade de um produto manter o seu adequado desempenho ao longo de um período de tempo (...)”

“Período no tempo durante o qual o desempenho dos produtos se mantém a um nível compatível com a satisfação dos requisitos essenciais”.

Na ISO 15686-1:2011 define-se durabilidade e vida útil, respetivamente, como:

“Capacidade de um edifício, ou de uma parte de um edifício, para desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo, sob ação dos agentes presentes em serviço.”

“O período do tempo após a conclusão da obra, durante o qual é atingido ou excedido o desempenho que lhes é exigido, procedendo-se a uma manutenção de rotina”.

É importante saber distinguir durabilidade de período de vida útil para que se utilize um conjunto de materiais e sistemas construtivos com grande longevidade, prolongando-se assim o período de vida útil do edificado.

3.2. Indicadores de durabilidade

Nos diferentes documentos existem critérios gerais de classificação que quantificam o tempo de vida útil dos produtos de construção em função de determinados parâmetros.

O documento EOTA GD 002 (European commission, 2004) classifica a durabilidade dos produtos em função da durabilidade das construções e da facilidade de reparação, como se apresenta na Tabela 9.

Tabela 9 – Vida útil dos produtos em função da durabilidade das construções
(Fonte: adaptado de European Commission, 2004)

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

(1) Em casos excepcionais e justificados, isto é, para um determinado produto de reparação prevê-se um tempo de serviço de 3 a 6 anos (quando em concordância com a EOTA TB ou CEN, respetivamente)

(2) Quando não são reparáveis ou substituíveis com facilidade.

Por outro lado, a norma internacional também propõe valores de vida útil dos edifícios e dos seus componentes, limitada pela maior e menor facilidade de substituição, como se apresenta na Tabela 10.

Tabela 10 – Valores mínimos do tempo de vida útil estimada para os produtos da construção
(Fonte: ISO 15686-1, 2011)

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

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

3.3. Fatores que influenciam a durabilidade

A durabilidade corresponde à capacidade de um elemento manter as suas características e as respetivas exigências funcionais durante um determinado período de tempo.

Existem diversos fatores que influenciam a durabilidade, tais como os indicadores descritos nas Tabelas 11 e 12 (Australian Building Codes Board, 2007).

Tabela 11 – Fatores que influenciam a durabilidade
(Fonte: Australian Building Codes Board, 2007)

Condições de serviço	- Incluem agentes ambientais relevantes que caracterizam o ambiente dos edifícios, os seus componentes e condições específicas para cada material. Os agentes, tanto externos como internos, são importantes mesmo depois do edifício estar ocupado.
-----------------------------	--

Tabela 12 – Fatores que influenciam a durabilidade (cont.)
(Fonte: Australian Building Codes Board, 2007)

Caraterísticas dos materiais	- Têm uma enorme influência sobre a longevidade e, devem ser investigadas tanto para cada material como para o conjunto de materiais existentes no edifício. Atualmente a durabilidade do material é conhecida através de ensaios realizados pelos fabricantes.
Projeto e pormenorização	- Através do projeto e dos pormenores de execução podem-se evitar erros que de outra forma poderiam comprometer a durabilidade.
Mão-de-obra	- A qualidade da mão-de-obra é crucial para o desempenho e durabilidade dos elementos durante a construção ou a instalação.
Manutenção	- Na conceção do edifício deve-se ter em conta a manutenção prevista para o mesmo, estabelecendo-se a frequência e o tipo de manutenção a realizar.

Estes fatores são fundamentais para a avaliação da durabilidade garantindo que o edifício mantenha as exigências funcionais. Assim, é necessário que a avaliação seja realizada com a seguinte estrutura (Australian Building Codes Board, 2007):

- a) *Identificar as condições de serviço;*
- b) *Reconhecer os agentes ambientais mais importantes e localizar especificamente o que contribui para o problema;*
- c) *Identificar os mecanismos de deterioração e danos;*
- d) *Reconhecer os fatores relevantes a serem considerados;*
- e) *Identificar os estados limites relevantes associados às falhas funcionais para o uso pretendido;*
- f) *Estimar a relação tempo-deterioração;*
- g) *Determinar se a deterioração antecipada é aceitável, se os componentes de construção ou os sistemas que precisam de ser mantidos, reparados ou substituídos dentro da vida de projeto do edifício.*

Nos produtos de construção, caso se verifique que o desempenho já tenha sido suficientemente demonstrado, através de dados já existentes ou por resultados estáveis de outros ensaios, o fabricante pode declarar que o seu produto verifica um dado nível ou classe de desempenho sem ter de realizar ensaios (Parlamento Europeu, 2011).

3.4. Vida útil e os requisitos para a sua avaliação

A vida útil dos componentes que constituem uma construção pode ser definida como o período de tempo após a edificação, em que as características dos materiais mantêm os valores mínimos aceitáveis. Cada tipo de componente, num sistema de construção, tem uma duração de vida prevista, pois estão submetidos a ações químicas, físicas ou alterações mecânicas que os degradam. Para alguns deles, como os elementos estruturais, é esperado que sirvam as funções pretendidas pelo menos durante a vida útil do edifício, enquanto que, em relação a outro tipo de componentes, o seu um período de vida útil é menor, exigindo uma manutenção ou substituição periódica (Figura 10) (Jernberg et al., 2004).

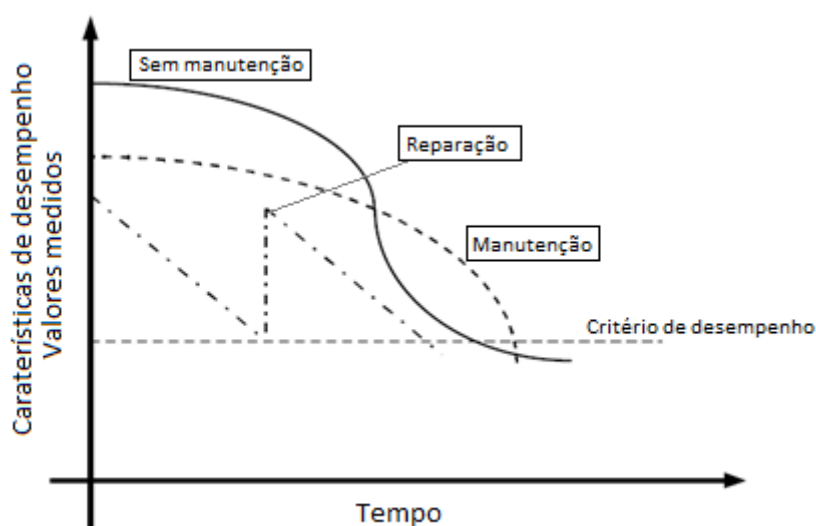


Figura 10 – Desempenho hipotético em função do tempo
(Fonte: adaptado de Masters & Brandt, 1987; Australian Building Codes Board, 2007)

O conhecimento sobre o desempenho, durabilidade dos materiais e componentes, usualmente utilizados em edifícios, são geralmente obtidos a partir da experiência em edifícios reais, contudo, muitas vezes, os dados estão mal documentados ou incompletos. Alguns dados utilizados em aplicações tradicionais podem estar disponíveis a partir de estudos de caso ou testes de campo, sendo que, para materiais novos ou materiais tradicionais utilizados em novos ambientes, não existem dados quanto ao comportamento destes materiais e, conseqüentemente, dados sobre o seu período de vida útil. Em tais casos, devem ser gerados testes ou uma avaliação, através do conhecimento da ciência e

engenharia dos materiais e do tipo de aplicação (John & Sato, 2001; Jernberg et al., 2004)

Existem diferentes métodos para a obtenção de dados de vida útil que podem envolver diferentes métodos, como ensaios de envelhecimento acelerado, ensaios de envelhecimento natural e estudos de campo. Geralmente, estes envolvem a medição da taxa, na qual as propriedades se alteram com o tempo de exposição ao ambiente em serviço. Para a utilização destes métodos existem sempre elementos necessários como (Masters & Brandt, 1987):

1. *Definição dos requisitos de desempenho;*
2. *Caracterização dos materiais ou componentes em termos relevantes para compreensão dos seus mecanismos de degradação;*
3. *Caracterização e quantificação dos fatores que podem causar degradação;*
4. *Identificação de mecanismos de degradação;*
5. *Definição da gama de condições às quais o material será exposto;*
6. *Se os testes acelerados são usados, a confirmação de que os mecanismos de degradação induzida por estes testes estão corretos;*
7. *Determinação das taxas de degradação;*
8. *Desenvolvimento de modelos matemáticos que descrevam os processos de degradação sob várias condições de aplicação para a previsão da vida de serviço;*
9. *Relatório dos resultados da previsão com declarações explícitas dos pressupostos feitos.*

3.5. Metodologia de previsão da vida útil

A previsão da vida útil tem sido discutida por muitos autores, e várias metodologias têm sido apresentadas para realizar tais previsões. Durante a última década, as normas da série ISO 15686 têm tentado harmonizar as diversas metodologias, apresentando um guia completo para este assunto. De um modo geral, as metodologias de previsão da vida útil podem ser divididas em duas fases: o registo e a análise dos dados. Para cada uma destas fases existem abordagens diferentes que podem ser usadas, como se indica na Figura 11 (Paulo et al., 2011).

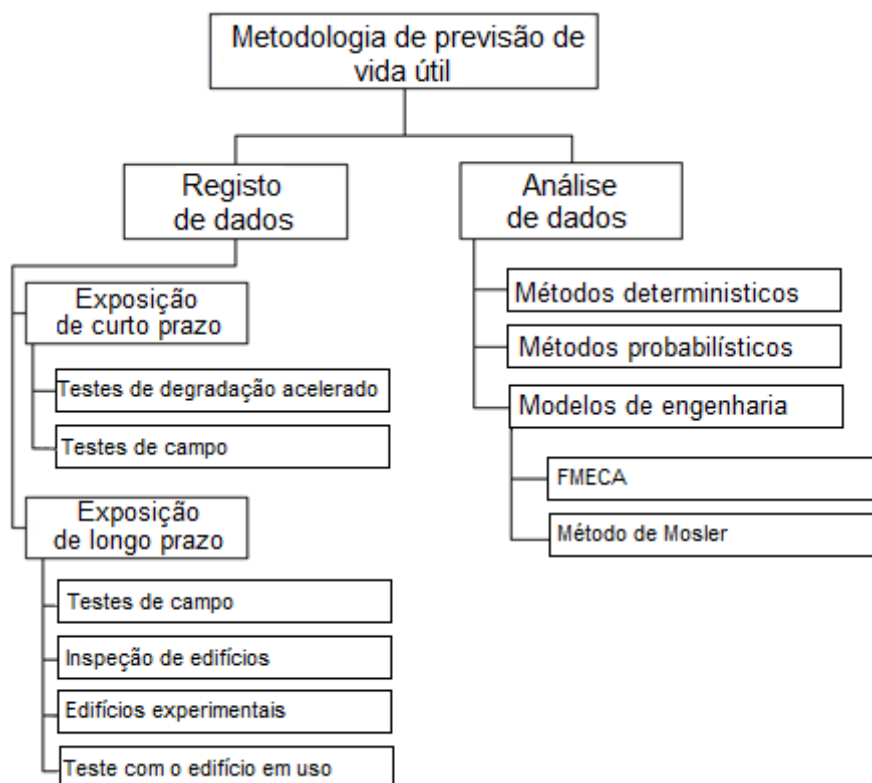


Figura 11 – Metodologias de previsão da vida útil
(Fonte: adaptado de Paulo et al., 2011).

A fase de registo de dados pode ser feita através de vários métodos, consistindo, na exposição dos materiais ou componentes, aos agentes de degradação e na sua avaliação, podendo contar com observações e medições obtidas a partir da degradação registada (ISO 15686-1, 2011):

- A longo prazo - em condições de utilização (apresentado no ponto 3.5.1.);
- De curto prazo - em condições de exposição destinadas a acelerar os efeitos de degradação dos agentes causadores (apresentado no ponto 3.5.2.).

Na fase de análise de dados “os métodos de previsão da vida útil permitem um conhecimento da durabilidade dos elementos da construção” (Brito et al. 2013). Assim, num certo intervalo de tempo, é possível determinar o momento mais indicado para efetuar as intervenções, adotando-se soluções mais sustentáveis. Destacam-se as seguintes metodologias (Brito et al., 2013):

- Métodos determinísticos (apresentado no ponto 3.5.3);
- Métodos probabilísticos (apresentado no ponto 3.5.4);

- Modelos da engenharia – Neste estão incluídos o FMECA e, no âmbito deste trabalho incluiu-se também o método de Mosler (apresentado no ponto 3.5.5.). Contudo, o método de Mosler não se encontra devidamente classificado como um modelo da engenharia, no entanto, como permite a determinação semi-quantitativa do grau de degradação do edificado, optou-se pela sua inserção neste modelo.

Após a pesquisa bibliográfica realizada, decidiu-se pela aplicação à amostra de edifícios em estudo usando dois métodos: FMECA e método de Mosler, que foram escolhidos pela sua facilidade e rapidez de análise. Contudo, é importante perceber em que consiste cada método, para uma melhor compreensão da escolha realizada.

3.5.1. Medições por envelhecimento natural

É a técnica mais adotada nos estudos, como por exemplo, de carbonatação, de polímeros, de tintas e de corrosão.

Nos locais de exposição a este tipo de testes, as amostras, em pequena escala ou na escala normal do produto, são orientadas de forma a aumentar as condições de exposição. As amostras são expostas às condições atmosféricas que se pretende estudar e são permanentemente monitorizadas, registando constantemente as alterações, podendo relacionar-se as intensidades de degradação com a variação do tempo.

Apresentam como desvantagem a sua longa duração, e a falta de interação dos diversos componentes na construção (John & Sato, 2001).

O envelhecimento em uso, inserido no envelhecimento natural, consiste na aplicação, de um modo real, dos produtos nas construções. A principal vantagem é a ausência de qualquer engano no processo, com todos os fatores de degradação atuando simultaneamente, e a deteção das incompatibilidades dos materiais ou produtos presentes nos edifícios (John & Sato, 2001).

3.5.2. Medições por ensaios de envelhecimento acelerado

As medições por ensaios de envelhecimento acelerado têm como objetivo simular em laboratório a exposição aos fatores naturais, mas atuando de forma acelerada.

Nos ensaios de envelhecimento acelerado não existe um modelo em que se consiga combinar todos os agentes de degradação (temperatura, humidade relativa, precipitação e radiação); isto é, para cada mecanismo de degradação existe um tipo de ensaio diferente, sendo realizados em laboratório, geralmente com intensidades superiores às condições reais. Porém, existem vários equipamentos, que combinam apenas alguns agentes de degradação, como as câmaras de C-UV, que conciliam radiação ultravioleta com a condensação (são utilizados em estudos de polímeros) outros, testam os agentes de degradação individualmente, conseguindo avaliar o impacto num determinado produto, através de ciclos de água, radiação UV e calor, como por exemplo o Q-SUN, da Atlas, e o Q-PANEL (John & Sato, 2001).

3.5.3. Métodos determinísticos

Os métodos determinísticos baseiam-se no estudo dos fatores de degradação que afetam os elementos através dos seus mecanismos de atuação e quantificação, em função da degradação, como por exemplo o método fatorial (Paulo et al., 2011).

O método fatorial, proposto pela ISO 15686-8:2008, tem grande aceitação na comunidade científica, permitindo através da duração da vida útil de referência (dada pelo fabricante do produto, estimada em condições padrão) e da multiplicação de vários fatores, relacionados com a durabilidade, obter uma estimativa sobre as condições pretendidas (Hans & Chevalier, 2005).

3.5.4. Métodos estatísticos

Os métodos estatísticos implicam um tratamento complexo e dependem da quantidade de informação, sendo proporcional à quantidade de dados e à complexidade do fenómeno que se pretende modelar. Por este motivo, nos últimos anos o uso destes métodos tem vindo a aumentar, incluindo modelos de noção de risco e incerteza, obtendo-se uma visão da probabilidade dos fenómenos de degradação (Madrigal et al., 2015).

A probabilidade de degradação dos materiais e componentes é definida para cada propriedade durante um período de tempo, sendo a degradação considerada como um processo incerto (Cecconi, 2002 cit. por Madrigal et al., 2015).

Estes métodos necessitam de uma grande quantidade de informação, por isso, devem ser utilizados complementados com a experiência e conhecimento sobre os materiais, para desta forma tornar as situações o mais reais possíveis e rentáveis em projetos de larga escala.

Segundo vários autores, a aplicação destes métodos tem três inconvenientes:

- Complexidade dos modelos matemáticos utilizados;
- Necessidade de um grande número de dados recolhidos ao longo de muito tempo;
- Enorme dependência do trabalho de campo.

3.5.5. Modelos de engenharia

Procuram aliar as vantagens dos métodos determinísticos com as dos estatísticos. São modelos acessíveis à utilização, sendo das metodologias mais simples, pois têm uma componente nos processos de degradação descrita de forma probabilística, tornando o processo um pouco menos complexo (Madrigal et al., 2015).

As principais vantagens deste método são (Moser, 2004):

- Boa compreensão (para engenheiros);
- Facilidade e rapidez na aplicação;
- Resultados realistas (para as simplificações dadas).

3.5.5.1. FMECA

Em particular, o *Failure Mode and Effects Analysis*, FMEA, e o *Failure Modes Effects and Criticality Analysis*, FMECA (que traduzido para português significam respetivamente, "Modo de Falha e Análise de Efeitos" e "Modo de Falha e Análise Crítica de Efeitos"), são métodos da engenharia, de análise de risco que avaliam as causas, as sequências de eventos, as formas de mitigação, os meios de deteção e as formas de prevenção dos seus efeitos, a partir de um modo de falha (Deng et al., 2015; Silva et al., 2006).

Segundo vários autores, o FMEA teve origem nos Estados Unidos da América e foi desenvolvido para operações militares para determinar os efeitos nos sistemas e falhas nos equipamentos utilizados.

Desde que este método foi desenvolvido para fins militares, rapidamente se implementou nos diferentes ramos da indústria, como a aeroespacial, a química e da construção (durante a fase de conceção ou projeto), mas também, e de uma forma muito vantajosa, foi aproveitado pelas empresas de automóveis, que viriam a desenvolver com este método a deteção e a eliminação de falhas nas linhas de produção (Talon et al., 2008; Silva et al., 2006).

A principal diferença entre o FMEA e o FMECA reside no facto que o primeiro é uma técnica ligada à avaliação qualitativa, sendo muito utilizada na avaliação de projetos, enquanto a segunda, inclui o que se denomina de análise crítica. Para melhor compreensão do FME(C)A, está representada na Figura 12 um fluxograma.

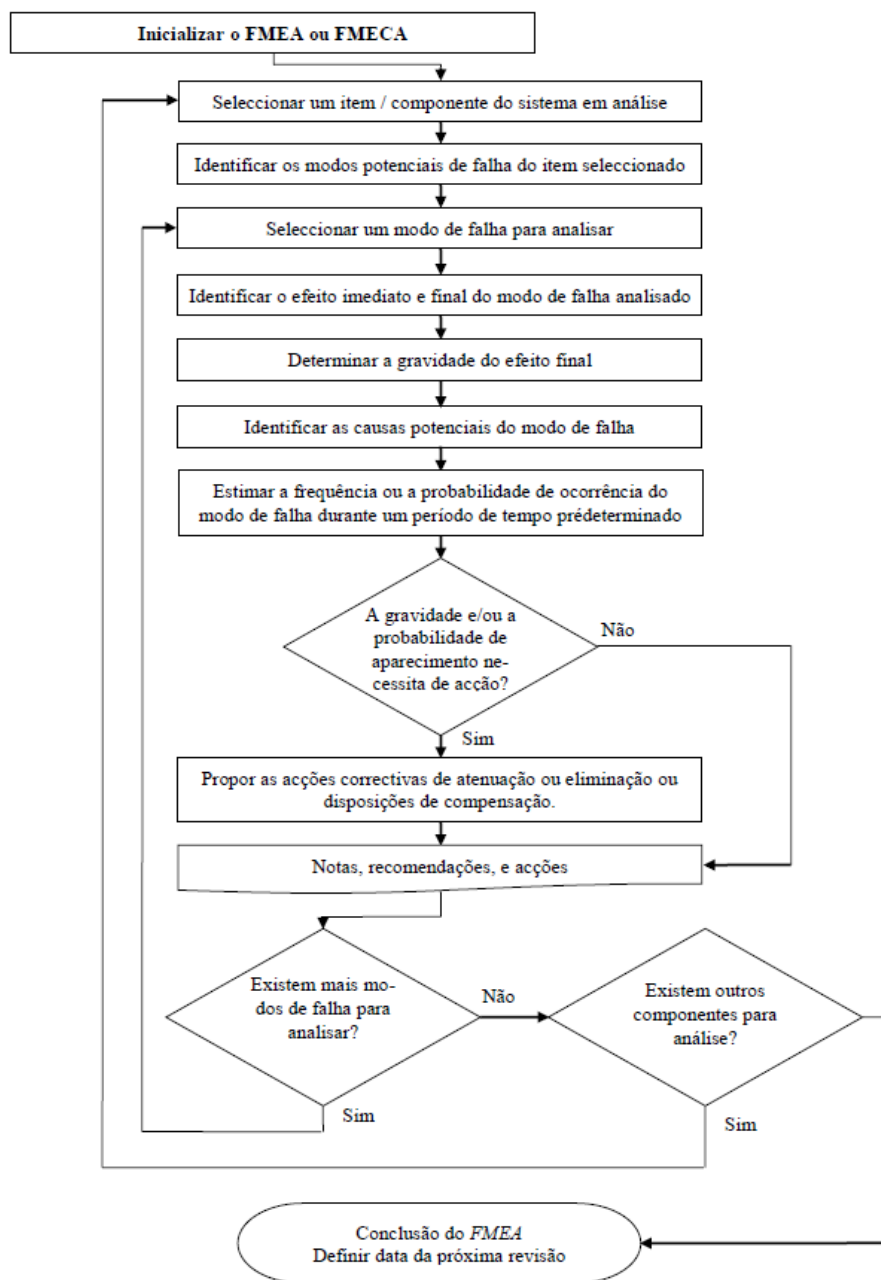


Figura 12 – Fluxograma da análise FME(C)A
(Fonte: adaptado IEC 60812, 2006)

Consequentemente, o fluxograma permite a elaboração de uma tabela para aplicação do método (Tabela 13), onde estão presentes:

1. O elemento que vai ser analisado;
2. Identificação da função do elemento na fase funcional;
3. Fenómeno de degradação tendo em conta o componente e a função;

4. Causa para o fenómeno de degradação;
5. Efeitos que surgem de forma direta do modo de falha;
6. Efeitos que podem surgir de forma indireta do modo de falha;
7. Ações recomendadas para a sua prevenção.

Tabela 13 – Itens de aplicação do FMEA

Elemento	Função	Modo de falha potencial	Causa(s) e mecanismo(s) potencial(ais) da falha	Efeitos diretos	Efeitos indiretos	Ações recomendadas
----------	--------	-------------------------	---	-----------------	-------------------	--------------------

Como já referido anteriormente, muitos autores referem-se ao FMEA como FMECA e vice-versa, isto porque no FMECA existe uma fase adicional a que se dá o nome de estudo de criticidade, que consiste na análise crítica, na qual é calculado o Numero de Prioridade de Risco (NPR), segundo a expressão (1). Alguns autores identificam o valor atribuído ao modo de falha enquanto outros o atribuem à causa do modo de falha.

$$NPR = Ocorrência \times Gravidade \times Detecção \quad (1)$$

A ocorrência (O) designa a probabilidade de aparecimento de cada modo de falha, onde se devem ter em conta os ensaios de duração da vida do componente, taxas de falhas disponíveis em base de dados e falhas ocorridas durante a exploração/funcionamento do sistema. A escala utilizada para a medição da ocorrência vai de 1 a 10, sendo que 1 corresponde a pouca probabilidade da falha ocorrer e 10 a uma forte probabilidade, como indicado nas Tabelas 14 e 15.

Tabela 14 – Classificação da ocorrência do efeito do modo de falha
(Silva et al., 2006; Carlsson et al., 2002; IEC 60812, 2006; Liu et al., 2013)

Critério	Ocorrência	Valor
Falha quase inevitável	Muito Alta	
	1/2	10
	1/10	9
Falhas ocorrem com frequência	Alta	
	1/20	8
	1/100	7

Tabela 15 – Classificação da ocorrência do efeito do modo de falha (cont.)
(Silva et al., 2006; Carlsson et al., 2002; IEC 60812, 2006; Liu et al., 2013)

Critério	Ocorrência	Valor
Falhas ocasionais	Moderada	
	1/200	6
	1/1000	5
Falhas ocorrem raramente	Pequena	
	1/2000	4
	1/10000	3
Falha improvável	Mínima	
	1/20000	2
	0	1

A gravidade (G) é uma avaliação do funcionamento do elemento analisado. Esta classificação deve ser feita tendo em consideração vários fatores, tais como:

- Efeitos possíveis nos utilizadores;
- Cumprimentos das exigências do elemento;
- Desempenho funcional do elemento.

