



**TÉCNICO**  
LISBOA

**Estudo das anomalias do edifício da Central Tejo e seu registo em  
base de dados**

Definição de critérios de alerta

**Rui Miguel Dias Capelas**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em:

**Engenharia Civil**

Orientador: Prof. António Manuel Candeias de Sousa Gago

**Júri**

Presidente: Prof. João Pedro Ramôa Ribeiro Correia

Orientador: Prof. António Manuel Candeias de Sousa Gago

Vogal: Prof. Augusto Martins Gomes

**Novembro de 2016**

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço ao professor António Gago, meu orientador, pela oportunidade de desenvolver este tema e por todo o apoio e orientação prestados ao longo da elaboração desta dissertação.

Agradeço de igual modo ao Engenheiro Ricardo Ferreira pelo apoio e informações que me facultou para a elaboração desta dissertação.

A todos os meus colegas e amigos que me acompanharam ao longo deste percurso académico e em particular neste trabalho.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram e incentivaram durante estes anos e na elaboração da dissertação.

Aos meus pais, Manuel Luís e Graça, pilares fundamentais da minha vida, e que sem eles não era possível atingir o que atingi durante estes anos.

## RESUMO

Até meados do século XIX, a construção tradicional em alvenaria era o tipo de construção mais utilizado no mundo e em Portugal. A inversão da tendência está relacionada com o aparecimento do betão armado, embora a sua utilização em massa seja mais evidente a partir da segunda metade do século XX.

Na cidade de Lisboa, 56% dos edifícios anteriores a 1919 apresentam necessidades de reparação, o que indicia que a reabilitação de edifícios deve ser uma aposta do setor da construção.

Para realizar uma reabilitação mais profunda ou uma dada intervenção numa anomalia, deve ser devidamente avaliada as anomalias em causa de modo a que a reabilitação ou reparação seja eficaz e não volte a surgir as anomalias reparadas.

O método de avaliação proposto é constituído por 3 fases: a fase 1 onde cada anomalia é avaliada segundo 5 critérios e é determinado o estado da anomalia e o risco que a anomalia representa; a fase 2 em que o alvo de avaliação é um elemento do edifício ou parte, que tem por base a avaliação realizada na fase 1; a fase 3 que consiste na proposta de medidas a tomar para cada anomalia detetada.

Nos edifícios da Central Tejo, central que abasteceu Lisboa no início do século XX e é atualmente local de exposições, foram identificados seis tipos de anomalias: fissuras, eflorescências, desintegração das juntas de argamassa, delaminação, erosão e corrosão. Para cada uma das anomalias identificadas é apresentada uma proposta de aplicação do método.

**Palavras-chave:** Método de Avaliação, Central Tejo, Anomalias, Intervenção

## ABSTRACT

Until the mid-nineteen century, the traditional masonry construction was the building type most used in the world and in Portugal. The reversal of this trend is related to the appearance of reinforced concrete, although its mass use is more evident from the second half of the twentieth century.

In Lisbon, 56% of previous buildings to 1919 have repair needs, which indicates that the rehabilitation of buildings should be a bet in the construction sector.

To achieve a deeper or rehabilitation activities in a given anomaly must be properly evaluated anomalies in question so that rehabilitation or repair is effective and does not return to surface defects repaired.

The proposed evaluation method consists of three phases: phase 1 where each anomaly is evaluated according to five criteria and is determined the state of anomaly and the risk is that the anomaly; phase 2 wherein the evaluation target is a building element or part, which is based on the assessment conducted in phase 1; and phase 3, which is the proposal of measures to be taken for each detected anomaly.

In buildings of Central Tejo, Lisbon center that fueled the early twentieth century and is currently exhibition site, six types of anomalies have been identified: fissures, efflorescence, disintegration of mortar joints, delamination, erosion and corrosion. For each of the identified anomalies is presented a proposal for the method.

**Key-Words:** Evaluation Method, Central Tejo, Anomalies, Repairs

# ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	ESTADO DA ARTE .....	3
2.1.	Construção em Alvenaria.....	3
2.2.	