Este parâmetro, para vários autores, designa-se como índice de gravidade e classifica-se numa escala de 1 a 10, como representa as Tabelas 16 e 17, em que 1 corresponde a uma gravidade nula, ou impercetível, e 10 a grandes/graves problemas.

Tabela 16 – Classificação da gravidade do efeito do modo de falha
(Silva et al., 2006; Carlsson et al., 2002; IEC 60812, 2006; Liu et al., 2013)

Critério	Nível de Gravidade	Valor
Colapso no processo, problemas catastróficos que podem danificar pessoas e bens	Muito Alta	10 9
50% a 70% das vezes há quebras de produtividade. Elevada taxa de refugo	Alta	8 7
Ineficiência moderada, redução de produtividade significativa	Moderada	6 5

Tabela 17 – Classificação da gravidade do efeito do modo de falha (cont.)
(Silva et al., 2006; Carlsson et al., 2002; IEC 60812, 2006; Liu et al., 2013)

Provoca redução no desempenho e surgimento gradual de ineficiência	Pequena	4 3
Falha de menor importância, quase não são percebidos os seus efeitos no processo	Mínima	2 1

A deteção é a medida de avaliação da capacidade de controlo num projeto, representando a probabilidade da falha ser detetada num certo elemento. Este parâmetro é classificado de 1 a 10, com se apresenta na Tabela 18, onde 1 indica a forte possibilidade de encontrar a falha e 10 a possibilidade da falha não ser detetada, ou simplesmente indicar que nem existiu controlo.

Tabela 18 – Exemplo de classificação da deteção do efeito do modo de falha
(Silva et al., 2006; Carlsson et al., 2002; IEC 60812, 2006; Liu et al., 2013)

Critério	Facilidade de deteção	Valor
Falha não será detetada pelos controlos existentes	Impossível de detetar	10
A falha tem uma grande probabilidade de não ser detetada	Muito Baixa	9
Baixa probabilidade da falha ser detetada	Baixa	8 7
As falhas podem ser detetadas	Moderada	6 5
Boa probabilidade da falha ser detetada	Alta	4 3
É quase certo que os controlos irão detetar a falha	Muito Alta	2 1

Introduzindo estes parâmetros de avaliação na Tabela 10, passa-se a obter a estrutura de avaliação do FMECA, que permite calcular o NPR, de acordo com a Tabela 19.

Tabela 19 – Aplicação do FMECA

Elemento	Função	Modo de falha potencial	Efeito potencial	Gravidade	Causa potencial	Ocorrência	Medidas de controlo	Deteção	NPR	Ações recomendadas
----------	--------	-------------------------	------------------	-----------	-----------------	------------	---------------------	---------	-----	--------------------

O modelo de engenharia, FMECA, expandiu-se, passando a ser usado não só na indústria automóvel, mas também no setor da construção, em diferentes fases, durante a fase de concepção e desenvolvimento de projeto, com o objetivo de otimizar e melhorar as características do produto, na fase de construção, com vista à redução de falhas, otimização de processos e maior segurança na obra, e na fase de exploração, para a manutenção do edifício (CNPGB, 2005).

O principal objetivo de incluir o FMECA no setor da construção é a sistematização e análise dos estados de funcionamento, os modos de falha e a sequência de efeitos, considerados de grande importância, porque permitem a previsão fundamentada sobre os meios de detecção, prevenção e mitigação (Talon et al., 2008).

3.5.5.2. Método de Mosler

Este método é muito subjetivo já que analisa a evolução dos riscos de uma maneira geral e depende muito da experiência dos avaliadores que atribuem a pontuação, devendo, por isso, ser utilizado quando não existe um banco de dados históricos e confiáveis que possam ser empregues (Venezia & Ono, 2013; Noya et al., 2016)

Este método consiste na atribuição de seis parâmetros:

- Critério de função (F): Projeta as consequências negativas ou danos que alteram a atividade principal da empresa.
- Critério da substituição (S): Avalia o impacto da concretização da ameaça sobre os bens que podem ser substituídos.
- Critério da profundidade (P): mede a perturbação e os efeitos psicológicos que o dano pode causar aos ocupantes, uma vez materializado o risco.
- Critério da extensão (E): Mede o alcance e a extensão que o dano pode causar.
- Critério da probabilidade (Pb): Mede a possibilidade dos danos que pode causar.
- Critério da Vulnerabilidade (V): Mede as perdas causadas pela concretização do risco no âmbito financeiro.

Estes parâmetros são classificados de 1 a 5 como se indica na Tabela 20.

Tabela 20 – Classificação dos parâmetros do método de Mosler
(Fonte: Venezia & Ono, 2013; Noya et al., 2016)

Significado	Coeficiente
Muito crítico	5
Crítico	4
Elevado	3
Importante	2
Pouco importante	1

Neste método é necessário calcular o índice de evolução de risco, sendo que quanto maior for este valor maior é o risco. Para determinar este parâmetro é necessário determinar-se a importância do sucesso (*I*) que é calculado pela expressão:

$$I = F \times S \quad (2)$$

Posteriormente, são calculados os danos causados, através da expressão (3).

$$D = P \times E \quad (3)$$

Após este cálculo calcula-se a magnitude do risco pela expressão (4).

$$M = I + D \quad (4)$$

Em seguida, a perda esperada pela expressão (5).

$$Pe = Pb \times V \quad (5)$$

Por último, a Evolução de risco pela expressão (6).

$$ER = M \times Pe \quad (6)$$

O método de Mosler determina o valor da evolução de risco (*ER*) que depende do valor atribuído a cada um dos fatores enumerados, conforme o exemplo apresentado na Tabela 21. Posteriormente é classificado de acordo com as classes de risco que constam na Tabela 22.

Tabela 21 – Exemplo de aplicação do método de Mosler

Critério	Pontuação
Função (F)	3
Substituição (S)	3
Profundidade (P)	3
Extensão (E)	3
Probabilidade (A)	3
Vulnerabilidade (V)	2
Importância de sucesso (I)	9
Danos Causado (D)	9
Magnitude (M)	18
Perda esperada (Pe)	6
Evolução de Risco (ER)	108
Classe de Risco	Reduzido

Tabela 22 – Classes de risco - método de Mosler
(Fonte: Venezia & Ono, 2013; Noya et al., 2016)

Valor ER - Quantificação	Classe de Risco
2-250	Reduzido
251-500	Importante
501-750	Elevado
751-1000	Critico
1001-1250	Desastroso

3.6. Fim da vida útil

O fim de vida útil é representado pelo momento em que o edifício perde o desempenho funcional para o qual foi construído, ou seja, é a altura em que o critério de funcionalidade, de segurança e até mesmo de aparência estão abaixo do nível exigido. Geralmente considera-se que uma construção atinge esta etapa quando uma das suas dimensões de análise obtém um limite crítico inaceitável. Muitas vezes a degradação estética é a propriedade que mais cedo atinge o seu mínimo admissível, pelo que se assume como condicionante da vida útil, como representado na Figura 13 (Moser, 2004).

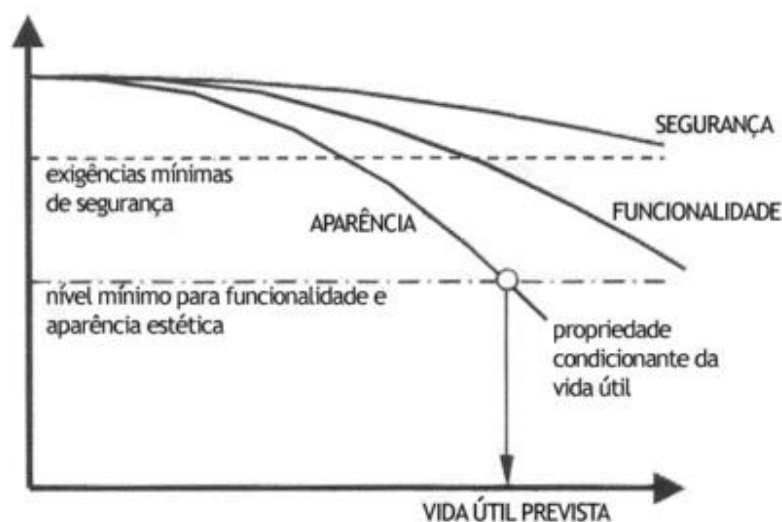


Figura 13 – Relação entre a perda de desempenho e o período de vida útil do edifício
(Fonte: Moser, 1999)

Para se evitar atingir elevados estados de degradação, considera-se atualmente que a manutenção é um fator essencial, sob o ponto de vista económico, ou seja, é mais económico realizar a manutenção preventiva e corretiva ao longo do período de vida útil de um edifício, do que realizar uma intervenção mais complexa e profunda de reabilitação, na sequência da ausência daquelas (Flores & Brito, 2002; Thomsen & Flier, 2011).

3.7. Manutenção na vida útil das construções

O conceito de manutenção presente na norma portuguesa NP 4483:2009, Guia para a implementação de Gestão da Manutenção, define-a como sendo a “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida” (NP4483: 2009), ou seja, define que as ações e a periodicidade da manutenção levam a que a estrutura tenha níveis de desempenho semelhantes aos iniciais, como se representa na Figura 14 (Takata et al., 2004)

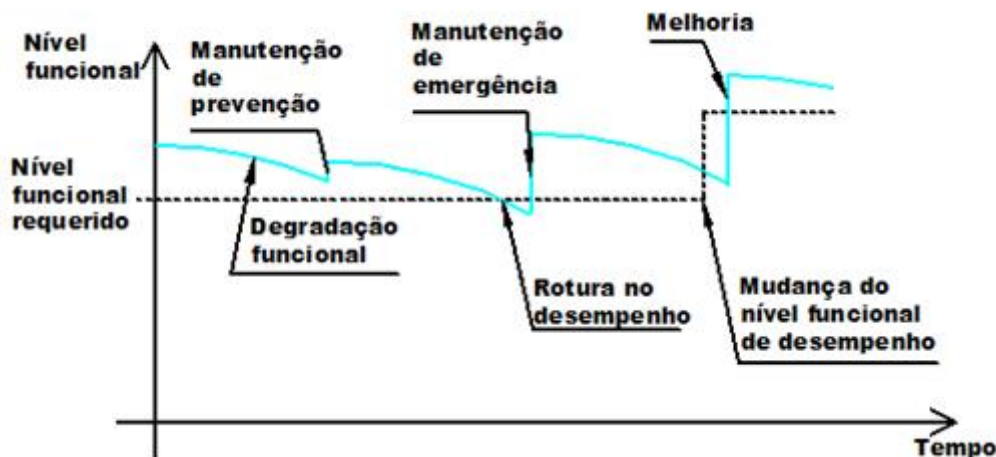


Figura 14 – Curva de desempenho de um edifício ao longo da sua vida útil
(Fonte: Adaptado de Takata et al., 2004)

Consiste também na alteração do desempenho original, por modificação das exigências funcionais e do desenvolvimento da edificação para acompanhar a dinâmica dos seus utilizadores. Existem assim dois tipos de manutenção: a proativa e a reativa (Simões et al., 2015; Flores & Brito, 2002).

3.7.1. Manutenção proactiva

Realiza-se antes do aparecimento de anomalias, e conseqüentemente antes da degradação que estas provocam. Tem como estratégia efetuar ações planeadas de acordo com os critérios de desempenho do edifício conseguindo reduzir assim a ocorrência de degradação. Este tipo de manutenção está dividida em manutenção preventiva, preditiva e de melhoramento (Flores, 2002; Flores & Brito, 2002).

3.7.1.1. Manutenção preventiva

Consiste no planeamento e execução de atividades de manutenção, com marcações bem definidas, permitindo assim uma redução de trabalhos extraordinários. Durante a fase de projeto, são conhecidos os elementos constituintes e inicia-se o processo de planeamento e, posteriormente, a realização destas manutenções, sendo necessário a caracterização dos diversos elementos:

- Vida útil de cada um dos elementos que constituem os edifícios (Flores, 2002; Flores & Brito, 2002);
- Nível de qualidade e exigência na fase de projeto e construção do edifício;
- Anomalias mais relevantes dos elementos utilizados na construção e na envolvente do edifício, se assim existir;
- Causas mais prováveis para a degradação dos elementos;
- Caracterização dos agentes de degradação;
- Escolha das operações que sejam mais rápidas e que beneficiam em termos de custo e qualidade os inquilinos;
- Análise de registos históricos para averiguação da periodicidade de intervenções e custos de algumas intervenções;
- Recomendações da documentação de todas as pessoas envolvidas na construção, antes e após as reparações;
- Custos que as futuras reparações possam vir a ter.

Este tipo de manutenção tem a vantagem de permitir o planeamento das operações de manutenção e dos respetivos custos, permitindo uma maior satisfação por parte dos inquilinos, conseguindo otimizar recursos e custos. Porém, tem como desvantagem a necessidade, na fase de projeto, de uma maior análise, com controlo rigoroso, para assim obter uma base de dados com toda a informação necessária (Flores, 2002; Flores & Brito 2002).

3.7.1.2. Manutenção preditiva

Consiste na execução da manutenção dos diversos elementos que constituem o edifício, conseguindo assim planejar as inspeções em função do tempo de vida útil de cada elemento.

Necessita de métodos de diagnóstico estruturados em cada inspeção, da correta definição do estado dos elementos e da otimização dos custos de inspeção, assim como dos custos de reparação. Assim, no planeamento de inspeções, ao longo da fase de projeto, deverão ser analisados os elementos, as atividades de inspeção, a sua duração e periodicidade e determinada a provável durabilidade média dos diversos elementos (Flores, 2002; Flores & Brito 2002).

3.7.1.3. Manutenção de melhoramento

Estratégia que se baseia nas melhorias executadas durante a exploração do edifício tendo como objetivo evitar a insuficiente funcionalidade dos elementos. Devido aos avanços tecnológicos tende a ser aplicada com maior frequência.

Tem como vantagem permitir a melhoria das características iniciais dos elementos, conseguindo assim aumentar a sua vida útil. É fundamental existir uma correta análise dos materiais existentes e dos que futuramente vão ser aplicados, porque nem sempre possuem o comportamento *in-situ* adequado ao longo do tempo (Flores, 2002; Flores & Brito 2002).

3.7.2. Manutenção reativa

Designada também por manutenção resolutiva ou curativa, consiste na intervenção da reparação dos materiais, devido à atuação de mecanismos de degradação natural, sendo necessário criar um banco de dados para a divulgação de procedimentos tipo, para que haja uma atuação rápida e atempada.

A curto prazo tem poucos custos associados, mas a longo prazo introduz bastantes custos acrescidos, para além de outras dificuldades (Flores, 2002; Flores & Brito 2002).

Existem vários tipos de operações de manutenção que, na sua generalidade, são processos bastantes simples que contribuem para um bom funcionamento de

todos os componentes dos edifícios. Necessitam de ser bem geridas para que se consiga realizar um correto controlo orçamental, manter a satisfação dos utentes e obter o prolongamento da vida útil do edifício. Englobam (Flores & Brito, 2002):

- As operações de reparação ou substituição local, efetuadas quando existem anomalias nos edifícios e, normalmente, com um nível de propagação bastante elevado. Pressupõem que exista uma análise global cuidada e um estudo de reabilitação, conseguindo-se assim, solucionar as causas das anomalias impedindo que no futuro reapareçam.
- As operações de limpeza que contribuem para o bom funcionamento do edifício, conseguindo-se também, com este tipo de operações, detetar anomalias que surgem na sequência de depósitos e de sujidade, permitindo uma intervenção o mais rápido possível, evitando custos elevados e a insatisfação dos utilizadores.

Capítulo 4

Caso de Estudo: Bairro Rainha D. Leonor

Capítulo 4. Caso de estudo: Bairro Rainha D. Leonor

O Bairro Rainha D. Leonor, localizado na freguesia da Foz do Douro (Figura 15), foi construído em duas fases: em 1953 foram construídos os blocos unifamiliares e em 1955 os blocos multifamiliares.

Contudo, nesta dissertação só vão ser estudados os edifícios unifamiliares do Bairro Rainha D. Leonor que correspondem a um conjunto de 25 edifícios (Domus Social, 2004).

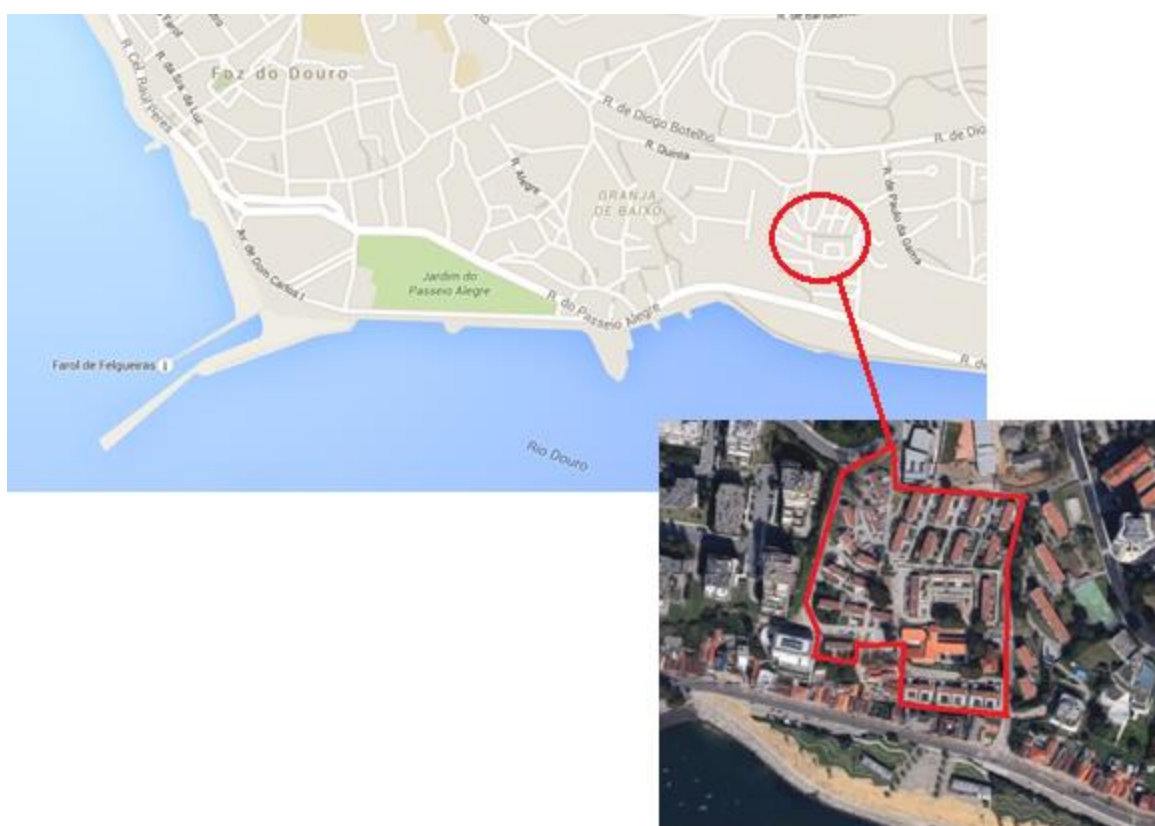


Figura 15 – Localização do caso de estudo
(Fonte: Google Earth, 2016)

4.1. Projeto do Bairro Rainha D. Leonor

Como já foi referido, os edifícios foram construídos em 1953, como um modelo de casas económicas do tipo “casa geminada de dois pisos com logradouro”. O bairro (Figura 16) era composto por 150 habitações distribuídos por 25 edifícios geminados em banda, com 30 edifícios unifamiliares (duplex) e 60 bifamiliares (um

fogo por piso), todos com acesso direto da via pública, constituídos por diferentes tipologias (T2 e T3) (Domus Social, 2004; Inês Lobo arquitetos Lda, 2004).



Figura 16 – Fotografia do Bairro Rainha D. Leonor no Porto com a ampliação à esquerda e à direita o bairro original (Fonte: Domus Social)

O sistema construtivo deste bairro, como é descrito na Memória Descritiva do projeto de licenciamento do Bairro de Sobreiras (anterior designação do Bairro Rainha D. Leonor), contém soluções usuais do período em que foi erigido, nomeadamente com (Restivo, 2014):

- Fundações em alvenaria hidráulica (assim como os embasamentos);
- Paredes de elevação de perpianho (com 0.15 m de largura) até ao segundo pavimento e de tijolo vazado (revestidas exteriormente com argamassa de cimento hidrófugo);
- Pavimentos (em marmorite e soalho) assentes em betonilha e lajes em betão, dispostos respetivamente no piso térreo e no primeiro andar;
- Estrutura do telhado em madeira (pinho nacional) revestida originalmente com telhas onduladas de fibrocimento, com uma cinta de betão armado, formando a cornija e servindo de travamento às paredes;

- Acabamento de divisórias interiores e tetos do piso térreo em argamassa de cal, e tetos do primeiro andar em estafe;
- Caixilharias (janelas) em madeira, de “guilhotina”, com portadas interiores.

O concurso para a reabilitação do Bairro Rainha D. Leonor foi lançado em 2004, sendo ganho pelo *Atelier Inês Lobo Arquitetos Lda.*, em 2005. Este previa obras de renovação e transformação das tipologias nos edifícios, que passava pela transformação dos 150 alojamentos para 90, conferindo assim um aumento de área de cada edifício já existente e uma maior iluminação natural, pelo que a manutenção arquitetónica original fazia parte do concurso lançado (Domus Social, 2004).

Dos 90 alojamentos 30 são de tipologia T1, 44 de tipologia T2 e 16 de tipologia T3, tendo estas tipologias as seguintes características (Figura 17) (Inês Lobo arquitetos Lda, 2004):

- Os T1 propostos ocuparam as bandas formadas pelos T3 do projeto inicial, ficando assim com 15 unidades ao nível do rés-do-chão e 15 unidades ao nível do 1º piso, e desenvolveram-se num só piso resultando da junção dos pisos térreos e os dos pisos superiores de dois T3 adjacentes. O projeto também contemplava novos acessos exteriores ao piso 1 por sistemas de varandas/escadas em betão armado;
- Os T2 propostos derivam da junção de dois T2 originais, ficando assim com 22 unidades no rés-do-chão e 22 unidades no 1º piso. Com esta junção ocorreu uma redução do número de T2 existentes. Criou-se um espaço central com uma parede de separação entre os T2 originais, conseguindo uma área na qual se organizam os restantes espaços, mantendo e recuperando os acessos verticais exteriores e as plataformas existentes;
- Os T3 propostos derivam da junção de dois T3 existentes, conseguindo assim 8 unidades ao nível do rés-do-chão, com plataformas em granito, e 8 unidades, com varanda, ao nível do 1º piso, ambos com manutenção dos acessos existentes.

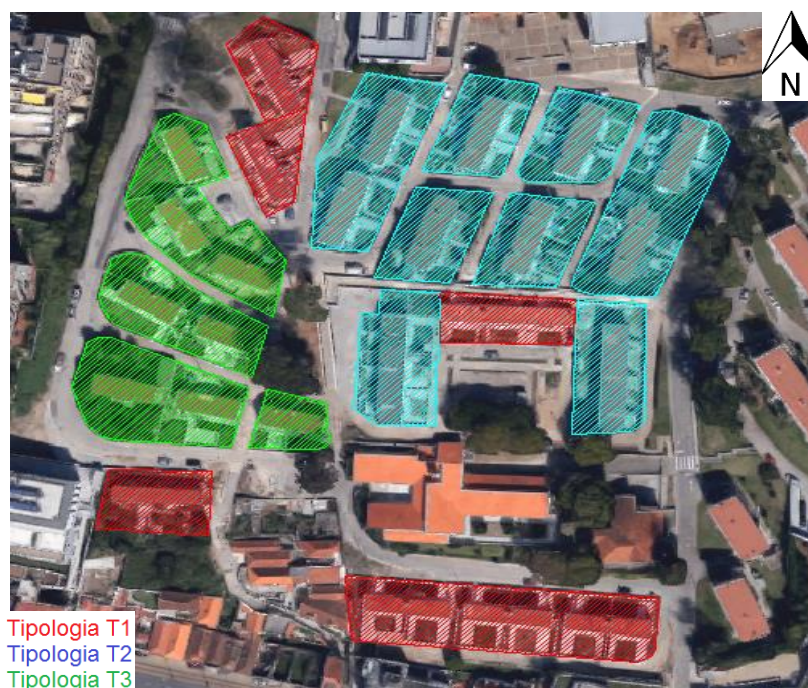


Figura 17 – Tipologias após a reabilitação.

No projeto de reabilitação houve mudanças significativas na organização dos espaços interiores e exteriores das habitações. Nas diversas tipologias foram demolidas as paredes interiores, ampliando os espaços e, nas paredes exteriores ampliaram-se as aberturas existentes para a colocação de caixilharias, tendo ocorrido ainda, em algumas habitações, a modificação das chaminés para exaustão (Inês Lobo arquitetos Lda, 2004).

A nível estrutural, na tipologia T1, substitui-se uma abertura de uma escadaria por uma laje e na tipologia T2 e T3 foram colocadas vigas metálicas no teto do rés-do-chão, visto que algumas das paredes que foram demolidas eram também estruturais, conseqüentemente, foi necessário reforçar essas seções (Inês Lobo arquitetos Lda, 2004).

No caderno de encargos deste projeto está estabelecido que os edifícios do bairro, constituídos por rés-do-chão e 1º piso, devem originar, com ajuda da topografia do terreno, a criação de entradas desniveladas e opostas, e manter os arruamentos existentes, bem como a vedação original em granito, em especial a base (Domus Social, 2004)

As Figuras 18, 19 e 20, demonstram os alçados e a planta da tipologia T1, T2 e T3 respetivamente. Nelas está representada, a amarelo, a estrutura antiga das habitações e, a vermelho, renovação que sofreram.

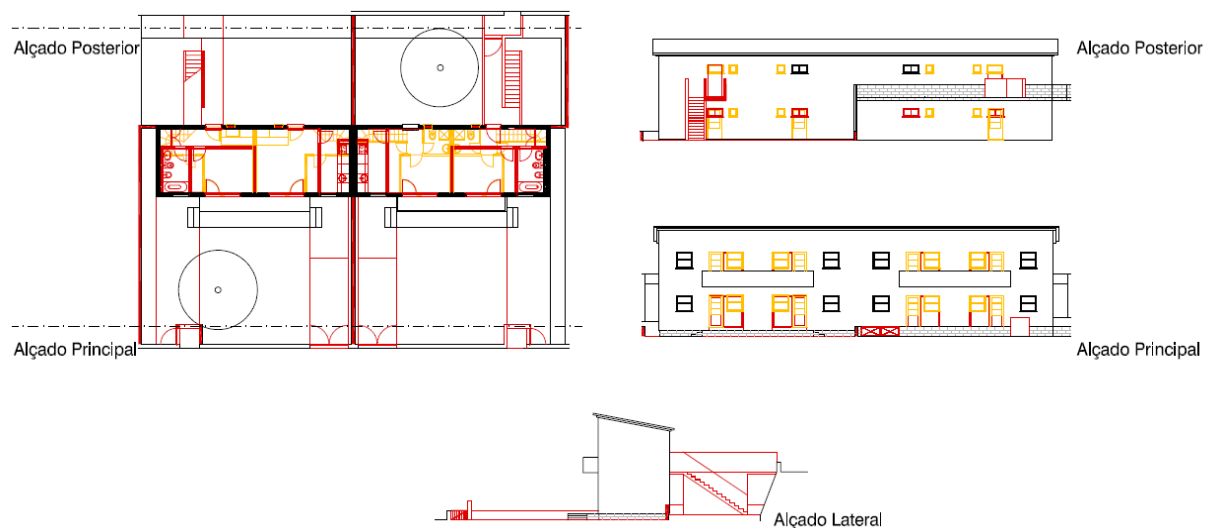


Figura 18 – Desenho relativos ao projeto de tipologia T1
(Fonte: Inês Lobo, arquitetos, 2004)

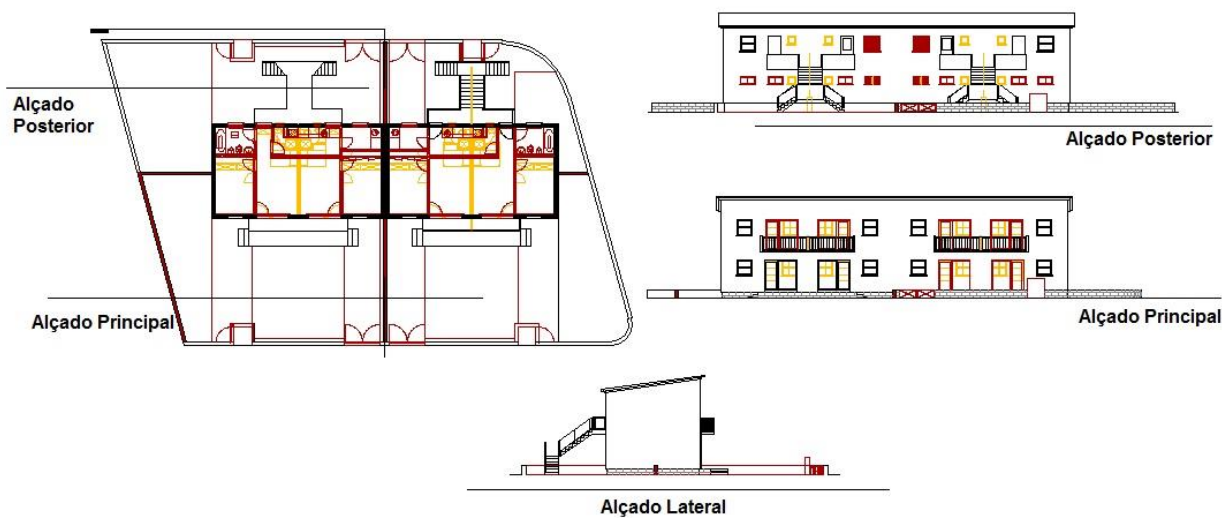


Figura 19 – Desenhos relativos ao projeto da tipologia T2
(Fonte: Inês Lobo, arquitetos, 2004)

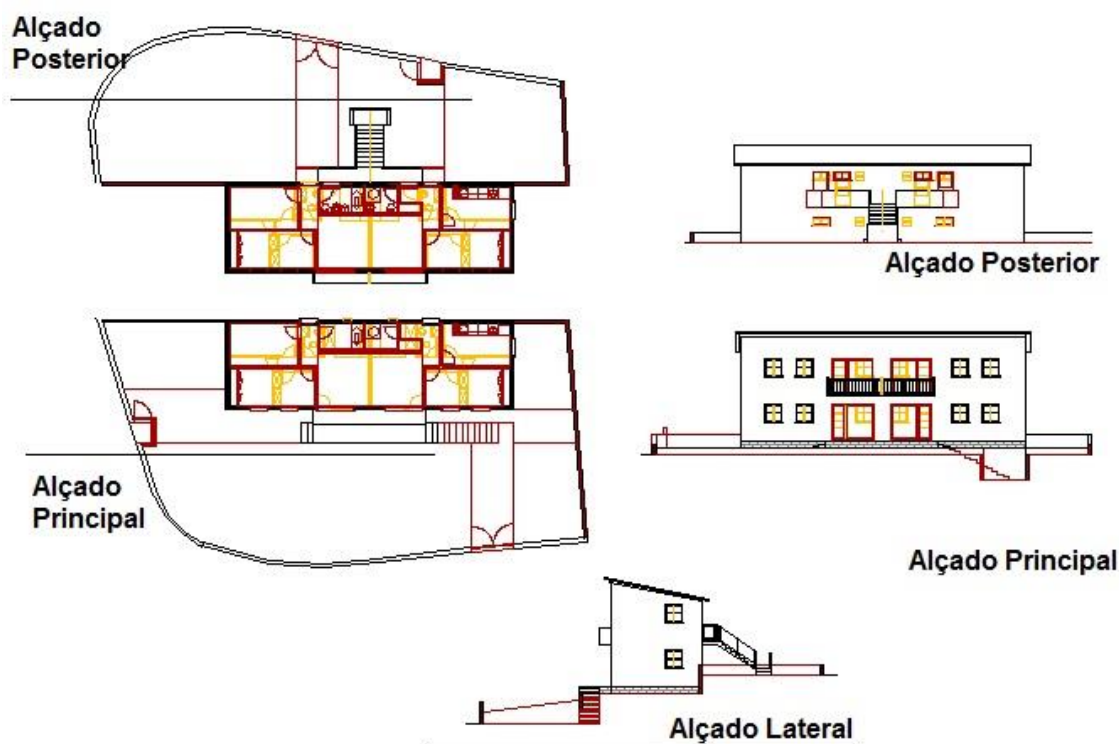


Figura 20 – Desenhos relativos ao projeto da tipologia T3
(Fonte: Inês Lobo, arquitetos, 2004)

O projeto de reabilitação destas moradias, além da nova redistribuição espacial, para aumentar as áreas dos compartimentos, define as soluções adotadas para os materiais de construção, para os revestimentos interiores e exteriores e para as caixilharias, iguais para todas as habitações, independentemente da tipologia. Esta metodologia visou manter as características e linhas originais do bairro, para se obter coerência entre a reabilitação e o projeto original. Contudo, algumas destas soluções levaram ao surgimento de algumas anomalias, como se indica a partir do ponto 4.2.2, nas primeiras fases da reabilitação do bairro. Na sequência dessas anomalias e das correspondentes queixas dos moradores, após a primeira e segunda fase de reabilitação, houve alteração de algumas das soluções de projeto.

Nas Tabelas 23 e 24 apresenta-se, para cada um dos elementos construtivos relevante para este estudo, as especificações constantes do caderno de encargos, do projeto, e as alterações introduzidas durante as operações de reabilitação.

Tabela 23 – Especificações dos elementos e alterações introduzidas
(Fonte: Inês Lobo, Arquitetos, 2004; Clausulas técnicas, 2004)

Elemento	Programa preliminar	Caderno de encargos e projeto	Construção	
Cobertura	- Não intervencionada no concurso de 2004, exceto para abrir e tapar as novas aberturas efetuadas. Foram intervencionadas em 2002 e 2003 para substituir as telhas de fibrocimento por telhas de Naturocimento.			
Paredes	Interiores	- As paredes interiores realizadas em tijolo cerâmico furado, assentes com argamassa de cimento, rebocadas e pintadas. Algumas destas, dependendo do local, revestidas com azulejo.		
	Exteriores	- Revestimentos exteriores semelhantes aos originais, usando tintas não texturadas.	- Aplicação de sistema de isolamento pelo exterior, rebocado e pintado de acordo com o programa preliminar.	- Como descrito no caderno de encargos, exceto na 1º fase nas duas habitações T e S, em que não há aplicação de qualquer sistema de isolamento.
Vãos envidraçados	Caixilharia	- De acordo com a existente no bairro, ou seja, caixilharia de madeira maciça, pintada com cor branca.	- O aro fixo em madeira maciça, e a folha móvel em estrutura em engradado de madeira chapeada em ambas as faces a contraplacado marítimo de 12 mm de espessura pintado de cor branca.	- Folhas de portas e janelas em aglomerado de madeira folheada (não se tratando de contraplacado marítimo).
	Peitoril Soleira	- As peças de cantaria à vista devem ser mantidas originais, ou seja, em betão pré-fabricado e, no rés-do-chão a soleira em granito.	- De acordo com o programa preliminar.	- Existe uma grande variedade de peitoris e soleiras, quanto à geometria e ao tipo de material. As habitações analisadas, reabilitadas até 2009 estão de

Tabela 24 – Especificações dos elementos e alterações introduzidas (cont.)
(Fonte: Inês Lobo, Arquitetos, 2004; Clausulas técnicas, 2004)

Elemento	Programa preliminar	Caderno de encargos e projeto	Construção
Vãos envidraçados	Peitoril Soleira		acordo com o programa preliminar e com o projeto. A partir de 2009 verifica-se que existe uma alteração nos peitoris, na tentativa de resolução das queixas dos moradores.
Pavimentos	-	- Os pavimentos interiores foram executados em madeira de pinho, soalho, e mosaico hidráulico.	- Devido a queixas de desgaste e de deformações modificou-se a altura do soalho, para resistir melhor.

4.2. Metodologia

Apresenta-se de seguida a metodologia de trabalho desenvolvida para este caso de estudo.

4.2.1. Amostra

Na impossibilidade de se inspecionar todas as habitações procedeu-se à seleção de uma amostra de 20%, ou seja, 18 habitações do total de 90, tendo em conta as anomalias e a data de reabilitação de cada uma delas. Pretende-se com esta percentagem ter uma amostra significativa onde se consiga obter uma melhor representatividade e evolução das soluções de reabilitação, ao longo do tempo e nas diferentes fases.

Para a seleção das habitações realizou-se uma análise das principais queixas dos inquilinos. Os dados foram recolhidos pela Domus Social e em algumas habitações conclui-se que já tinham sido intervencionadas, para minimizar os danos, como representado nas Tabelas 25 e 26.

Tabela 25 – Reclamações frequentes
(Fonte: Domus Social, 2014)

Reclamações	Agentes de degradação	Minimização dos danos
Entrada de água pelas portas	-Suspeita-se que a origem esteja nas variações de temperatura e na exposição de algumas habitações, nas quais algumas portas já se encontram empenadas.	-Foram realizadas algumas intervenções como a instalação de borrachas nas portas numa tentativa de melhorar a estanquidade, foram ainda abertos rasgos nas soleiras, e aplicados reforços da espessura do aro, de forma a aumentar o batente.
Entrada de água pelas janelas	-A ocorrência de chuvas aliadas a ventos fortes provoca uma maior degradação pois trata-se de caixilharias de madeira, com baixa estanquidade à água.	-Foi equacionada a aplicação de borracha de vedação na parte inferior da caixilharia da janela para assim melhorar a estanquidade junto ao peitoril.
Soleira em betão pré-fabricado	-Fissuração nas soleiras em betão, corrigida no âmbito da garantida nas mesmas.	-Solução adotada nas habitações, T e S, sendo posteriormente modificada para soleiras em granito.
Entrada de água pela chaminé	-Suspeita-se que algumas entidades, como as operadoras de televisão, colocam as suas infra estruturas no telhado e próximas das chaminés, o que afeta a estanquidade da mesma.	- Problema resolvido pela Domus Social
Condensações nas paredes	-Esta situação deve-se às condensações no interior das habitações.	-Esta situação foi minimizada com a colocação de grelhas de ventilação.
Infiltrações pelas varandas	-Infiltrações pela soleira da varanda da habitação do piso superior.	-Esta situação foi minimizada com a colocação de uma tela líquida, sendo que esta solução foi prevista nas últimas habitações.
Pinturas exteriores das caixilharias de madeira	-As caixilharias de madeira pintada, aliadas a uma forte exposição solar, a variações térmicas e a um ambiente agressivo (exposto aos sais marinhos) são bastante propícios à deterioração das mesmas.	-Deveriam ser objeto de manutenção e intervencionadas num período de 2 anos.

Tabela 26 – Reclamações frequentes (cont.)
(Fonte: Domus Social, 2014)

Reclamações	Agentes de degradação	Minimização dos danos
Microfissuras em argamassas de revestimento	Trata-se da retração das argamassas, é um problema apenas estético.	
Pavimento de madeira com desgaste	-A solução inicial é a de um soalho de madeira de pinho com 22 mm de espessura e com acabamento encerado.	-Por razões de manutenção, este pavimento foi alterado para pinho tratado com 27 mm de espessura e com acabamento envernizado.

Analisaram-se as anomalias por habitação e selecionaram-se aquelas com mais anomalias e/ou mais danificadas, tendo em conta também, como já referido, a data de reabilitação, para assim se conseguir mapear ao longo do tempo as alterações/reparações que foram efetuadas nos edifícios.

Os edifícios que foram alvo de inspeção estão mapeados e identificados com a trama vermelha na Figura 21 e enumerados na Tabela 27.



Figura 21 – Habitações analisadas

Tabela 27 – Identificação das habitações analisados

Fase de reabilitação	1º	2º	3º	4º	5º
Ano de conclusão	2007	2009	2011	2012	2013
Edifício	T; S	I; M; P	A; B; C	Y; F; K	D; R; V;
Nº de habitações	2	4	4	3	5

4.2.2. Entrevistas

Efetuaram-se visitas de inspeção aos edifícios da amostra selecionada para se analisarem as principais anomalias das 18 habitações que a constituem.

Para uma análise mais cuidada relativamente ao nível de desempenho dos edifícios, foram realizadas entrevistas aos inquilinos sobre as condições de habitabilidade e o estado de conservação dos fogos. Teve-se como base a metodologia desenvolvida por (Rodrigues, 2008), que criou um matriz base na qual foram definidos os critérios principais de avaliação, e que aplica o método de análise multicritério, tendo em conta aspetos económicos, como as manutenções e despesas de energia de cada fogo.

Tendo como base esta avaliação, Rodrigues (2008) representa numa matriz os principais critérios que este método pretende avaliar. A partir dos critérios principais foram delineados critérios secundários, indicados nas Tabelas 28 e 29, conseguindo-se obter assim, a classificação relativa ao nível de desempenho.

Tabela 28 – Critérios de avaliação das entrevistas
(Fonte: Rodrigues, 2008)

Critérios principais	Critérios secundários
1. Estanquidade	1.1 Estanquidade da cobertura à água 1.2 Estanquidade da fachada à água 1.3 Estanquidade dos elementos de cerramento dos vãos
2. Condições higrotérmicas interiores	2.1 Conforto térmico Verão 2.2 Conforto térmico Inverno

Tabela 29 - Critérios de avaliação das entrevistas (cont.)

(Fonte: Rodrigues, 2008)

Critérios principais	Critérios secundários
2. Condições higrotérmicas interiores	2.3 Sobreaquecimento interior 2.4 Humidade interior 2.5. Condensações no interior
3. Condições acústicas	3.1 Ruídos aéreos exteriores 3.2 Ruídos aéreos entre habitações 3.3 Ruídos de percussão
4. Aspeto visual da envolvente exterior construída	4.1 Fissuração dos revestimentos de fachada 4.2 Descoloração dos revestimentos da fachada 4.3 Queda e destacamento de revestimentos da fachada 4.4 Manchas escuras devido ao desenvolvimento de microrganismos e fixação de sujidade no revestimento de fachada 4.5. Eflorescências 4.6 Manchas de humidade nas fachadas 4.7 Vãos envidraçados (vidros partidos, mau funcionamento, peitoris fissurados, porosos, pingadeira inexistente ou incorretamente executada, vidros partidos) 4.8 Inexistência/deficiência de funcionamento dos sistemas de drenagem de águas pluviais, elementos do sistema descascados, com corrosão, partidos, em falta 4.9 Revestimentos da cobertura/sistemas de impermeabilização ou rufagem, incorretamente executados e/ou danificados e/ou com acumulação de sujidade/vegetação
5. Durabilidade e facilidade de manutenção	5.1 Conservação dos materiais (edifício/fogo) 5.2 Conservação dos elementos construtivos e instalações (edifício/fogo) 5.3 Facilidade de manutenção e conservação (envolvente externa construída e partes comuns)

Durante a entrevista, o entrevistado e o entrevistador, atribuem uma classificação, de modo a avaliar cada critério secundário, tendo em conta a escala de valoração representada na Tabela 30.

Tabela 30 – Escala de valoração do desempenho
(Fonte: Rodrigues, 2008)

Nível de desempenho	Valoração
10	Situação excelente sem necessidade de intervenção
9	Situação boa. Apenas manutenção.
8	Situação boa com algumas pequenas deficiências. Pequenas reparações
7	Situação aceitável com necessidade de reabilitação ligeira
6	Situação aceitável com necessidade de reabilitação moderada
5	Situação aceitável com necessidade de intervenção urgente -reabilitação profunda
4	Situação inaceitável com necessidade de intervenção prioritária - reabilitação excepcional
3	Situação intolerável - demolição

Para a determinação da escala de valoração do desempenho foi necessário desenvolver um sistema para a obtenção da classificação do critério principal e para a classificação global do edifício, através dos critérios secundários apresentados nas Tabelas 28 e 29, mostrando o perfil de qualidade do respetivo desempenho, cuja avaliação se apresenta na Tabela 31 (MCDM-23, 2002; Rodrigues, 2008).

Tabela 31 – Avaliação do nível de desempenho do edifício

Excelente	Muito bom	Bom	Satisfaz	Satisfaz pouco	Não satisfaz
$10 \geq ND^* \geq 9$	$9 > ND^* \geq 8$	$8 > ND^* \geq 7$	$7 > ND^* \geq 6$	$6 > ND^* \geq 5$	$5 > ND^* \geq 3$

*ND – nível de desempenho

No anexo A apresenta-se a Matriz base para a avaliação efetuada nas entrevistas.

De seguida procedeu-se à avaliação das entrevistas, tendo como base as escalas de avaliação referidas anteriormente, tendo-se obtido os resultados indicados na Tabela 32.

Tabela 32 – Resultados das entrevistas

Critério de Avaliação	Mínimo	Máximo	Média
Estanquidade	5,12	8,14	7,30
Condições higrotérmicas interiores	5,00	7,41	5,90
Condições acústicas	3,33	8,00	6,00
Aspetto visual da envolvente exterior	5,98	7,83	6,78
Durabilidade e facilidade de manutenção	4,77	8,00	6,34
Global	5,67	7,68	6,31

Com estes resultados, verifica-se que a média da avaliação global do edifício é de 6.31, o que corresponde na escala de avaliação do desempenho, Tabela 31, a um "satisfaz". No global das habitações existe uma grande disparidade entre os valores máximos e mínimos obtidos, devido aos diferentes tipos e gravidade de anomalias existentes nas habitações. Contudo, analisando-se a média dos valores, a estanquidade das habitações obteve um valor de 7,30, correspondente a "Bom". No entanto, o valor mínimo de 5,12 indica que existem ainda problemas graves de estanquidade ao nível da cobertura, da fachada e dos vãos envidraçados, relevando-se que a avaliação dada pelo entrevistador e pelos entrevistados relativamente aos vãos envidraçados é menor.

Por outro lado, as condições higrotérmicas interiores, a durabilidade e facilidade de manutenção são os critérios que obtiveram a classificação mais baixa, correspondendo a valores médios de 5.90 e 6.34, respetivamente, indicando a insatisfação dos habitantes. Para a avaliação do critério durabilidade e facilidade de manutenção, contribui negativamente, o tipo de materiais utilizados, tais como na caixilharia de madeira (aglomerada folheada).

Quanto às condições acústicas as maiores reclamações incidem sobre a transmissão de ruído aéreo entre habitações e o exterior.

4.2.3. Fichas e relatórios de inspeção

A inspeção às habitações foi registada em fichas de inspeção desenvolvidas pela equipa do DECivil (Simões et al., 2015), utilizadas e adaptadas posteriormente por Prizio (2015). Com estas foi possível registar as características, os componentes e as anomalias presentes.

Na Figura 22 apresenta-se uma parte das fichas de inspeção adaptadas para este caso de estudo, sendo que as componentes principais das fichas são:

- Identificação e caracterização do edifício;
- Caracterização das fachadas e empenas;
- Caracterização dos vãos envidraçados e caixilharias;
- Caracterização do interior dos fogos.

INTERIOR FOGO	
1. INTERIOR DE HABITAÇÃO	
1.1 Localização e tipologia do fogo visitado:	
1.1.1 Localização:	Rés -d o chão
1.1.2 Tipologia:	T2
1.2 Ventilação interior:	
WC's:	Grelha caixilho
Cozinhas:	Grelha caixilho
Outros compartimentos:	Grelhas
1.3 Número de habitantes da fração:	4
Observações:	
Janela guilhotina no WC e na cozinha equipadas com grelha de ventilação manual. Condensações da sala na viga de aço. Viga de aço tem sinais de corrosão. Existem zonas de escorrências nos quartos junto as caixilharias. Condensações na sala. Soalho com sinais de humidades (soalho escuro na zona de saída do quarto).	

Figura 22 – Exemplo de uma parte da ficha de inspeção utilizada.

Foi também realizado um relatório de anomalias de acordo com o modelo desenvolvido por Simões et al. (2015), que complementa as fichas de inspeção e permite fazer uma avaliação global das anomalias do edifício para posterior aplicação do FMECA e do método de Mosler.

Este relatório (Figura 23) é referente às respetivas fichas de inspeção, ou seja, cada ficha é complementada com um relatório, no qual constam as principais anomalias registadas na data de inspeção e o seu nível de afetação no edifício. São uma ferramenta complementar que ajuda a sintetizar a informação para futuras manutenções.

ANOMALIAS ENCONTRADAS		
Anomalia	Humidade no pavimento de madeira (soalho aplica do sobre ripado)	
Caracterização	Localização	Junto às caixilharias
	% de afectação	70
	Amplitude (cm)	
	Extensão (cm)	200
Possíveis causas	Entrada de humidade pela zona das caixilharia e portas	
Soluções		
Observações	A soleira de pedra de granito está mais alta relativamente ao pavimento interior. Há entrada de humidade. Tem apenas dois furos de drenagem. Na sala os danos no soalho só aparecem na tira de madeira de 2 cm entre o caixilho e a calha de correr da portada de madeira	

Figura 23 – Exemplo de registo e avaliação de anomalias no relatório de inspeção

No Anexo B e C encontra-se um exemplo completo da ficha e relatório de inspeção, respetivamente para o edifício M, Habitação 42-48 do Bairro Rainha D. Leonor, sendo que as restantes se encontram em suporte digital anexo a esta dissertação.

4.2.4. Análise das anomalias registadas

Com os dados obtidos, procedeu-se à análise do grau de afetação das anomalias nos edifícios, tendo-se em conta a fase de conclusão de cada edifício, ou seja, 5 fases, o que permite identificar a percentagem de incidência no global do elemento construtivo, o grau de afetação e, conseqüentemente analisar as mais críticas. Nas Figuras 24, 25 e 26 e nas Tabelas 33 e 34, apresenta-se a percentagem de afetação das anomalias registadas, nas fachadas, vãos envidraçados e no interior dos fogos, de um edifício de cada fase de construção.

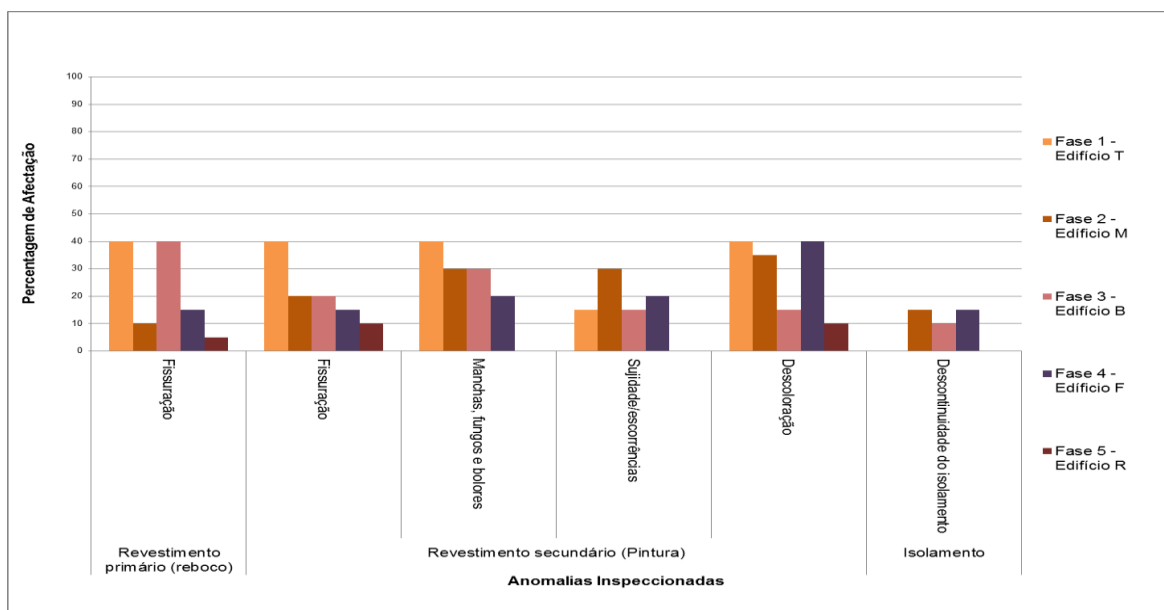


Figura 24 – Anomalias em fachadas e empenas

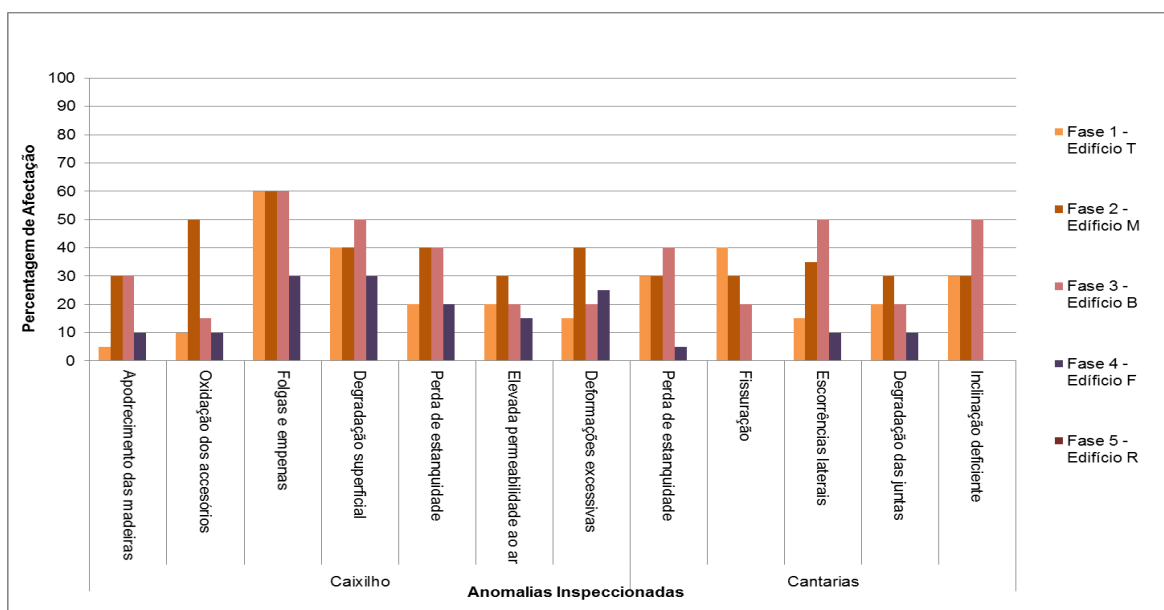


Figura 25 – Anomalias em vãos envidraçados e cantarias

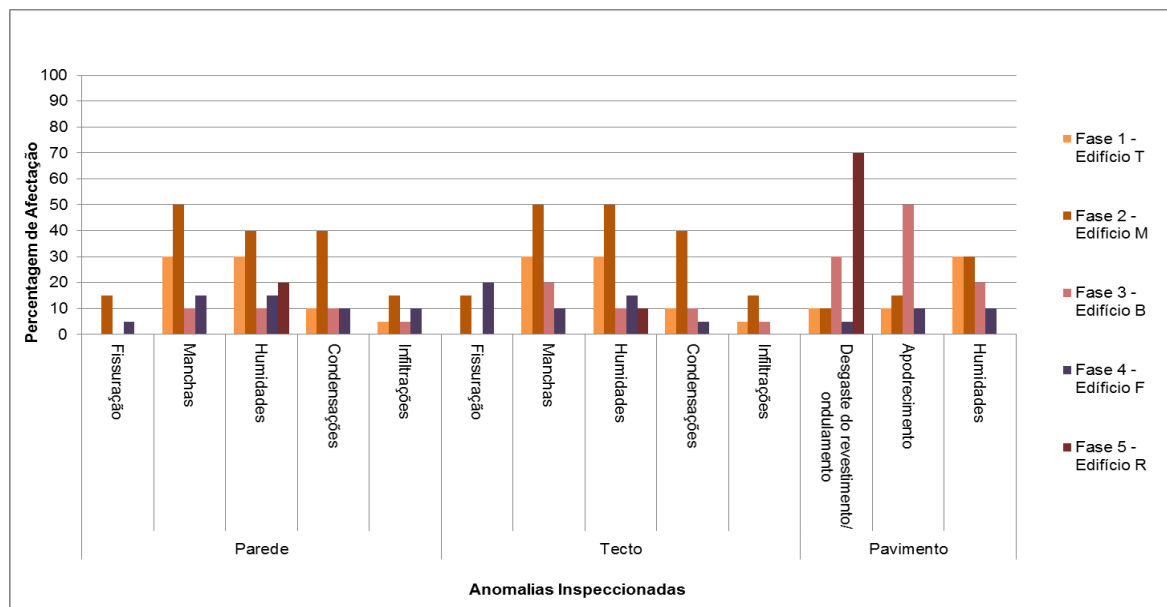


Figura 26 – Anomalias em áreas interiores

Tabela 33 – Média da percentagem de afetação das anomalias por as diferentes fases

Elemento Afetado	Descrição da Avaliação Física e Visual	Fase 1 (%)	Fase 2 (%)	Fase 3 (%)	Fase 4 (%)	Fase 5 (%)	Fases 1-5 (%)	
Fachadas e empenas	Revestimento primário (reboco)	Fissuração	25,0	16,3	13,8	8,3	10,0	13,6
		Revestimento secundário (Pintura)	Fissuração	25,0	18,8	8,8	6,7	11,0
	Manchas, fungos e bolores		20,0	22,5	21,3	11,7	12,0	17,2
	Sujidade/escorrências		17,5	31,3	15,0	8,3	21,3	19,4
	Descoloração		30,0	28,8	18,8	21,7	19,0	22,8
	Isolamento	Descontinuidade do isolamento	-	10,0	3,8	6,7	3,0	5,6
	Vãos envidraçados e caixilharias	Caixilho	Apodrecimento das madeiras	12,5	18,8	25,0	5,0	11,0
Oxidação dos acessórios			20,0	27,5	18,8	15,0	8,0	17,2
Folgas e empenas			45,0	42,5	50,0	30,0	18,0	35,6
Degradação superficial			40,0	32,5	35,0	25,0	11,0	26,7
Perda de estanquidade			15,0	27,5	30,0	13,3	7,0	18,6

Tabela 34 – Média da percentagem de afetação das anomalias por as diferentes fases (cont.)

Elemento Afetado		Descrição da Avaliação Física e Visual	Fase 1 (%)	Fase 2 (%)	Fase 3 (%)	Fase 4 (%)	Fase 5 (%)	Fases 1-5 (%)
Vãos envidraçados e caixilharias	Caixilho	Elevada permeabilidade ao ar	20,0	25,0	20,0	15,0	9,0	17,2
		Deformações excessivas	15,0	23,8	23,8	21,7	6,0	17,5
	Cantarias	Perda de estanquidade	20,0	22,5	21,3	8,3	5,0	14,7
		Fissuração	40,0	36,3	5,0	0,0	0,0	13,6
		Escorrências laterais	17,5	28,8	16,3	5,0	5,0	14,2
		Degradação das juntas	20,0	18,8	17,5	6,7	7,0	13,3
	Inclinação deficiente	25,0	27,5	12,5	6,7	4,0	13,9	
Áreas interiores	Parede	Fissuração	0,0	10,0	6,3	1,7	3,0	4,7
		Manchas	20,0	26,3	16,3	15,0	1,0	14,4
		Humidades	22,5	25,0	20,0	16,7	10,0	18,1
		Condensações	7,5	28,8	12,5	6,7	4,0	12,2
		Infiltrações	5,0	10,0	11,3	3,3	3,0	6,7
	Teto	Fissuração	7,5	10,0	5,0	6,7	3,0	6,1
		Manchas	15,0	28,8	22,5	3,3	2,0	14,2
		Humidades	15,0	22,5	22,5	5,0	5,0	13,9
		Condensações	7,5	26,3	12,5	5,0	4,0	11,4
		Infiltrações	5,0	12,5	15,0	0,0	3,0	7,5
	Pavimento	Desgaste do revestimento/ondulamento	12,5	11,3	11,3	5,0	21,0	13,1
		Apodrecimento	12,5	15,0	23,8	5,0	4,0	11,9
		Humidades	22,5	27,5	16,3	20,0	11,0	18,6

Salientam-se os vãos envidraçados como o elemento construtivo com maior área de afetação por anomalia, seguida das áreas interiores e fachadas. Verifica-se que existe uma redução de anomalias nos edifícios das últimas duas fases de construção, exceto no edifício R da 5ª fase, no que respeita ao desgaste do revestimento/ondulação (devido a humidade ou mau assentamento). As anomalias dos vãos envidraçados são as principais causas de humidade por infiltração que se regista em paramentos de paredes e de pavimentos interiores.

4.2.4.1. Detecção de humidade e de pontes térmicas

Com o objetivo de se detetarem pontes térmicas (causas de ocorrência de condensações) e a existência de humidade em paredes, utilizou-se uma câmara termográfica (Testo 875) e um medidor de humidade (TRAMEX CRH).

A câmara termográfica (Figura 27) transforma a radiação infravermelha invisível ao olho humano numa imagem visível, detetando a energia emitida pelo objeto. Efetua o mapeamento, sem contato, das variações de temperatura dos elementos construtivos, permitindo detetar elementos estruturais e não estruturais, pontes térmicas, humidade e perdas energéticas por ventilação (Testo, 2016).



Figura 27 – Câmara termográfica

Na Figura 28 é possível verificar-se a existência de pontes térmicas, nomeadamente, na ligação da laje de varanda com a parede (fachada) e na envolvente dos vãos envidraçados. Registam-se ainda, trocas de energia diferenciadas (relativamente à zona de parede), através dos vãos envidraçados, o que se traduz em maiores perdas ou ganhos de energia, denotando o seu baixo desempenho térmico.

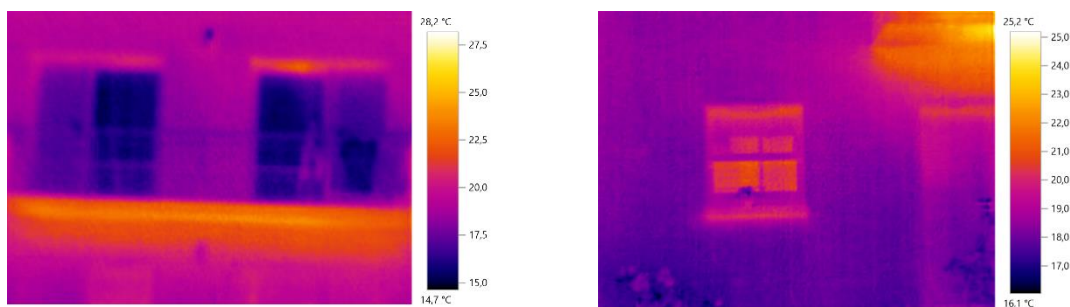


Figura 28 – Imagens captadas com câmara termográfica

Na Figura 29 está representado um medidor de humidade (TRAMEX CRH), que através de um processo não destrutivo, consegue efetuar medições, de humidade e humidade relativa em betão e argamassas, através da medição da impedância elétrica.



Figura 29 – Equipamento utilizado TRAMEX CRH

Através de elétrodos, instalados na base do equipamento, dotados de uma mola especial, é transmitido um sinal de baixa frequência para o material em análise, e é medida a sua impedância. Para a humidade relativa (HR) usa um sensor rígido de HR capacitivo. Apresenta várias escalas para diferentes materiais, sendo que, para este estudo, utilizaram-se duas escalas: “CS Concrete Scale” com uma escala de 0 a 6.9% e “CM Equivalent Scale” de 0 a 5% (ITISE, 2016).

A medição foi realizada na parte interior das habitações com o nº 52-58 e 7-13 na zona por baixo dos vãos envidraçados, janelas (Figura 30), que estava previamente identificada como crítica, quanto ao aparecimento de humidade. As medições foram espaçadas de 20 cm, a 10 cm da parte inferior da caixilharia, tendo esta a largura de 1 metro.

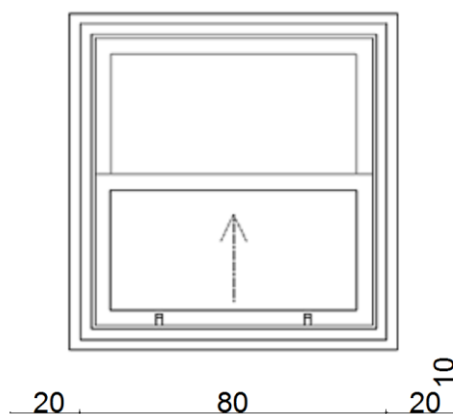
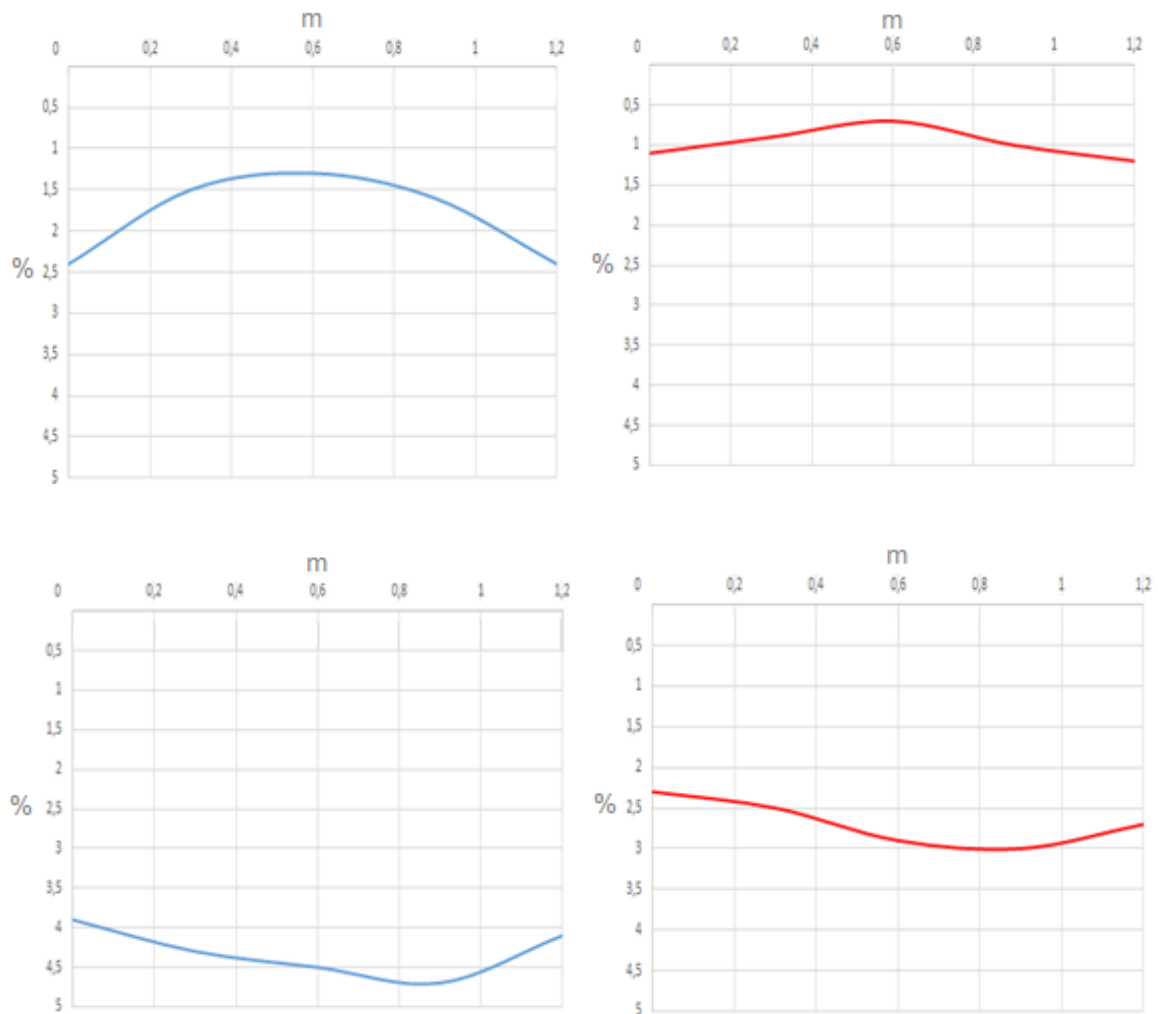


Figura 30 – Vão de janela



a) Percentagem de humidade "CS Scale"

b) Percentagem de humidade "CM scale"

Figura 31 – Medições de humidade em parede sob o vão de janela

Da análise dos gráficos apresentados na Figura 31, que correspondem a medições feitas em dois fogos, verifica-se a existência de humidade na parede sob o vão, que advém de infiltrações pelos peitoris e caixilharias. Na Figura 32 visualizam-se manchas de humidade e marcas de escorrências de água nestas zonas de parede.



Figura 32 – Mancha de humidade e escorrências na parede sob o vão envidraçado

4.2.5. Níveis e estado de conservação

As decisões do tipo de operações de reabilitação a realizar, e a prioridade com que se devem realizar, são tomadas após a caracterização do estado de conservação do edifício e dos restantes componentes que a completam (Rodrigues, 2008). A escala de avaliação do estado de conservação, para o uso do FMECA, utilizada neste estudo foi desenvolvida por Rodrigues (2008) com uma escala de dez níveis e adaptada por Prizio (2015), para uma escala com 5 níveis, conforme se indica na Tabela 35.

Tabela 35 – Níveis de conservação
(Fonte: Prizio, 2015)

Nível de Conservação	
5	Excelente
4	Bom
3	Médio
2	Mau
1	Muito Mau

Para a obtenção do grau de degradação (das fachadas e das empenas, dos vãos envidraçados e das áreas interiores), registaram-se as anomalias por percentagem de área afetada num sistema, sintetizando o número de vezes que parece um certo nível de risco, obtendo assim a avaliação final do elemento afetado, como representado nas Tabelas 36 e 37.

Tabela 36 – Exemplo do sistema utilizado para a determinação do grau de conservação

Elemento Afetado	Descrição da Avaliação Física e Visual	% de Afetação	Nível de Risco
1. Fachadas e Empenas			
Revestimento primário (reboco)	Fissuração	20	3
	Fissuração	20	4
Revestimento secundário (Pintura)	Manchas, fungos e bolores	50	3
	Sujidade/escorrências	40	3
	Descoloração	35	3
Isolamento	Descontinuidade do isolamento	15	3
2. Vãos Envidraçados e Caixilharias			
Caixilho	Apodrecimento das madeiras	30	3
	Oxidação dos acessórios	50	3
	Folgas e empenas	60	2
	Degradação superficial	40	3
	Perda de estanquidade	40	3
	Elevada permeabilidade ao ar	30	3
	Deformações excessivas	40	3
Cantarias	Perda de estanquidade	30	3
	Fissuração	30	4
	Escorrências laterais	35	3
	Degradação das juntas	30	3
	Inclinação deficiente	30	3
3. Áreas interiores			
Parede	Fissuração	15	4
	Manchas	50	3
	Humidades	40	3
	Condensações	40	3
	Infiltrações	15	4
Tecto	Fissuração	15	4
	Manchas	50	3
	Humidades	50	3
	Condensações	40	3
	Infiltrações	15	4
Pavimento	Desgaste do revestimento/ ondulação	30	3
	Apodrecimento	30	3
	Humidades	30	3

Tabela 37 – Exemplo do quadro de avaliação global de elemento afetado

Níveis	Nº de vezes que aparece o nível	%	Grau
5	7	58	FALSO
4	1	8	GD=4
3	4	33	FALSO
2	0	0	FALSO
1	0	0	FALSO

Como as classificações do FMECA, referidas no ponto 3.5.5.1., são demasiado detalhadas para a aplicação num edifício, optou-se por agregar os níveis de conservação (Tabela 35) com as matrizes de observação realizadas para o FMEA (Tabela 13), facilitando o estudo das anomalias e a sua avaliação, como representa a Tabela 38.

Tabela 38 – Exemplo do FMECA

Elemento	Função	Modo de falha potencial	Causa (s) e mecanismo (s) potencial (ais) da falha	Efeitos diretos	Efeitos indiretos	Ações recomendadas	GD	GD	GD	GD	GD
							5	4	3	2	1

Realizou-se também uma avaliação de cada elemento pelo método de Mosler: das fachadas e das empenas, dos vãos envidraçados e das áreas interiores. A aplicação deste método teve como suporte os relatórios de anomalias previamente realizados, que permitiram determinar e referenciar as anomalias encontradas.

Para a avaliação global do edifício usou-se a média do grau de conservação de cada elemento, conseguindo assim uma uniformização e coerência para posterior comparação entre os métodos. Posteriormente comparou-se os resultados obtidos pelo método de Mosler e do FMECA, conforme apresenta as Tabelas 40 e 41, sendo necessário adotar uma escala idêntica para ambos (Tabela 38).

Tabela 39 – Avaliação dos edifícios pelo FMECA e pelo método de Mosler

Valor ER - Quantificação	Classe de Risco	Escala de classe de risco
2-250	Reduzido	5
251-500	Importante	4
501-750	Elevado	3
751-1000	Critico	2
1001-1250	Desastroso	1

Tabela 40 – Avaliação dos edifícios pelos dois métodos

Data	Nº edifícios	Ed. avaliados	Orientação	Método	1.Fachadas e empenas	2.Vãos envidraçados	3.Áreas interiores	Global
2007	2	Ed. S Hab. 40-44	Oeste-Este	FMECA	4	4	4	4,00
				Mosler	5	4	5	4,67
		Ed. T Hab. 7-13	Oeste-Este	FMECA	3	3	3	3,00
				Mosler	4	4	4	4,00
2009	8	Ed. I Hab. 28-32	Norte-Sul	FMECA	3	3	3	3,00
				Mosler	4	3	2	3,00
		Ed. M Hab. 42-48	Nordeste Sudoeste	FMECA	3	3	3	3,00
				Mosler	4	3	2	3,00
		Ed. P Hab. 31-37	Oeste-Este	FMECA	3	4	4	3,67
				Mosler	5	5	4	4,67
		Ed. P Hab. 80	Oeste-Este	FMECA	4	4	4	4,00
				Mosler	5	4	5	4,67
2011	6	Ed. A Hab. 36-42	Norte-Sul	FMECA	4	4	4	4,00
				Mosler	5	4	3	4,00

Tabela 41 – Avaliação dos edifícios pelos dois métodos (cont.)

Data	Nº edifícios	Ed. avaliados	Orientação	Método	1.Fachadas e empenas	2.Vãos envidraçados	3.Áreas interiores	Global
2011	6	Ed. A Hab. 24-32	Norte-Sul	FMECA	4	4	4	4,00
				Mosler	5	5	5	5,00
		Ed. B Hab. 52-58	Norte-Sul	FMECA	4	3	4	3,67
				Mosler	4	4	2	3,33
		Ed. C Hab. 78-80	Norte-Sul	FMECA	4	4	3	3,67
				Mosler	5	5	3	4,33
2012	5	Ed. F Hab. 27-29	Norte-Sul	FMECA	3	4	4	3,67
				Mosler	4	4	5	4,33
		Ed. K Hab. 11-21	Nordeste-Sudoeste	FMECA	5	4	4	4,33
				Mosler	5	5	5	5,00
		Ed. Y Hab. 24-30	Oeste-Este	FMECA	4	4	4	4,00
				Mosler	5	5	5	5,00
2013	6	Ed. D Hab. 49	Norte-Sul	FMECA	3	4	4	3,67
				Mosler	4	3	4	3,67
		Ed. R Hab. 32-40	Nordeste-Sudeste	FMECA	4	5	5	4,67
				Mosler	5	5	5	5,00
		Ed. R Hab 9-15	Nordeste-Sudeste	FMECA	5	5	4	4,67
				Mosler	5	5	5	5,00
		Ed. R Hab. 16-26	Nordeste-Sudeste	FMECA	4	4	4	4,00
				Mosler	5	5	5	5,00
		Ed. V Hab. 4-6	Nordeste-Sudeste	FMECA	4	4	4	4,00
				Mosler	5	5	5	5,00

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 40 e 41 observa-se que, pela avaliação de ambos os métodos, os graus de conservação são idênticos e que os valores do FMECA são predominantemente mais baixos quando comparados com o método de Mosler. Os edifícios da primeira fase de reabilitação são os mais degradados, mas, ao longo do tempo, houve um melhoramento, não só por ser uma reabilitação mais recente, mas também pelas alterações efetuadas, melhorando a desempenho dos edifícios.

A orientação dos edifícios é um fator importante para a presença de anomalias, nomeadamente nos vãos envidraçados, que existem em maior predominância nas fachadas viradas a sul.

As Figuras 33, 34, 35 e 36 ajudam a uma melhor compreensão da comparação dos dois métodos, sendo de observar que apresentam valores muito próximos.

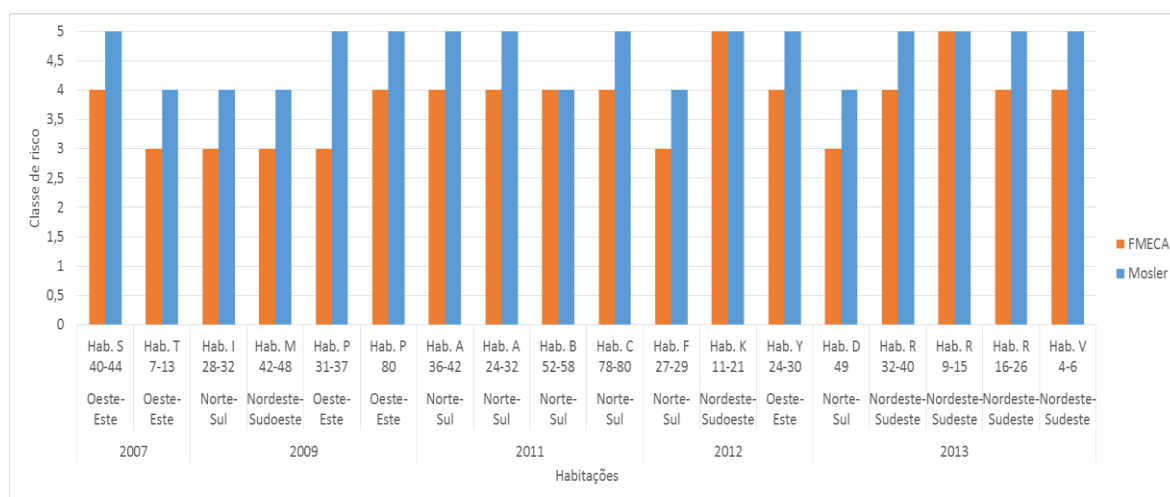


Figura 33 – Avaliação das fachadas e empenas

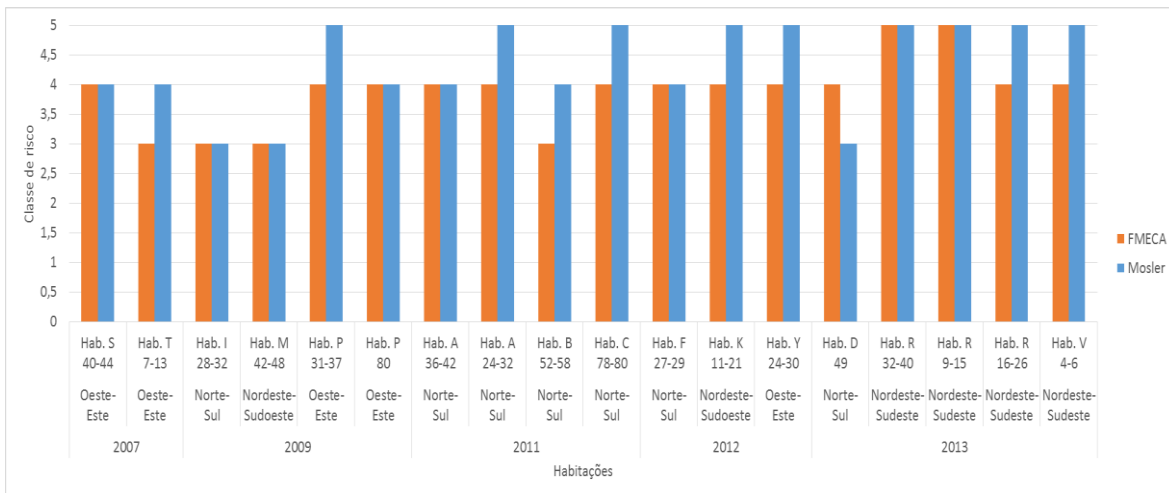


Figura 34 – Avaliação dos vãos envidraçados

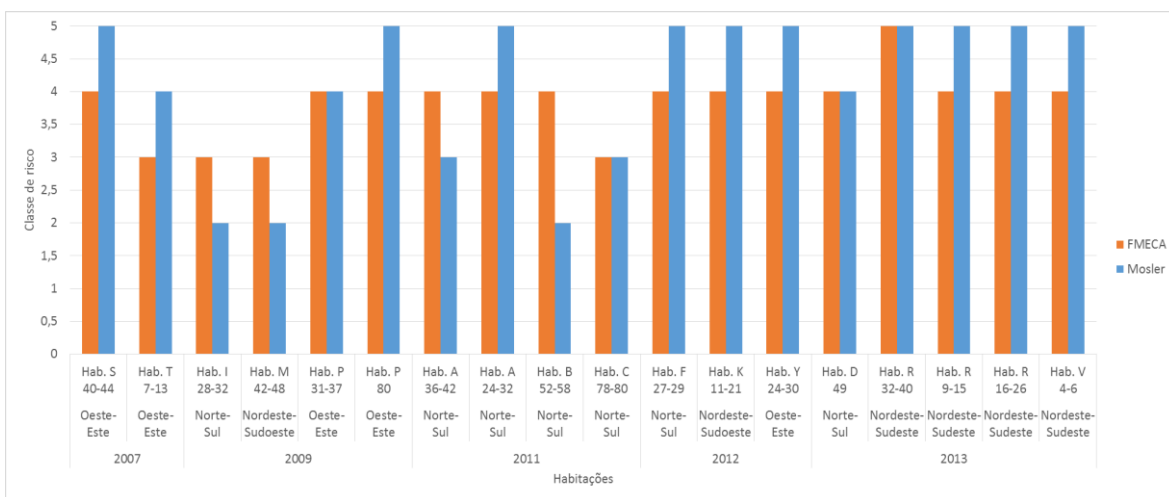


Figura 35 – Avaliação das áreas interiores

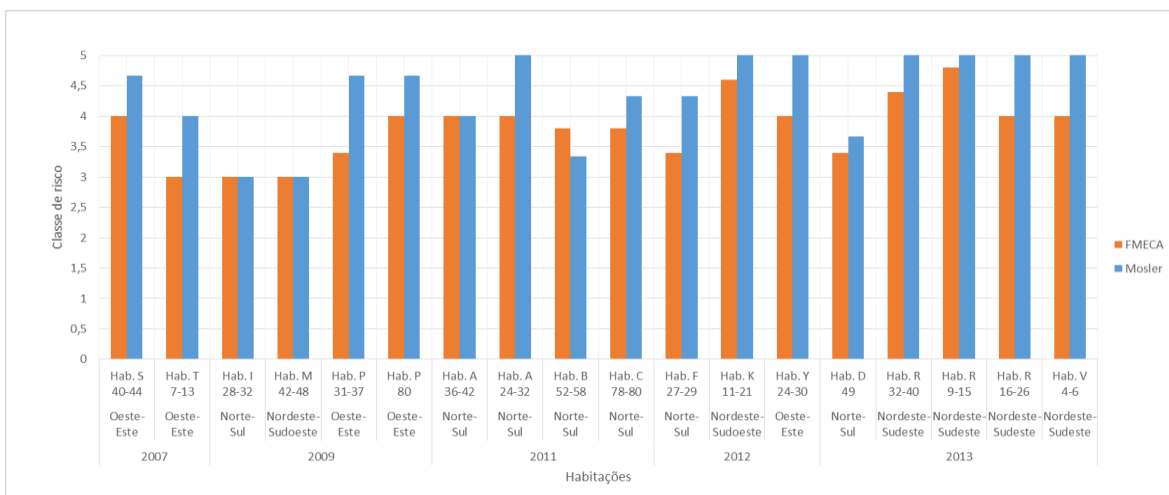


Figura 36 – Avaliação do global do edifício

Salienta-se que em algumas habitações os inquilinos realizaram alguns melhoramentos, manutenção e, por vezes, substituição de elementos, como por exemplo os inquilinos dos edifícios F, R, S e V. Estes melhoramentos ajudaram a melhorar alguns defeitos e problemas que aparecem ao longo do tempo.

4.3. Curvas de degradação

Para a análise dos valores obtidos, elaboraram-se curvas de degradação, que neste trabalho, pelo facto de não existirem mais dados de avaliação relativos a outros momentos temporais, são determinadas através de dois momentos, o ano de conclusão da reabilitação (nível 5) e o ano em que se efetuou a avaliação dos edifícios, 2016 (Sousa et al., 2016).

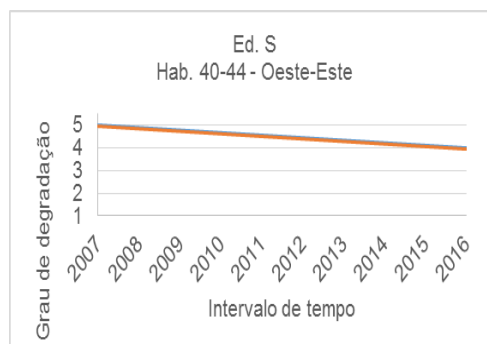
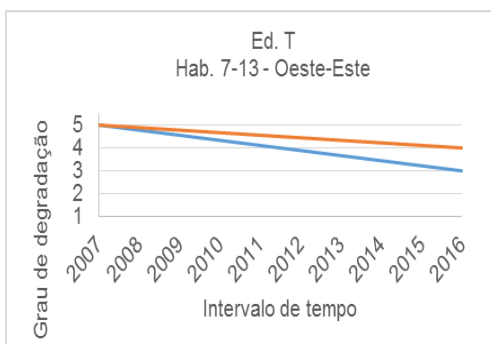
Estes dados são insuficientes para a obtenção de curvas de degradação, mas são considerados suficientes devido à inexistência de mais dados (Moubray, 1997).

Para esta análise, foi adaptada a escala utilizada por Sousa et al. (2016), mas que, para ficar coerente com as escalas utilizadas neste trabalho, foi invertida, estabelecendo-se assim, de acordo com os níveis de conservação da Tabela 39. A análise da degradação permite também concluir quanto à sua evolução, de acordo com a exposição (orientação da fachada), relativamente ao mesmo ano de conclusão.

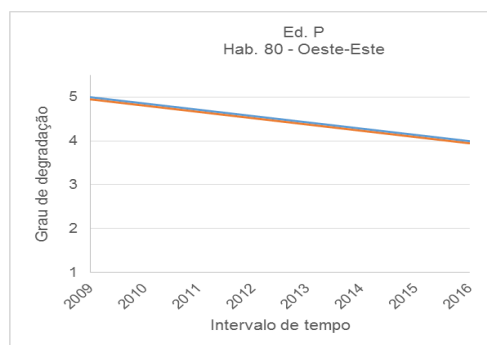
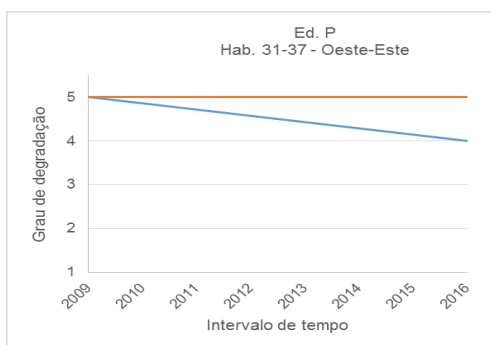
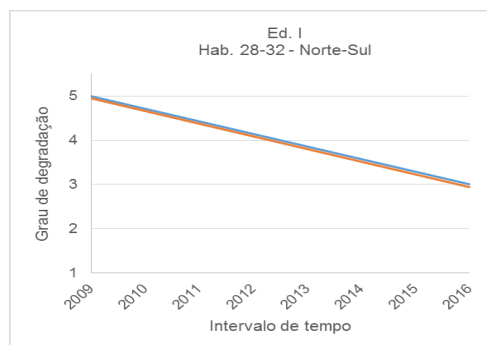
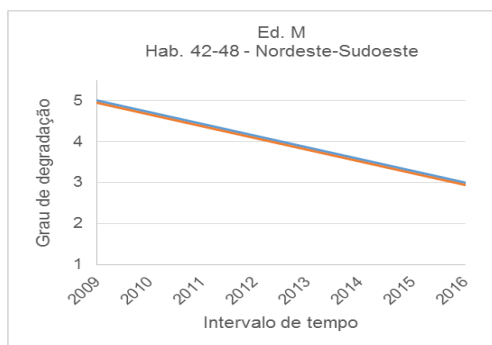
Nas Tabelas 42, 43 e 44 apresentam-se as curvas de degradação relativas à avaliação global dos vãos envidraçados, obtidas com o FMECA (a vermelho) e com o método de Mosler (a azul) devido à importância dos vãos envidraçados e do tipo de anomalias presentes nos edifícios, porém, obtiveram-se ainda curvas de degradação referentes às fachadas, empenas e áreas interiores, que se encontram no Anexo D.

Tabela 42 – Curvas de degradação dos vãos envidraçados dos edifícios

2007-
2016



2009-
2016



2011-
2016

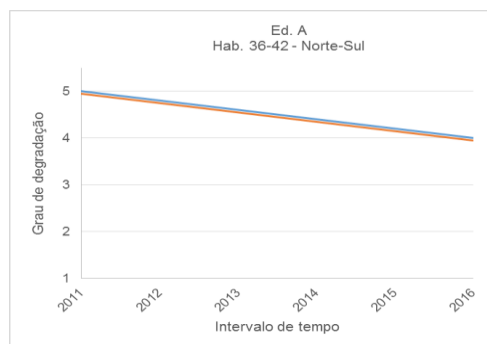
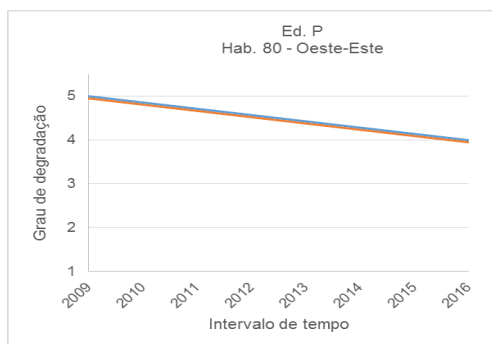
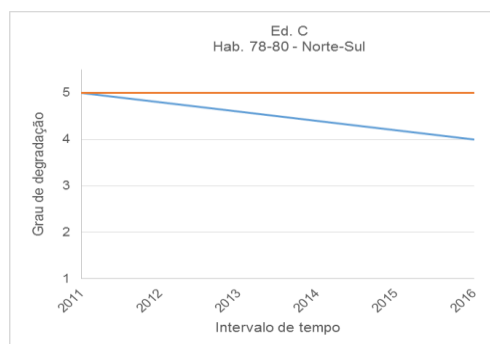
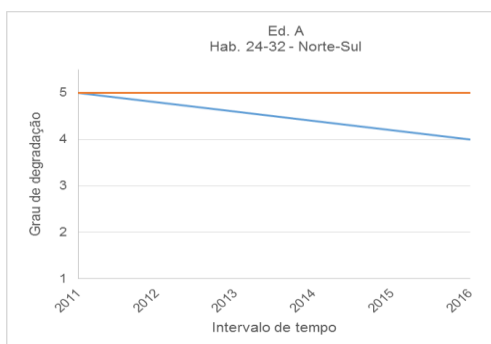
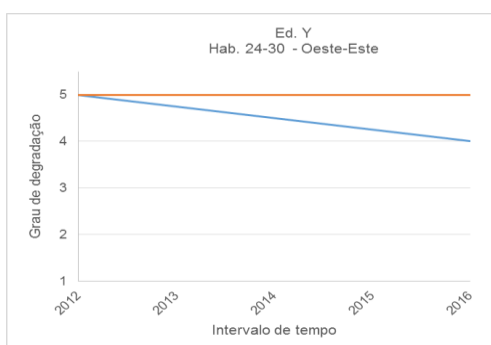
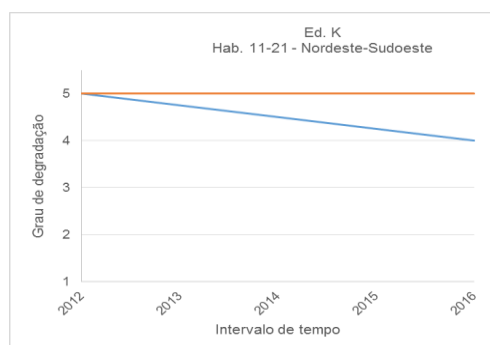
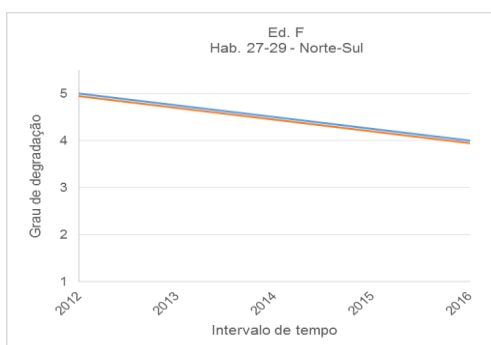


Tabela 43 – Curvas de degradação dos vãos envidraçados dos edifícios (cont.)

**2011-
2016**



**2012-
2016**



**2013-
2016**

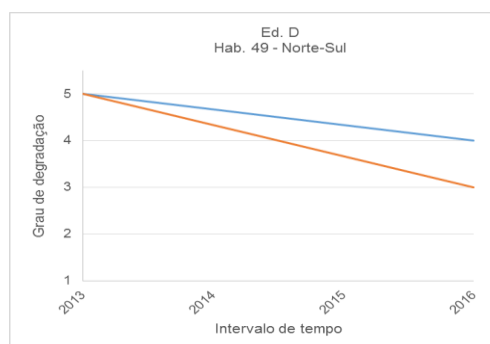
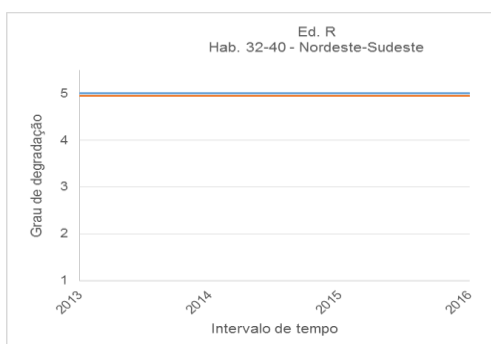
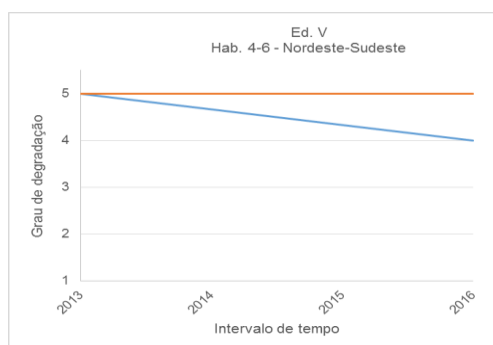
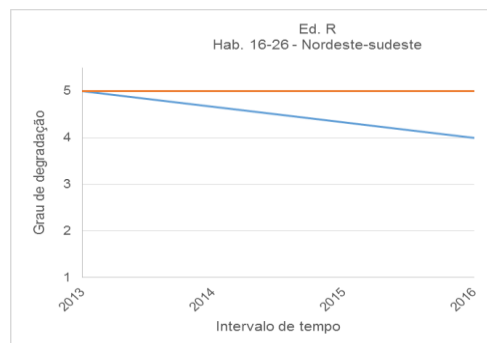
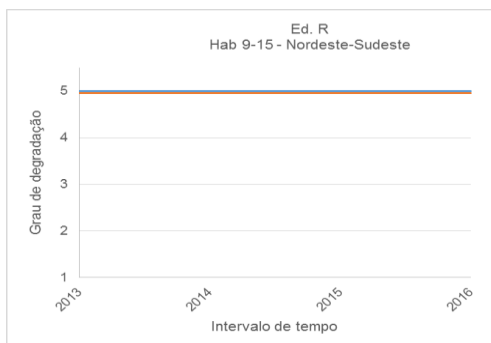


Tabela 44 – Curvas de degradação dos vãos envidraçados dos edifícios (cont.)

2013-
2016



A partir destes resultados verifica-se, que os vãos envidraçados expostos a norte e a sul sofreram maior degradação do que nos outros quadrantes, isto porque a chuva e o vento incidem mais intensamente sobre as fachadas a norte e a sul. Existem algumas exceções, pelo facto dos inquilinos procederem a ações de limpeza, pintura e, até, utilizarem alguns sistemas para controlarem a entrada de água pela folga da caixilharia, reduzindo assim os efeitos dos fatores de degradação.

4.4. Reabilitação dos vãos envidraçados

As anomalias mais preocupantes no bairro provêm das caixilharias de madeira e dos peitoris em betão pré-fabricado. Existem vários tipos de caixilharias e cantarias constituídas por diferentes materiais, resistência e durabilidade. Na Figura 37 representa-se um exemplo tipo de vão e quais os seus componentes.

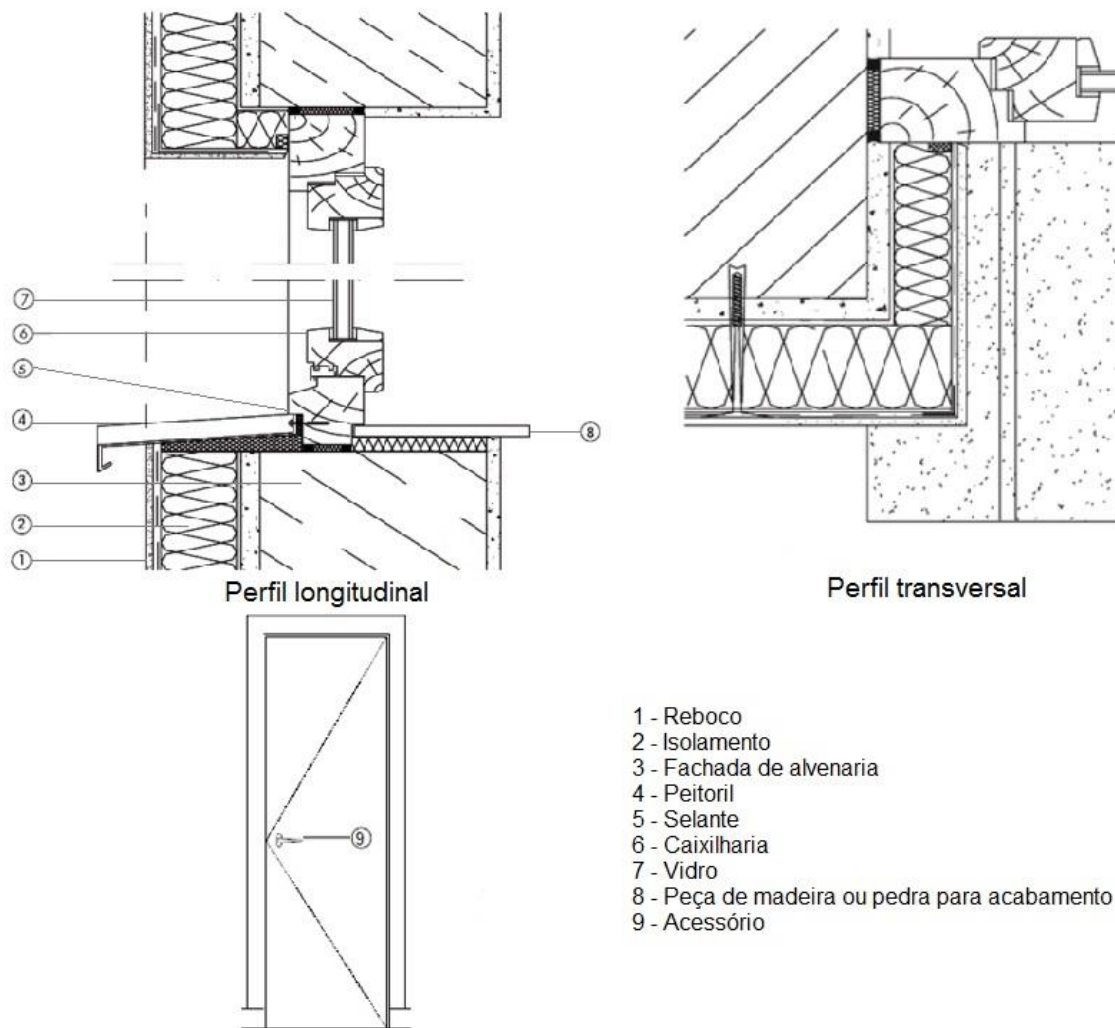


Figura 37 – Esquema dum caixilho em que A representa o perfil longitudinal e B transversal
(Fonte: adaptado Weber, 2016; Tisem, 2014)

Este tipo de elemento está exposto aos agentes atmosféricos, que em conjunto com outros fatores como, as opções construtivas que são incorretamente adotadas ou uma deficiente prática de fabrico e instalação (porventura resultante de uma má formação de quem as executa), podem originar vários tipos de problemas.

Para a minimização destes problemas, as exigências funcionais e a avaliação do desempenho do vão envidraçado deve-se ter em conta a globalidade dos componentes que o constituem, sendo as seguintes características de desempenho as mais relevantes (NP 14351-1, 2008):

- Resistência à ação do vento;
- Reação ao fogo;

- Estanquidade à água;
- Resistência ao impacto;
- Resistência mecânica;
- Isolamento sonoro;
- Coeficiente de transmissão térmica;
- Permeabilidade ao ar;
- Transmissão da energia solar total (fator solar);
- Transmitância luminosa;
- Durabilidade.

Em Portugal a legislação aplicável é a seguinte (LNEC, 2011):

a) O Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) aprovado pelo Decreto-Lei n.º 38 382, de 7 de Agosto de 1951, com a última alteração introduzida ao Art.º 17.º pelo Decreto-Lei n.º 50/2008, de 19 de Março;

b) Os regulamentos a seguir indicados:

- Emissão de substâncias perigosas – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS);
- Desempenho acústico – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios. Decreto-Lei n.º 96/2008 (RRAE);
- Coeficiente de transmissão térmica – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) Decreto-Lei n.º 118/2013, e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) Portaria n.º 349-D/2013;
- Permeabilidade ao ar – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), Decreto-Lei n.º 118/2013.

Embora sem caráter obrigatório, em Portugal, têm sido adotadas as recomendações do LNEC para especificação das classes do desempenho das janelas, de acordo com o especificado nos ITE (informações técnicas), que se indicam na Tabela 43.

Tabela 45 – Características essenciais de uma janela
(Fonte: adaptado de LNEC, 2011)

Estanquidade à água	– ITE 51;
Resistência ao vento	– ITE 51;
Resistência ao impacto	– ITE 51 e ITE 52;
Segurança dos dispositivos de manobra	– ITE 51;
Permeabilidade ao ar	– ITE 51.

ITE 51 – Componentes de edifícios. Seleção de caixilharia e seu dimensionamento mecânico. Lisboa: LNEC, 2006

ITE 52 – Componentes de edifícios. Aspectos de segurança e resistência mecânica do vidro. Lisboa: LNEC, 2008

Devido ao facto das janelas serem um elemento que contribui para o agravamento do nível de desempenho energético dos edifícios, foi criado em Portugal o SEEP (Sistema de etiquetagem energética de produtos) Janelas. Este sistema atribui uma etiqueta energética que permite aos consumidores comparar entre soluções no mercado mediante simples verificação da classe de desempenho energético, que vai de "G" (menos eficiente) a "A" (mais eficiente) (SEEP, 2016).

A etiqueta inclui também outra informação técnica mais detalhada, como os parâmetros de cálculo em que se baseou a determinação do desempenho energético das janelas, para além de dados complementares relacionados com as características do vidro e a capacidade de atenuação acústica da janela. Para além da etiqueta em grande formato fornecida com a janela, esta incluirá também uma pequena etiqueta, incorporada no produto de forma permanente e que garantirá a rastreabilidade de cada janela (SEEP, 2016).



Figura 38 – Exemplo de etiqueta SEEP
(Fonte: SEEP, 2016)

Quanto aos materiais mais utilizados nas caixilharias são a madeira, PVC e alumínio, mas existem caixilharias com madeira e alumínio (Bossche & Janssens, 2016 ; Guide de La Fenetre, 2016).

A madeira tem entrado em desuso, tendo vindo a ser substituída pelo alumínio e pelo PVC, devido ao custo inicial de aquisição quando comparado com as outras soluções de caixilharia e com os custos adicionais necessários para a execução das operações de manutenção (Gustavsen et al. 2011; Asdrubali et al., 2013).

O alumínio é relativamente recente, mas tem sido substituído pelo PVC, pois o PVC apresenta um custo inferior e um melhor desempenho térmico (Asdrubali et al., 2013). O PVC é um material termoplástico que resulta da combinação química de carbono, hidrogénio e cloro, tornando-o um material resistente, inerte, inócuo, impermeável, isolante e reciclável, conseguindo assim, um desempenho excepcional em termos de resistência mecânica, estanquidade à água, permeabilidade ao ar e de isolamento térmico e acústico. Embora o desempenho em termos de resistência mecânica seja positivo, é inferior comparando com o desempenho das outras soluções em madeira ou alumínio (Asdrubali et al., 2013). Na Tabela 46 e 47 sintetizam-se as propriedades dos diferentes tipos de caixilharias.

Tabela 46 – Características relevantes dos quatro tipos principais de caixilharia
(Fonte: Guide de la fenetre, 2016)

Caraterísticas Desempenho	Madeira	PVC	Alumínio	Misto madeira /alumínio
Térmico	-O melhor.	-Excelente.	-Inferior ao PVC e à madeira; -Desempenho melhorado com a rotura da ponte térmica.	-Excelente.
Acústico	-O melhor.	-Excelente.	-Inferior ao PVC e à madeira.	-Excelente.
Durabilidade	-Muito bom, graças aos tratamentos fungicidas, inseticidas e hidrófugos.	-Muito bom. Resiste aos UV, não descolora; -Muito resistente aos choques e à deformação; -Muito boa resistência à chuva.	-O melhor. Muita boa resistência à chuva; -Estrutura sólida e resistente.	-Muito boa resistência à chuva; -Estrutura sólida e resistente.
Preço	-Dispendioso.	-O mais económico.	-Entre o PVC e a madeira.	-O mais dispendioso.
Estética	- Mais nobre. Pode apresentar diversas cores, formas e detalhes.	-Menos nobre que a madeira e o alumínio; -Alguns modelos e cores (mais limitado).	-Elegante devido à rigidez dos perfis; -Acabamentos com cores e tratamentos diversos.	-Apresenta os aspetos referidos para a madeira e o alumínio.
Manutenção	-Pintura todos os 10 anos, dependendo da exposição.	-Nenhuma.	-Nenhuma. Resistente à corrosão quando bem tratado.	-Pintura da madeira todos os 10 anos.

Tabela 47 – Características relevantes dos quatro tipos principais de caixilharia (cont.)
(Fonte: Guide de la fenetre, 2016)

Caraterísticas Desempenho	Madeira	PVC	Alumínio	Misto madeira /alumínio
Ambiente	-Produto natural, nobre e reciclável. Baixo valor de recuperação; -Necessita de pouca energia para a seu fabrico.	-Baixo valor de recuperação; -Reciclável; -Necessita de muita energia; para a seu fabrico; -Proveniente do petróleo.	-Elevado valor de recuperação; -Reciclável; -Necessita de muita energia para a seu fabrico.	-Reciclável.
Diversos	-Permite a reparação parcial da estrutura da caixilharia.	-Alguma condensação; -Não adaptável a grandes formatos.	-Ideal para grandes formatos; -Elevada capacidade de absorção de energia pelos perfis em cores escuras.	-Ideal para grandes formatos.

O vidro apresenta importantes características espectrofotométricas porque está sujeito à radiação que incide sobre a janela, onde uma parte é refletida, outra parte é absorvida pelo vidro e uma terceira é transmitida, sendo que parte da energia absorvida é reemitida para o interior. Uma das principais funções de um vidro (simples, duplo ou triplo) é a eficácia energética, como representa a Tabela 48 (SEEP, 2016).

Tabela 48 – Características dos tipos de vidros
(Fonte: SEEP, 2016)

Vidro Simples	<ul style="list-style-type: none">-Reduzido desempenho térmico e acústico, pelo que a sua substituição é normalmente considerada uma medida de melhoria;-Este tipo de solução já não é usada nos novos edifícios e reabilitações.
Vidro duplo	<ul style="list-style-type: none">-A introdução do gás no espaço entre os vidros permite melhorar o desempenho térmico do vidro pois reduz as perdas térmicas por condução;-Para assegurar melhores desempenhos energéticos e acústicos podem ser ainda aplicadas capas de proteção na folha de vidro exterior;-O desempenho acústico depende da espessura de vidro considerada, sendo que maiores espessuras permitem melhor desempenho;-O desempenho acústico da janela depende ainda do tipo de caixilho e abertura considerada.
Vidro triplo	<ul style="list-style-type: none">-É a solução energeticamente mais eficiente, no entanto, tem custos elevados e a sua aplicação em Portugal nem sempre se justifica;-As vantagens são semelhantes às indicadas para o vidro duplo mas com o benefício de possui um espaço de ar ou gás adicional, bem como outra folha de vidro.

No caso das soleiras e peitoris, em Portugal, não estão divulgadas regras básicas para garantir o seu desempenho adequado, que não cumprem, frequentemente, as suas funções de proteção local das fachadas contra a ação da água, por isso, a observação de múltiplos casos de obra e algumas regras de documentação técnica estrangeira, podem constituir uma importante ferramenta para a melhoria da sua qualidade, para a qual se pretende contribuir com o presente trabalho.

No contexto da sua função de proteção das fachadas contra a ação da água os peitoris e as soleiras têm de ter características específicas para diversas situações (Tabela 49) que devem contribuir para garantir as exigências funcionais das paredes, vistas anteriormente (NF DTU 20.1 P1-1, 2008).

Tabela 49 – Características dos peitoris e das soleiras
(Fonte: NF DTU 20.1 P1-1, 2008; NF DTU20.1 P1-2, 2008)

Material	-Porosidade -Resistência mecânica -Rugosidade -Durabilidade
Perfil transversal	-Inclinação -Projeção -Aresta -Pingadeira -Espessura
Perfil longitudinal	-Planeza -Batentes laterais -Rasgos superiores -Projeção lateral
Ligações	-Ligação às ombreiras -Ligação ao pano de peito -Ligação à caixilharia

Em normas estrangeiras, sobretudo francesas, existem especificações sobre as características dos materiais e as geometrias destes elementos. Incluem algumas disposições construtivas como o ângulo de inclinação do apoio, a sobrelevação do perfil, a vedação com mástique, como se indica na Figura 39 e 40 e na Tabela 50 (NF DTU 20.1, 2008).

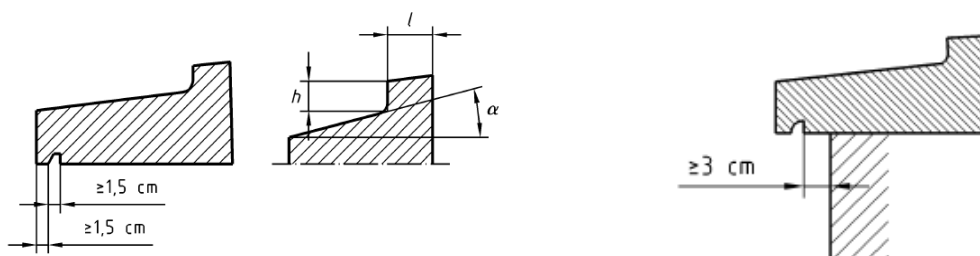


Figura 39 – Características presentes na norma francesa
(NF DTU 20.1 P1-1, 2008)

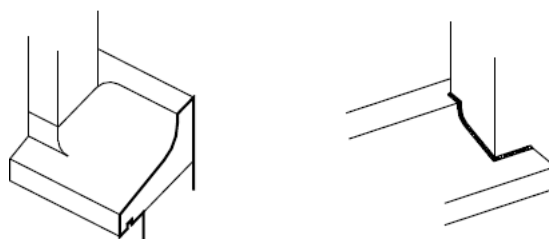
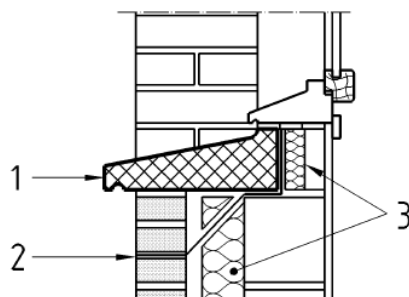


Figura 40 – Características presentes na norma francesa (cont.)
(NF DTU 20.1 P1-1, 2008)

Tabela 50 – Características geométricas dos peitoris
(NF DTU 20.1 P1-1, 2008)

Apoio	l (mm)	h (mm)	α (%)
Moldado no local antes da colocação da caixilharia		25	
Apoio maciço de pedra natural	40	30	10
Suporte produzido de alvenaria no tijolo com dimensões reduzidas		25	



- 1 – Peitoril
- 2 – Membrana de impermeabilização
- 3 – Isolamento

Figura 41 – Exemplo de impermeabilização
(NF DTU 20.1 P1-1, 2008)

Em Portugal são frequentemente ignoradas as características necessárias destes elementos, bem como os vedantes, os elementos de oclusão noturno ou de sombreamento dos vãos e os acessórios. Estes são fundamentais para o desempenho desejado, no entanto, quando é posto em causa, existem diferentes técnicas de reabilitação, como:

Tabela 51 – Técnicas de reabilitação
(Fonte: InovaDomus, 2012; Sika, 2015; Freitas & Sousa, 2016)

Caixilharias	Soleira/peitoril
-Fixação de folhas móveis adicionais;	-Substituição;
-Substituição de vidro existente por outro com diferentes propriedades;	-Pintura impermeabilizante/selagem/impregnação;
-Instalação de segunda janela em cada vão;	-Levantamento e recolocação com inclinação adequada;
-Afinação dos caixilhos, interposição de perfis vedantes e substituição dos materiais de vedação;	-Colocação de pingadeira;
-Reforço dos perfis de caixilharia;	-Colocação de forra metálica.
-Substituição da janela existente por outra apta às exigências atuais;	
-Colocação de dispositivos de oclusão.	

Capítulo 5

Considerações finais e trabalhos futuros

Capítulo 5. Considerações finais e trabalhos futuros

5.1. Considerações finais

Concluída esta dissertação, considera-se que se atingiram os objetivos propostos: estudo das anomalias de uma amostra significativa do bairro, bem como do estado de conservação e durabilidade das soluções de reabilitação aplicadas.

Foi realizada uma recolha bibliográfica que, apesar da complexidade e diversidade, permitiu o aprofundamento da temática da conservação, da manutenção e da reabilitação de edifícios. Foram aplicados, modelos de avaliação do estado de conservação, numa amostra significativa de habitações, baseados na inspeção por observação da sua envolvente exterior e das áreas interiores, complementada com a realização de entrevistas a moradores.

Nos pontos seguintes apresentam-se as principais dificuldades encontradas e os principais aspetos do trabalho apresentado.

5.2. Dificuldades encontradas

Uma das dificuldades sentidas foi no acesso às normas nacionais e europeias para fins académicos, pelo que se deveria criar um acesso livre às últimas versões das normas aplicáveis em Portugal e na Europa.

A segunda dificuldade sentida adveio do número elevado de edifícios existentes no bairro objeto de estudo, que por motivos de gestão de tempo, não foi possível analisar na sua totalidade. Assim, foi escolhida uma amostra que da melhor forma retrate os problemas existentes.

Surgiram também dificuldades na aplicação do método de Mosler, por este ser um pouco subjetivo, dependendo bastante do utilizador, mas também pelo facto de não existir muita bibliografia ligada à sua aplicação na construção.

5.3. Conclusões finais

A identificação e diagnóstico de anomalias no parque edificado constituem passos fundamentais para o estabelecimento das soluções que garantam a sua prevenção ou eliminação, garantindo assim, boas condições de habitabilidade, de qualidade e de durabilidade. O estudo desenvolvido permitiu analisar o estado de conservação do Bairro Rainha D. Leonor, a cargo da entidade gestora Domus Social, EM, com a aplicação de ferramentas e procedimentos de apoio à observação visual que organizam o conhecimento diversificado, constituindo assim ferramentas úteis de apoio aos técnicos, durante a identificação e caracterização de anomalias em edifícios.

A aplicação das entrevistas permitiu analisar a perceção dos inquilinos quanto ao desempenho das suas habitações, bem como a evolução de anomalias desde a data da reabilitação do fogo. Regista-se o desconforto sentido, tanto na estação de aquecimento como na de arrefecimento, bem como a avaliação negativa das condições acústicas. A maioria dos inquilinos indicou os vãos envidraçados como sendo a causa dos problemas mais graves registados, avaliação esta agregada no critério estanquidade.

Com a aplicação do FMECA e do método de Mosler, após aplicação das fichas e relatórios de anomalias, verifica-se que:

- O FMECA é um método mais conservativo, visto que apresenta valores inferiores ao método de Mosler;
- A orientação dos vãos envidraçados é um fator influenciador dos problemas existentes nos edifícios, relativamente aos quais a maioria dos inquilinos se queixa de entrada de águas;
- A adoção de diferentes soluções de peitoris e soleiras, nas últimas fases de reabilitação, levaram a que não se registassem anomalias semelhantes às que se registaram após as primeiras intervenções. Alguns inquilinos com a introdução de algumas medidas, também conseguiram minimizar muitos destes problemas;
- Nos T1 destinados a pessoas mais idosas, situados ao nível do rés-do-chão, raramente abrem a porta do quarto (não têm janela), devido ao receio de serem

assaltados, mas também devido à dificuldade da sua abertura e fecho. Não abrindo este vão não existe ventilação que contribua para a renovação do ar, e também para a secagem de alguma humidade presente, no soalho, nas paredes e nos tetos.

Através das curvas de degradação é possível verificar que o melhoramento de algumas soluções, de peitoris e soleiras, melhorou o nível de desempenho dos vãos envidraçados, no que respeita à infiltração de água.

Conclui-se das entrevistas e das inspeções realizadas que as prioridades de intervenção neste bairro são os vãos envidraçados, incluindo a sua substituição por sistemas cujo material seja resistente às ações climatéricas (logo com maior durabilidade e menor necessidade de intervenções de manutenção), de fácil operação pelos habitantes, com sistemas de ventilação seguros, do ponto de vista da intrusão, e com bom desempenho térmico, bem como a implementação de soluções de peitoris e soleiras que não permitam a ocorrência de infiltrações.

Sob o ponto de vista da manutenção das soluções existentes, nas soleiras é importante aumentar os furos de drenagem, visto que muitos deles são insuficientes e alguns encontram-se entupidos, o que potencia a ocorrência de infiltrações.

É também essencial a implementação de planos de manutenção preventiva para este bairro, após a correção dos elementos causadores de anomalias.

5.4. Trabalhos futuros

Do decorrer das conclusões, e no sentido de dar seguimento a esta dissertação, sugerem-se os seguintes trabalhos:

- Aperfeiçoar a metodologia desenvolvida através do método de Mosler para que se adegue ainda mais à temática da construção e reabilitação;
- Realizar um acompanhamento das intervenções, mapeá-las e melhorar a técnica de reabilitação, para que se consiga determinar a durabilidade dessas intervenções;
- Realizar ações de informação e formação para inquilinos, para que possam proceder à manutenção corrente das suas habitações, numa atitude de participação e responsabilização.

Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas

- Almeida, Paulo - Bairros Económicos do Porto : a casa como arma política, 2011
- AQC - Agence Qualité Construction. 2015. Sycodés 2015 - Pathologie:top10. Disponível em: <http://www.qualiteconstruction.com/fiche-publication/collection/observatoire-de-la-qualite-de-la-construction/publication/tableau-de-bord-sycodes-2013.html>. Data de acesso: 20 de Abril, 2016.
- Asdrubali, F., Baldinelli, G. & Bianchi, F., 2013. Influence of cavities geometric and emissivity properties on the overall thermal performance of aluminum frames for windows. *Energy & Buildings*, (60), 298–309. Doi:10.1016/j.enbuild.2013.01.028.
- Australian Building Codes Board, 2007. Durability in Buildings, Disponível em: <http://www.abcb.gov.au/education-events-resources/publications/abcb-handbooks.aspx>. Data de acesso: 5 de Outubro, 2015.
- Bossche, N. Van Den & Janssens, A., 2016. Airtightness and watertightness of window frames: Comparison of performance and requirements. *Building and Environment*. Doi: 10.1016/j.buildenv.2016.09.034.
- Brito, J.D.E., Gaspar, P.L. & Silva, A.N.A., 2013. Métodos de previsão da vida útil dos revestimentos de fachada - X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Fortaleza, 7 a 9 de maio de 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282703661_Mtodos_de_Previso_da_Vida_til_de_Revestimentos_de_Fachada. Data de acesso: 26 de Outubro, 2015.
- Carlsson, B. et al., 2002. General Methodology Of Test Procedures For Assessment Of Durability And Service Life. 9th International Conference on Durability of Building Materials and Components.
- International Standard – 60812: 2006, Analysis techniques for system reliability - Procedure for failure mode and effect analysis.

- Chaves, A., 2009. Patologia e reabilitação de revestimentos de fachadas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil Área de Especialização Materiais, Reabilitação e Sustentabilidade da Construção da Universidade do Minho. Disponível em: <http://www.mcs.civil.uminho.pt/index.php?cat=15&item=421>. Data de acesso: 10 de Novembro, 2015.
- CNPGB, 2005. Comissão nacional Portuguesa das grandes barragens - 1º relatório de progresso do grupo de trabalho de análise de riscos em barragens.
- Deng, Y., Li, Q. & Lu, Y., 2015. A research on subway physical vulnerability based on network theory and FMECA. *Safety Science*, (80), 127–134. Doi: 10.1016/j.ssci.2015.07.019.
- Domus Social, 2014. Bairro Rainha D. Leonor. Disponível em: <http://www.domussocial.pt/habitacoes/c/bairros>. Data de acesso: 2 de Março, 2016.
- Domus Social, 2004. Clausulas técnicas da empresa municipal de habitação e manutenção. Direção de manutenção - Gabinete de projetos.
- European Commission Enterprise and Industry Directorate General, 2004. Durability and the Construction Products Directive.
- Flores, Inês & Brito, Jorge, 2002. Estratégias de Manutenção em Fachadas de Edifícios. *Revista Engenharia Civil - Nº13 - Universidade do Minho*, pp. 47–58.
- Flores, Inês, 2002. Estratégias de Manutenção Elementos da Envolvente de Edifícios Correntes. Dissertação de mestrado apresentado à Universidade Técnica de Lisboa para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil.
- Forcada, N. et al., 2015. Handover defects : comparison of construction and post-handover housing defects Handover defects : comparison of construction and post.-handover housing defects. *Building Research & Information*. Doi: full/10.1080/09613218.2015.1039284.

- Freitas, V.P. de & Sousa, M., 2016. Patorreb - Grupo de estudos da patologia na construção. Disponível em: [Http://patorreb.com/pt/default.asp?op=201&ficha=051](http://patorreb.com/pt/default.asp?op=201&ficha=051). Data de acesso: 13 de Setembro, 2016.
- Google Earth, 2016. Disponível em: <http://www.googleearth.com>. Data de acesso: 13 de Maio, 2016.
- Guide de la fenetre - Disponível em: http://www.guide-de-la-fenetre.com/fenetre_bois_pvc_alu/bois_pvc_alu. Data de acesso: 11 de Setembro, 2016.
- Gustavsen, A. et al., 2011. Key elements of and material performance targets for highly insulating window frames. *Energy & Buildings*, (10), 2583–2594. Doi:10.1016/j.enbuild.2011.05.010.
- Hans, J. & Chevalier, J.L., 2005. Sustainable tools and methods for estimating building materials and components service life. 10DBMC International Conference On Durability of Building Materials and Components LYON (França) 17-20, Abril de 2005.
- Henriques, F.M.A., 2007. Humidade nas parede 2º edição, LNEC.
- IEC 60812, 2006. International Standard, Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)
- Inês lobo arquitetos Lda, 2004 - Projeto do atelier de Inês Lobo, arquitetos, Lda.
- InovaDomus, 2012. Guia para a reabilitação - Sistema estrutural. Disponível em: <http://www.inovadomus.pt/cooperar/wp-content/uploads/2013/07/07guia.pdf>. Data de acesso: 20 de Maio, 2016.
- InovaDomus, 2012. Guia para a reabilitação -Revestimentos exteriores. Disponível em: <http://www.inovadomus.pt/cooperar/wp-content/uploads/2013/07/02guia.pdf>. Data de acesso: 20 de Maio, 2016.
- InovaDomus, 2012. Guia para a reabilitação -Vãos & caixilharias. Disponível em: <http://www.inovadomus.pt/cooperar/wp-content/uploads/2013/07/09guia.pdf>.

- Data de acesso: 20 de Maio, 2016.
- ISO 15686-1:2011, 2011. - Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and framework.
- ISO 15686-2:2012, 2012. - Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 2: Service life prediction procedures.
- ISO 6241 - 1984: Normes de performance dans e bâtiment - Principes d'établissement et facteurs à considérer.
- ITISE, 2016. Humidade relativa. ITISE - Equipamentos Técnicos de Precisão e Científicos.
- John, V.M. & Sato, N., 2001. Coletânea habitare - Durabilidade de componenetes da construção, Disponível em: http://www.habitare.org.br/ArquivosConteudo/ct_7_cap2.pdf. Data de acesso: 16 de Março, 2016.
- Liu, H., Liu, L. & Liu, N., 2012. Expert Systems with Applications Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review. Expert Systems With Applications, (2), 828–838. Doi: 10.1016/j.eswa.2012.08.010.
- LNEC, 2011. Perguntas frequentes - EN 14351-1:2006+A1:2010 Janelas e portas. Norma de produto, características de desempenho,
- Madrigal, L.O., Lanzote, B.S. & Bretones, J.M.F., 2015. Proposed method of estimating the service life of building envelopes. Revista de la Construcción Journal of Construcción, 60–68. Disponível em: <http://www.scielo.cl/pdf/rconst/v14n1/art08.pdf>. Data de acesso: 5 de Outubro, 2016.
- Masters, L.W. & Brandt, E., 1987. Prediction of service life of building materials and components. CIB W80/RILEM 71-PSL, 20(1), pp.55–77. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/w0q85168187m64k7/fulltext.pdf>. Data de acesso: 15 de Fevereiro, 2016.
- Matos, F.L. de, 1994. Os bairros sociais no espaço urbano do Porto : , xxix(127), pp.677–695. Disponível em:

<http://analisesocial.ics.ul.pt/documentos/1223377379T2hXG0aa5Rv09QL3.pdf>
f. Data de acesso: 22 de Abril, 2016.

MCDM-23, 2002. Multi-Criteria Decision-Making. A Method for specifying and prioritising criteria and goals in design. International Energy Agency – Solar Heating and Cooling Programme. Task 23. Optimization of solar energy use in large buildings. Subtask C. MultiCriteria Decision Making - A Method for Specifying and Prioritising Criteria and Goals in Design.

Mendonça, L.V., 2005. Artigo Condensações em Edifícios. *Arquitectura & Vida*, 71–74.

Moser, K., 1999. 8 th International Conference on Durability of Building Materials and Components. In Vancouver Canada, 1401–1414. Disponível em: <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB1808.pdf>. Data de acesso: 1 de Dezembro, 2015.

Moser, K., 2004. Engineering Design Methods for Service Life Prediction. CIB W080 / RILEM 175 SLM Service Life Methodologies Prediction of Service Life, 107. Disponível em: <http://cibworld.xs4all.nl/dl/publications/Pub294.pdf>. Data de acesso: 1 de Outubro, 2015.

Moubray, J., 1997. Reliability-centred maintenance 2 edição., Butterworth–Heinemann, Oxford, MA.

NF DTU 20.1 P1-1, 2008. Ouvrages en maçonnerie de petits éléments — Parois et murs Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types, 1–71.

NF DTU 20.1 P1-2, 2008. Ouvrages en maçonnerie de petits éléments — Parois et murs Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux, 1–39.

Noya, M. et al., 2016. Risk Analysis Methodology for Building Inspection: Tool for Built Heritage Maintenanc. REHABEND 2016 Maio 24-27, 2016. Burgos, Espanha.

NP 14351-1, 2008. Janelas e Portas. Norma de produto, características de desempenho. Parte 1: Janelas e portas pedonais exteriores sem

características de resistência ao fogo e/ou de estanquidade ao fumo.

- Oliveira, C.S.P. & Filho, L.. C.P.S., 2013. Análise da percepção de usuários das edificações sobre leis de inspeção e ações de manutenção preventiva. Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto.
- P. Jernberg et al., 2004. Guide and Bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and Components. Joint CIB W080 / RILEM TC 140.
- Paiva, J.V., Aguiar, J. & Pinho, A., 2006. Guia técnico de reabilitação habitacional 1º edição, Instituto nacional de habitação - Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Parlamento Europeu, 2011. Regulamento (UE) N. o 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de. Jornal Oficial da União Europeia, 2011, 5–35.
- Paulo, P.V., Branco, F.A. & Brito, J., 2011. Deterministic and Stochastic Prediction Models For the BuildingsLife Platform.XII DBMC - International Conference on Durability of Building Materials and Components, Porto – Portugal.
- Prizio, M.A.G. Di, 2015. Modelo de implementação de planos de manutenção: habitação social. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil.
- RECS, 2013. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços - Decreto-Lei n.º 118/2013, (40), 40–73.
- REH, 2013. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação - Decreto-Lei n.º 118/2013, 4988–5005.
- Restivo, J., 2014. Habitação pública no Porto Intervir para requalificar. Tese de doutoramento apresentada à Universidade do Porto para obtenção do grau de doutor em Engenharia Civil.
- RGEU, 2008. Regulamento geral das edificações urbanas - Decreto-Lei n.º 50/2008, de 19 de Março.
- Rodrigues, M.F. da S., 2008. Estado de Conservação de Edifícios de Habitação a Custos Controlados. Tese de doutoramento apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de doutor em Engenharia Civil.

- RRAE, 2008. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- SEEP, Sistemas de Etiquetagem Energética de Produtos. Disponível em: <https://www.seep.pt/pt-PT/Paginas/default.aspx>. Data de acesso: 26 de Dezembro de 2016.
- Sika, 2015. Soluções para a Reabilitação. Disponível em: http://prt.sika.com/pt/group/Publications/documentacao_tecnica/reabilitacao.html?page=1. Data de acesso: 1 de Abril, 2016.
- Silva, S.R.C., Fonseca, M. & Brito, J. de, 2006. Metodologia FMEA e sua aplicação. Encontro Nacional Sobre Qualidade e inovação na Construção - QIC 2006, 1–12.
- Simões, A. et al., 2015. Gestão e manutenção preventiva de bairros de habitação social 1º Edição. Domus social & DEC UA.
- Sousa, V., Pereira, T.D. & Meireles, I., 2016. Modeling the Degradation Rate of the Wood Frame Doors and Windows of the National Palace of Sintra , Portugal. Journal of performance of Constructed Facilities: (ASCE).
- Takata, S. et al., 2004. Maintenance: Changing Role in Life Cycle Management. CIRP Annals - Manufacturing Technology, (2), 643–655. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000785060760033X>. Data de acesso: 5 de Outubro, 2016.
- Talon, A. et al., 2008. FMECA and Management of Building Components NRCC-51168. 11DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components Istanbul – Turquia, 2008.
- Teixeira, M., 1992. As estratégias de habitação em Portugal, XXVII(115), 65–89. Disponível em: <http://analisesocial.ics.ul.pt/documentos/1223049300Z1dLD4ro1Jn31VT6.pdf>. Data de acesso: 23 de Abril, 2016.
- Testo, 2016. Câmara termográfica. Testo. Disponível em: <https://www.testo.pt/produto/>. Data de acesso: 25 de Setembro, 2016.

- Thomsen, A., 2014. Housing pathology , a new domain or a new name ?, Disponível em:
http://www.bk.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/BK/Over_de_faculteit/Afdelingen/O TB/publicaties/Working_papers/OTB_Working_papers_2014-01_Housing_pathology.pdf. Data de acesso: 10 de Novembro, 2015.
- Thomsen, A. & Flier, K. Van Der, 2011. Obsolescence and the End of Life Phase of Buildings, (Junho), 3–10. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/254908377_Obsolescence_and_the_end_of_life_phase_of_buildings. Data de acesso: 23 de Maio, 2016.
- Tisem, 2014. Passive House com Cross Laminated Timber - CLT. Disponível em:
<http://www.passivhaus.pt/images/conferencia/2014/bloco4-emanuel-lopes.pdf>. Data de acesso: 23 de Outubro, 2016.
- Venezia, A.G. & Ono, R., 2013. Aplicação de Método de Análise de Risco Visando o Aprimoramento da Segurança Contra Incêndio no Decorrer do Processo de Projeto de Hospitais de Grande Porte. Gestão e Tecnologia de projetos, (2), 89–103. Disponível em:
<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/68274>. Data de acesso: 25 de Maio, 2016.
- Watt, D.S., 2007. Principles and Practice, Blackweel Publishing, 2º Edição.
- Weber - Disponível em: <http://www.weber.fr/isolation-thermique-par-lexterieur-ite/prescrire/carnet-de-details-ite/raccords-avec-menuiserie-introduction.html>. Data de acesso: 11 de Novembro, 2016.

Anexos

Anexo A

Entrevista do edifício M

Habitação 42-48

Critérios principais	Critérios secundários	Ponderação	Ponderação normalizada	Pontuação - ci	Classificação final
		(dada pelo avaliador) - pi	wi= pi/somatório pi	(dada pelo entrevistado)	(wi) x (ci)
1. Estanquidade	1.1 Estanquidade da cobertura à água	7	0,41	6	2,47
	1.2 Estanquidade da fachada à água	5	0,29	5	1,47
	1.3 Estanquidade dos elementos de cerramento dos vãos	5	0,29	4	1,18
	Avaliação total do critério	17	1,00		5,12
2. Condições higrótérmicas interiores	2.1 Conforto térmico Verão	7	0,23	4	0,90
	2.2 Conforto térmico Inverno	6	0,19	7	1,35
	2.3 Sobreaquecimento interior	7	0,23	6	1,35
	2.4 Humidade interior	5	0,16	7	1,13
	2.5 Condensações no interior	6	0,19	7	1,35
	Avaliação total do critério	31	1,00		6,10
3. Condições acústicas	3.1 Ruídos aéreos exteriores	7	0,32	7	2,23
	3.2 Ruídos aéreos entre habitações	7	0,32	6	1,91
	3.3 Ruídos de percussão	8	0,36	6	2,18
	Avaliação total do critério	22	1		6,32
4. Aspecto visual da envolvente exterior construída	4.1 Fissuração dos revestimentos de fachada	7	0,11	6	0,69
	4.2 Descoloração dos revestimentos da fachada	6	0,10	5	0,49
	4.3 Queda e destacamento de revestimentos da fachada	7	0,11	7	0,80
	4.4 Manchas escuras devido ao desenvolvimento de microrganismos e fixação de sujidade no revestimento de fachada	6	0,10	5	0,49
	4.5 Eflorescências	8	0,13	7	0,92
	4.6 Manchas de humidade nas fachadas	7	0,11	6	0,69
	4.7 Vãos envidraçados (vidros partidos, mau funcionamento, peitoris fissurados, porosos, pingadeira inexistente ou incorrectamente executada, vidros partidos)	6	0,10	5	0,49
	4.8 Inexistência/deficiência de funcionamento dos sistemas de drenagem de águas pluviais elementos do sistema descascados, com corrosão, partidos, em falta	7	0,11	7	0,80
	4.9 Revestimentos da cobertura/sistemas de impermeabilização/rufagem, incorrectamente executados e/ou danificados e/ou com acumulação de sujidade/vegetação	7	0,11	7	0,80
	Avaliação total do critério	61	1,00		6,18
5. Durabilidade e facilidade de manutenção	5.1 Conservação dos materiais (edifício/fogo)	7	0,37	6	2,21
	5.2 Conservação dos elementos construtivos e instalações (edifício/fogo)	6	0,32	5	1,58
	5.3 Facilidade de manutenção e conservação (envolvente externa construída e partes comuns)	6	0,32	6	1,89
	Avaliação total do critério	19	1,00		5,68
Agregação da classificação de cada critério principal num valor global		Ponderação	Ponderação normalizada	Classificação final	Classificação global
		(dada pelo avaliador) - pi	Wi= pi/somatório pi	Ci=(wi) x (ci)	(Wi) x (Ci)
Estanquidade		6	0,18	5,1	0,93
Condições higrótérmicas interiores		6	0,18	6,1	1,11
Condições acústicas		7	0,21	6,3	1,34
Aspecto visual		7	0,21	6,2	1,31
Durabilidade		7	0,21	5,7	1,21
Total		33	1,00		5,90

Anexo B

Ficha de anomalia do edifício M

Habitação 42-48

AUXILIAR À UTILIZAÇÃO DA FICHA DE INSPECÇÃO

Este documento é um auxiliar das inspecções e vistorias realizadas a edifícios dos bairros sociais da Domus Social, na cidade do Porto.

Conteúdo:

- . O documento é dividido em folhas de cálculo;
- . Cada folha de cálculo corresponde a um elemento fonte de manutenção;
- . Em cada folha de cálculo deverão ser preenchidos os campos de caracterização do edifício e dos elementos que o constituem;
- . No final de cada folha de caracterização de um dado elemento encontra-se uma ficha de identificação de anomalias associadas ao elemento fonte de manutenção em estudo;
- . Ao lado dos quadro de identificação de anomalias estão presentes os níveis de risco associados a cada elemento.
- . Nas células AA1 de cada folha de cálculo inicia-se um quadro resumo do Plano de Manutenção Preventiva de cada material existente no elemento em estudo.

Resumo do conteúdo das Folhas de Cálculo:

1. Como usar o documento:
Descrição das folhas de cálculo auxiliares da inspecção.
2. Identificação:
Folha de cálculo onde se encontra a caracterização geral do edifício em estudo (localização, imagem da fachada, orientação, ano de construção, intervenções realizadas, projectos existentes, ...)
3. Fachadas e empenas:
Devem ser preenchidos os campos de caracterização das fachadas e empenas, bem como as fichas de patologias identificadas nesses elementos para a elaboração de relatórios de inspecção, o quadro de níveis de risco e o quadro resumo do Plano de Manutenção Preventiva.
4. Vãos envidraçados e Caixilharia:
Devem ser preenchidos os campos de caracterização dos vãos envidraçados e caixilharia, bem como as fichas de patologias identificadas nesses elementos para a elaboração de relatórios de inspecção, o quadro de níveis de risco e o quadro resumo do Plano de Manutenção Preventiva.
5. Interior do fogo:
Em cada edifício em estudo deverá, sempre que possível, ser visitado um fogo. Desta visita ao fogo deverá resultar uma ficha resumo dos elementos de ventilação existentes, bem como a identificação das patologias e o quadro resumo de Plano de Manutenção Preventiva, que irão resultar num Manual de Utilização.
6. Quadro de níveis de risco:
Nesta folha está presente um quadro resumo com a descrição dos níveis de risco utilizados nas folhas precedentes.

Desta informação irá resultar um Relatório de Inspeção do Edifício, um Plano de Manutenção Preventiva e um Manual de Utilização para os inquilinos.

1. IDENTIFICAÇÃO

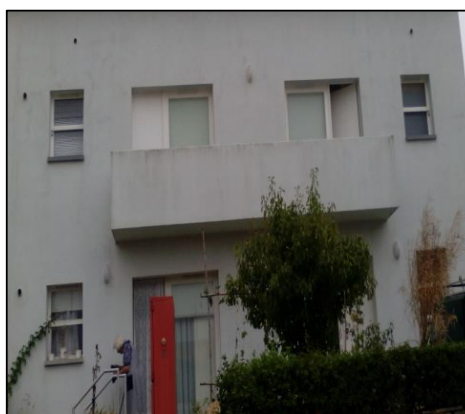
1.1 **Bairro:** Rainha D. Leonor**Edifício:** M**Código Postal:** 4150-533**Freguesia:** Foz do Douro**Habitação nº:** 42-48**Concelho:** Porto**Distrito:** Porto**Tipologia de implantação:**

Banda extremo

Juntas de dilatação:

Não

Espessura: - cm

Imagem exterior do edifício:**Planta de localização:**

Orientação:

Entrada: Noroeste

Traseiras: Sudeste


 - Data de conclusão 2009
Nº total de Habitações: 90

Figura - Habitação nº 42-48 do edifício M

1.2 Proprietário: Domus Social

2. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

2.1 **Número de pisos:**acima do solo: 2semi-enterrado: 0abaixo do solo: 0

2.2 Área de construção por piso: $\frac{110}{220} \text{ m}^2$ Perímetro do edifício: 58 m
 Área bruta de construção:

2.3 Época de construção: 1953
 Ano de reabilitação: 2009

2.4 Intervenções:

Data	Tipo de intervenção; Local de intervenção
2009	Obras de reabilitação e renovação das tipologias, que passaram de 4 T3 para 4 T1 Obras de beneficiação dos Blocos A, B, C, H, J e X

3. ELEMENTOS RECOLHIDOS

Projecto de Arquitectura:	Sim
Projecto de Estruturas:	Sim
Projecto de Águas Pluviais:	Não
Projecto de Abastecimento de Água:	Não
Projecto de Drenagem de Águas Residuais Domésticas:	Não
Projectos de Infra-estruturas Telefónicas (ITED):	Não
Projecto de Instalações Eléctricas (PIE):	Não
Projecto Acústico:	Não
Projecto Térmico:	Não
Projecto de Ventilação:	Não
Projecto de Contenções Periféricas:	Não

FACHADAS E EMPENAS

CARACTERIZAÇÃO

1. FACHADAS E EMPENAS

1.1 Constituição:

Estrutura porticada preenchida c/ painel de alvenaria

Se "Outro" qual: _____

Descrição:

Estrutura executada desde a execução do bairro.

1.2 Juntas de dilatação:

Número:

Não

Material de celagem:

-

1.3 Painel de alvenaria:

Pano de alvenaria simples

Tipo de alvenaria: Alvenaria em pedra

1.4 Isolamento:

Existente

Localização:

Exterior ETICS

Material:

EPS

Espessura:

6 cm

1.5 Revestimento:

a) Principal:
(reboco)

Argamassa de cimento

Espessura: 1.5 cm

b) Secundário:
(acabamento)

Pintura

Espessura: - cm

1.6 Ventilação fachada:

Não existente

1.7 Número de fachadas:

3

1.8 Varandas:

Existentes

Local:

Sala

Tipo de uso:

Individual

As varandas que estão presentes na habitação de cima, e fazem de pala para a habitação

VÃOS ENVIDRAÇADOS E CAIXILHARIAS

CARACTERIZAÇÃO

1. PORTA DE ENTRADA FOGOS

- 1.1 Soleiras:**
- 1.2 Ombreiras:**
- 1.3 Padieiras/Vergas:**
- 1.4 Material:**
Se "Outro" qual: As ombreiras e padieira é em ETICS

Observações:

.Porta de entrada: A pintura da madeira apresenta descasque e a madeira com bastante folgas nas batentes. Sinais de apodrecimento nas portadas. Portadas com bastantes folgas e empenos.
.Porta: de madeira não maciça (40mm espessura)

2. JANELAS DOS FOGOS

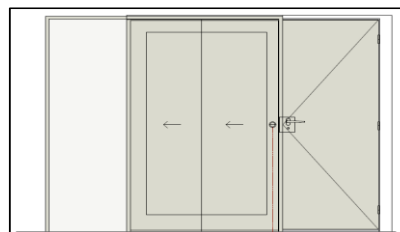
- 3.1 Peitoril:**
Projecção: mm
Pingadeira:
- 3.2 Ombreiras:**
- 3.3 Padieiras:**

3.4 Caixilharia Sala:

- 3.4.1 Caixilhos:**
Marca:
Sistema:

Desenho/foto:

- 3.4.2 Vidros:**
Tipo:
Espessura: mm
Opacidade:
- 3.4.3 Espaçador:**
- 3.4.4 Classe:**
- 3.4.5 Ventilação:**
- 3.4.6 Sistema de sombreamento:**
Tipo:
Isolamento:



- Observações:** Duas janelas basculante, uma na sala e outra na frente do quarto que dão para o logradouro posterior.

3.5 Caixilharia Quarto:

3.5.1 Caixilhos:

Marca:

Sistema:

Desenho/foto:

3.5.2 Vidros:

Tipo:

Espessura:

Opacidade:

3.5.3 Espaçador:

3.5.4 Classe:

3.5.5 Ventilação:

3.5.6 Sistema de sombreamento:

Tipo:

Isolamento:



A varanda faz a função de pala e existe um sistema de sombreamento

3.6 Caixilharia Cozinha:

3.6.1 Caixilhos:

Marca:

Sistema:

Desenho/foto:

3.6.2 Vidros:

Tipo:

Espessura:

Opacidade:

3.6.3 Espaçador:

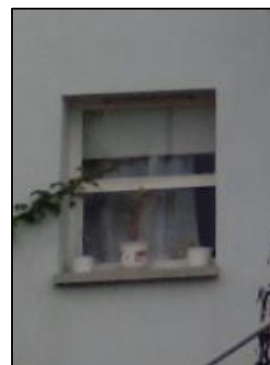
3.6.4 Classe:

3.6.5 Ventilação:

3.6.6 Sistema de sombreamento:

Tipo:

Isolamento:



3.7 Caixilharia WC's:

3.7.1 Caixilhos:

Marca:

Sistema:

Desenho/foto:

3.7.2 Vidros:

Tipo:

Espessura:

Opacidade:

3.7.3 Espaçador:

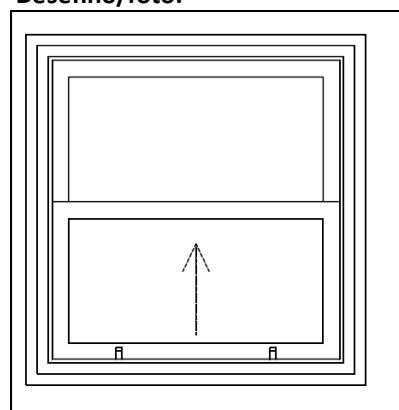
3.7.4 Classe:

3.7.5 Ventilação:

3.7.6 Sistema de sombreamento:

Tipo:

Isolamento:



INTERIOR FOGO

1. INTERIOR DE HABITAÇÃO

1.1 Localização e tipologia do fogo visitado:

1.1.1 Localização: Rés -d o chão

1.1.2 Tipologia: T1

1.2 Ventilação interior:

WC's: Grelha caixilho

Cozinhas: Grelha caixilho

Outros compartimentos: Não existente

1.3 Número de habitantes da fracção

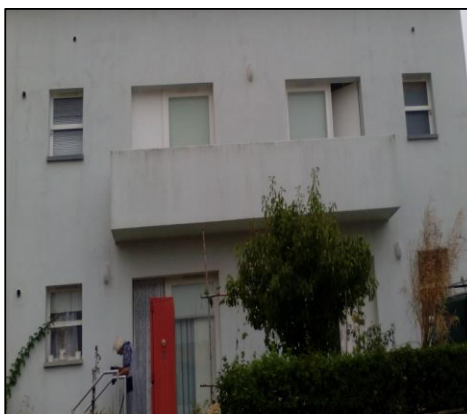
Observações:

Janela guilhotina no WC e na cozinha equipadas com grelha de ventilação manual.
Soalho podre junto às portadas.
Condensações na sala.
Soalho com sinais de humidades (soalho escuro na zona de saída do quarto).
Humidade junto às varandas traseiras.
Desgaste no soalho.
Infiltrações pelo teto junto à varanda da frente.

Anexo C

Relatório de anomalias do edifício M


Habitação 42-48

1. IDENTIFICAÇÃO**1.1 Bairro:** Rainha D. Leonor**Edifício:** M**Código Postal:** 4150-533**Freguesia:** Foz do Douro**Habitação nº:** 42-48**Concelho:** Porto**Distrito:** Porto**Tipologia de implantação:** Banda extremo**Juntas de dilatação:** Não Espessura: - cm**Imagem exterior do edifício:****Planta de localização:**

Orientação:

Entrada: Noroeste

Traseiras: Sudeste

 - Data de conclusão 2009

Nº total de Habitações: 90



Figura - Habitação nº 42-48 do edifício M

1.2 Proprietário: Domus Social**2. CARACTERIZAÇÃO**

2.1 Número de pisos: acima do solo:	<u>2</u>
semi-enterrado:	<u>0</u>
abaixo do solo:	<u>0</u>

2.2 Área de construção por piso: 110 m² Perímetro do edifício: 58 m
 Área bruta de construção: 220 m²

2.4 Época de construção: 1953
 Ano de reabilitação: 2009

2.5 Intervenções:

Data	Tipo de intervenção; Local de intervenção
2009	Obras de reabilitação e renovação das tipologias, que passaram de 4 T3 para 4 T1 Obras de beneficiação dos Blocos A, B, C, H, J e X

3. RELATÓRIO DE INSPECÇÃO

Relatório de anomalias por elemento fonte de manutenção, resultante da inspecção efectuada ao edifício.


A habitação encontra-se num grau de conservação intermédio, o que leva a considerar que é necessária alguma manutenção correctiva para que se possa por em prática o plano de manutenção preventiva.


A caixilharia em madeira apresenta fissuração e destacamento da pintura encontrando-se em mau estado de conservação. As soleiras permitem a entrada de água causando problemas de apodrecimento do soalho. Manchas e condensações no interior do edifício. Os acessórios da porta da sala e da entrada com elevado estado de degradação.

FACHADAS E EMPENAS - ANOMALIAS ENCONTRADAS


Anomalia	Manchas, fungos e bolores	
Caracterização	Localização	Varandas/fachada exterior
	% de afectação	30%
	Amplitude (cm)	
	Extensão (cm)	
Possíveis causas	Poluição atmosférica associada a ambientes húmidos e materiais porosos	
Soluções	Raspar, limpar, pintar	
Observações		





Anomalia	Descoloração		
Caracterização	Localização	Fachadas exteriores	
	% de afectação	35%	
	Amplitude (cm)		
	Extensão (cm)		
Possíveis causas	Devido à acção dos agentes ambientais (radiação, temperatura, oxigénio, humidade) sobre o ligante do produto de pintura que altera, a sua estrutura molecular em maior ou menor grau consoante a sua natureza química		
Soluções	Raspar, limpar, pintar		
Observações			


Anomalia	Sujidade		
Caracterização	Localização	Fachadas exteriores	
	% de afectação	30%	
	Amplitude (cm)		
	Extensão (cm)		
Possíveis causas	Poluição atmosférica		
Soluções	Raspar, limpar, pintar		
Observações			

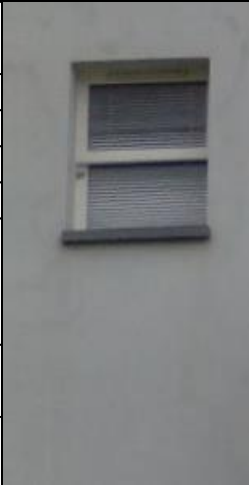
VÃOS ENVIDRAÇADOS - ANOMALIAS ENCONTRADAS


Anomalia	Folgas e empenos		
Caracterização	Localização	Nas caixilharias do edifícios	
	% de afectação	60%	
	Amplitude (cm)		
	Extensão (cm)		
Possíveis causas	Infiltração da água das chuvas nas caixilharias de madeira e as diferenças termo higrométricas.		
Soluções	Substituição das caixilharias		
Observações			

Anomalia	Apodrecimento das madeiras		
Caracterização	Localização	Porta da sala e do quarto	
	% de afectação	30%	
	Amplitude (cm)		
	Extensão (cm)		
Possíveis causas	Infiltração da água das chuvas nas caixilharias de madeira.		
Soluções	Substituição das caixilharias e melhoramento das juntas		
Observações			


Anomalia	Oxidação dos acessórios		
Caracterização	Localização	Porta da sala e do quarto	
	% de afectação	50%	
	Amplitude (cm)		
	Extensão (cm)		
Possíveis causas	Retenção de água no interior dos caixilhos Revestimento superficial de protecção dos acessórios deficiente		
Soluções	Substituição dos acessórios		
Observações			

Anomalia	Degradação superficial das madeiras		
Caracterização	Localização	Caixilharias	
	% de afectação	40%	
	Amplitude (cm)		
	Extensão (cm)		
Possíveis causas	Devido à poluição e agentes atmosféricos		
Soluções	Raspar, limpar, pintar		
Observações			

Anomalia	Escorrências laterais		
Caracterização	Localização	Caixilharias	
	% de afectação	35%	
	Amplitude (cm)		
	Extensão (cm)		
Possíveis causas	Inexistência de vedantes na junta móvel Retracção dos vedantes ao longo do tempo Deficiência nas ligações de canto dos vedantes Existência de pequenas aberturas nas juntas fixas do caixilho		
Soluções	Raspar, limpar, pintar Melhorar escoamento dos peitoris		
Observações			

Anomalia	Degradação das juntas		
Caracterização	Localização	Caixilharias	
	% de afectação	30%	
	Amplitude (cm)		
	Extensão (cm)		
Possíveis causas	Devido à acção dos agentes ambientais (radiação, temperatura, oxigénio, humidade) sobre o ligante Retracção dos vedantes ao longo do tempo		
Soluções	Colocar de MASTIC nas juntas degradadas		
Observações			

ÁREAS INTERIORES - ANOMALIAS ENCONTRADAS

Anomalia	Humidade junto à portada		
Caracterização	Localização	Junto às caixilharias nos quartos e na sala	
	% de afectação	30%	
	Amplitude (cm)		
	Extensão (cm)	50	
Possíveis causas	Entrada de humidade pela zona das caixilharia e portas		
Soluções	Substituição do soalho Melhoramento das caixilharias e soleira		
Observações			

Anomalia	Manchas nas paredes	
Caracterização	Localização	Junto à portada do quarto
	% de afectação	50%
	Amplitude (cm)	
	Extensão (cm)	
Possíveis causas	Infiltrações/ manchas devido a entrada de água pela portada	
Soluções	Limpar, raspar e pintar Melhorar as juntas das caixilharias com o ETICS	
Observações		



Anomalia	Humidade nas paredes	
Caracterização	Localização	Junto da varanda na parte da frente e na parte de trás da habitação do 1 piso
	% de afectação	40%
	Amplitude (cm)	
	Extensão (cm)	50
Possíveis causas	Infiltrações vindas da habitação superior	
Soluções	Limpar, raspar e pintar Colocar tela impermeabilizante na	
Observações		



Anomalia	Condensação nas paredes	
Caracterização	Localização	Paredes interiores do quarto e junto à casa de banho
	% de afectação	40%
	Amplitude (cm)	
	Extensão (cm)	
Possíveis causas	Falta de ventilação dos locais	
Soluções	Limpar, raspar e pintar	
Observações		



Anomalia	Infiltrações	
Caracterização	Localização	Junto da varanda na parte da frente e na parte de trás da habitação do 1 piso
	% de afectação	15%
	Amplitude (cm)	
	Extensão (cm)	
Possíveis causas	Infiltrações vindas da habitação superior	
Soluções	Limpar, raspar e pintar Colocar tela impermeabilizante na	
Observações		



Anomalia	Manchas no teto	
Caracterização	Localização	Junto da varanda na parte da frente e na parte de trás da habitação do 1 piso
	% de afectação	50%
	Amplitude (cm)	
	Extensão (cm)	
Possíveis causas	Infiltrações vindas da habitação superior	
Soluções	Limpar, raspar e pintar Colocar tela impermeabilizante na	
Observações		



Anomalia	Humidade no teto	
Caracterização	Localização	Junto da varanda na parte da frente e na parte de trás da habitação do 1 piso
	% de afectação	50%
	Amplitude (cm)	
	Extensão (cm)	50
Possíveis causas	Infiltrações vindas da habitação superior	
Soluções	Limpar, raspar e pintar Colocar tela impermeabilizante na	
Observações		



Anomalia	Condensação	
Caracterização	Localização	Paredes interiores do quarto e junto à casa de banho
	% de afectação	40%
	Amplitude (cm)	
	Extensão (cm)	
Possíveis causas	Falta de ventilação dos locais Isolamento insuficiente na zona da varanda e parede	
Soluções	Limpar, raspar e pintar	
Observações		



Anomalia	Infiltrações	
Caracterização	Localização	Junto da varanda na parte da frente e na parte de trás da habitação do 1º piso
	% de afectação	15%
	Amplitude (cm)	
	Extensão (cm)	
Possíveis causas	Infiltrações vindas da habitação superior	
Soluções	Limpar, raspar e pintar Colocar tela impermeabilizante na	
Observações		



Anexo D

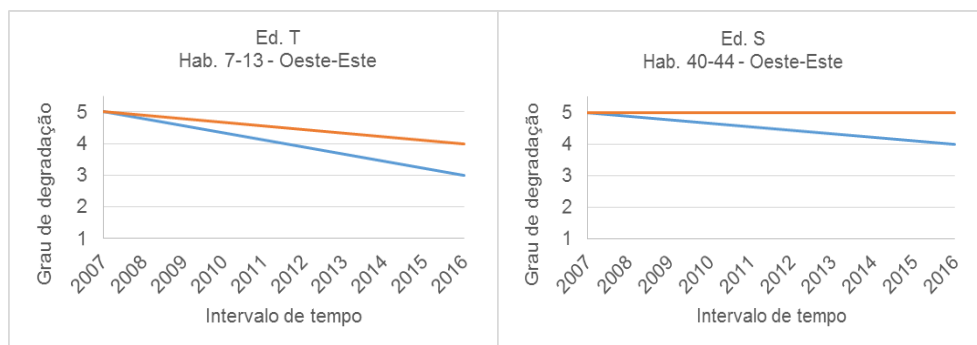
Curvas de degradação:

Fachadas e empenas

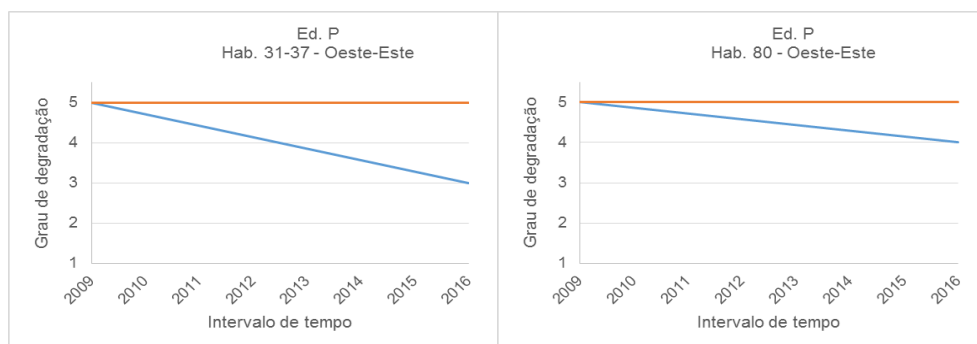
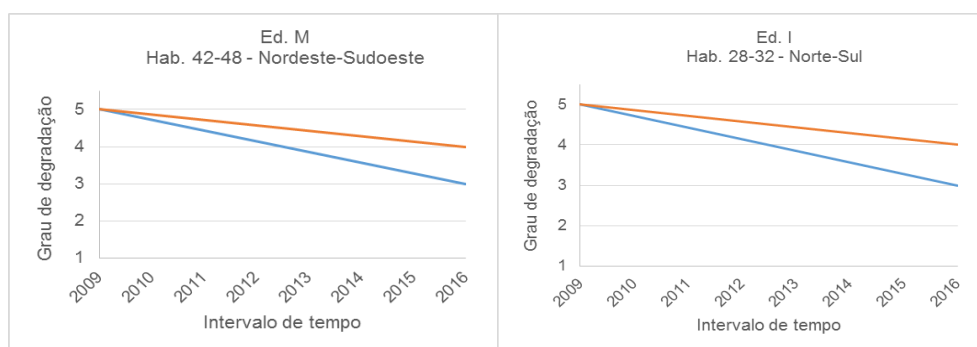
Áreas interiores

Fachadas e empenas

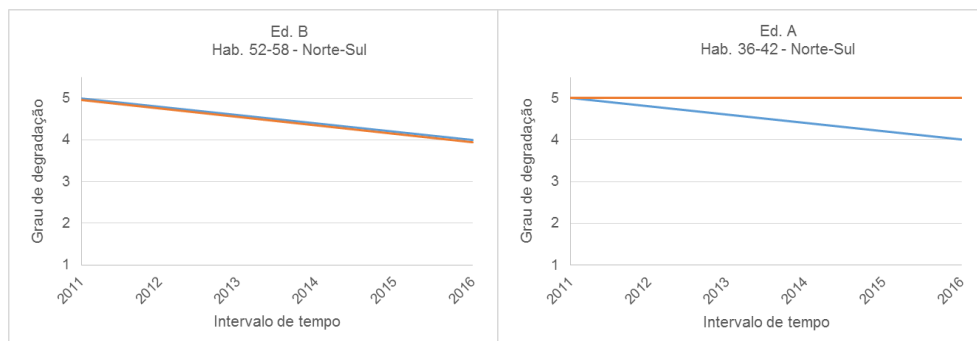
**2007-
2016**



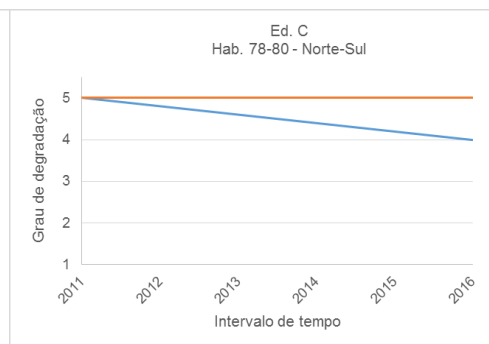
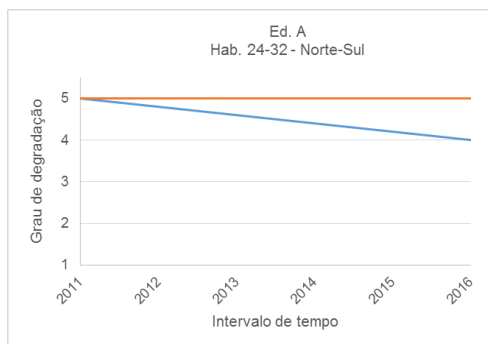
**2009-
2016**



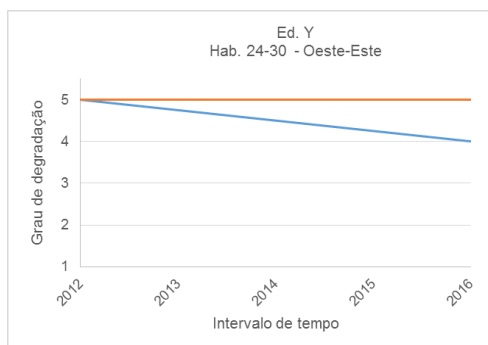
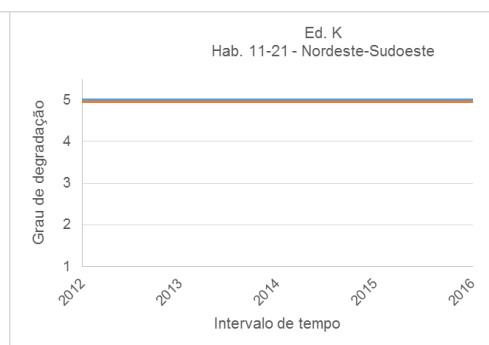
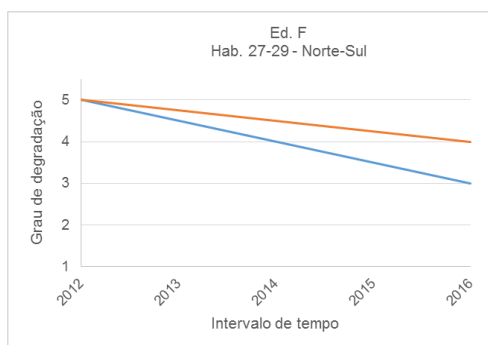
**2011-
2016**



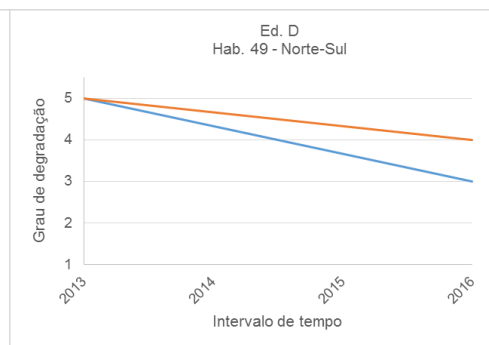
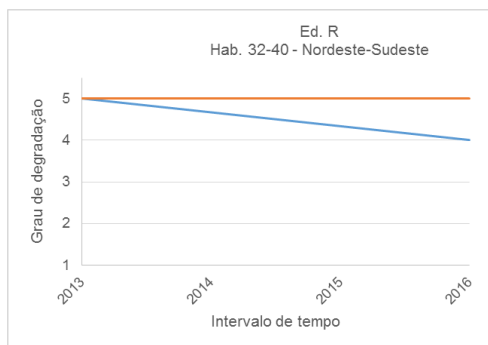
**2011-
2016**



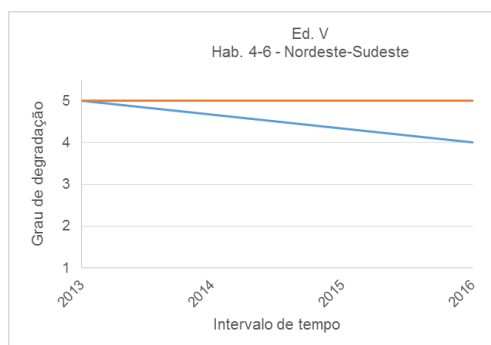
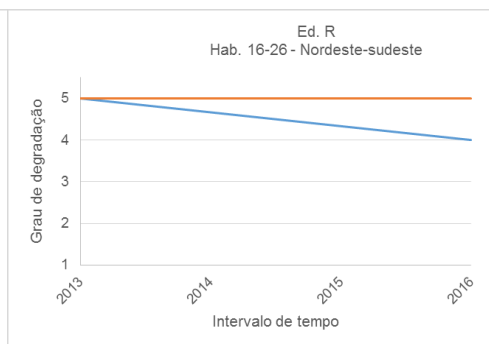
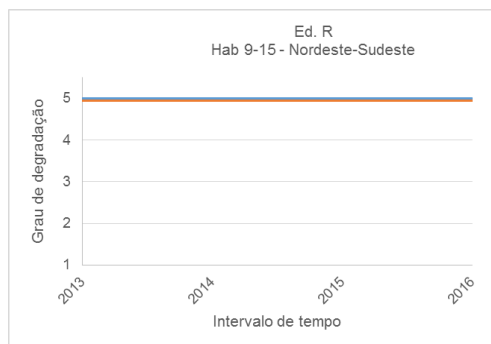
**2012-
2016**



**2013-
2016**

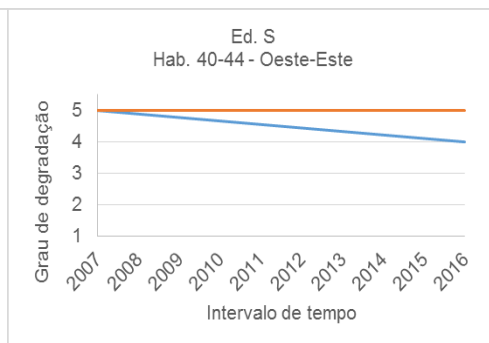
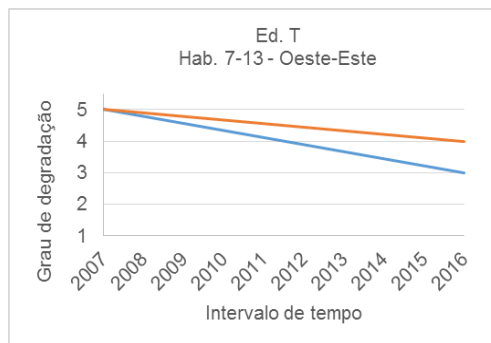


**2013-
2016**

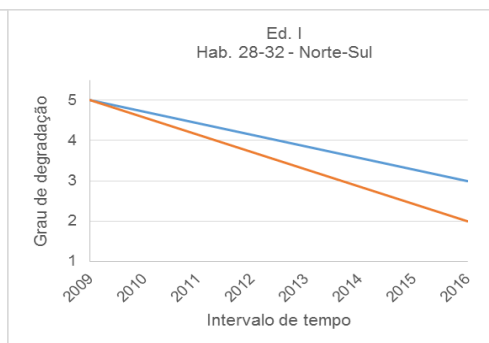
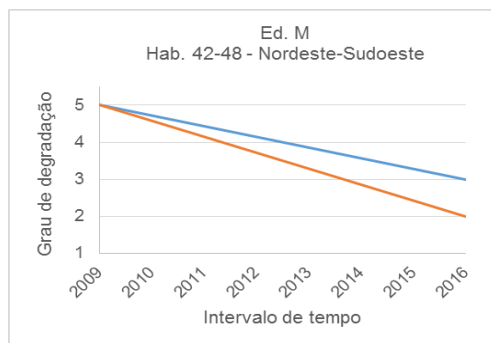


Áreas interiores

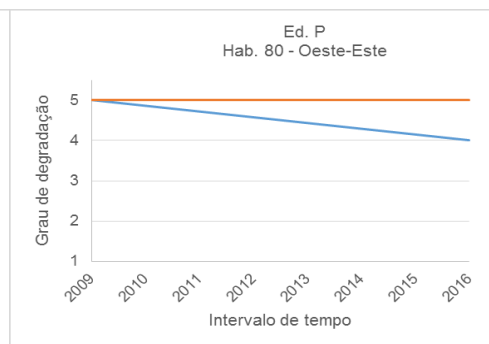
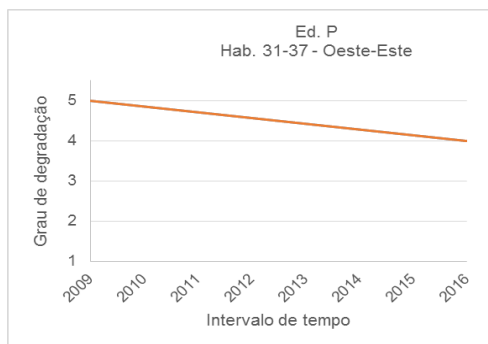
**2007-
2016**



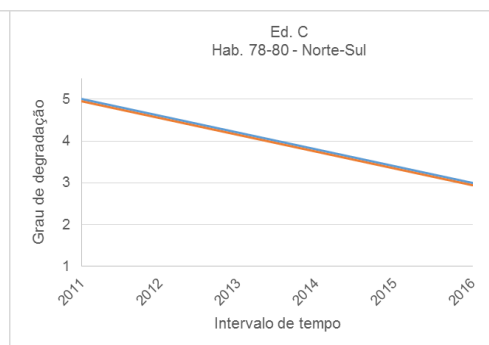
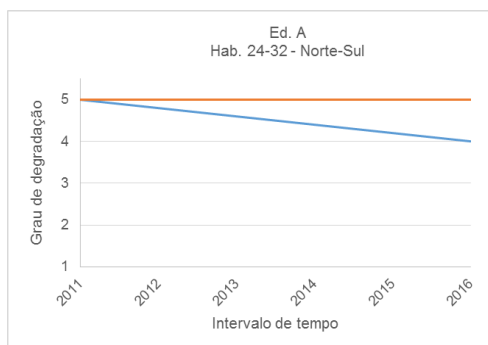
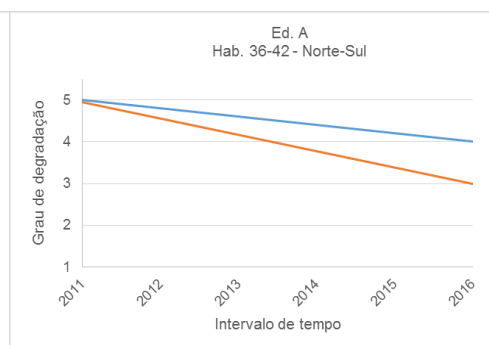
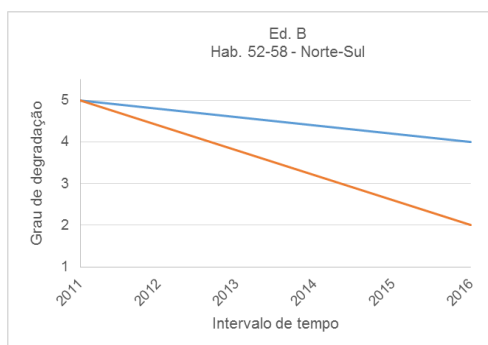
**2009-
2016**



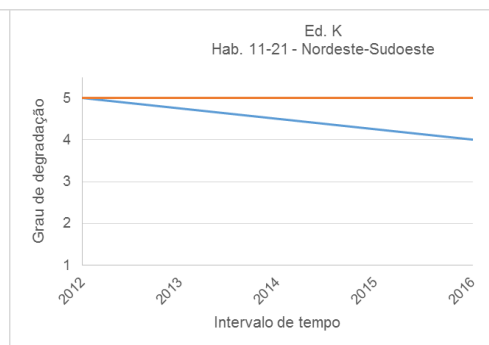
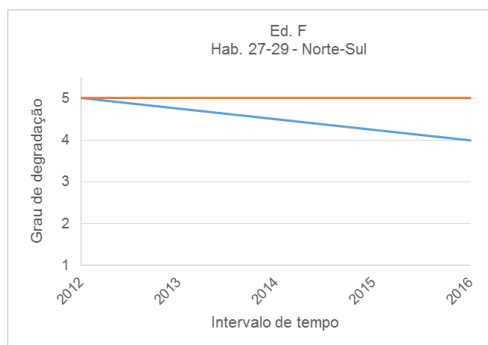
**2009-
2016**



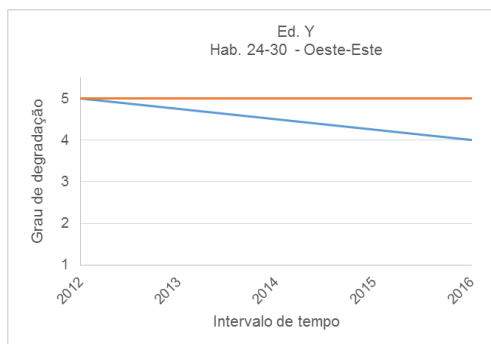
**2011-
2016**



**2012-
2016**



**2012-
2016**



**2013-
2016**

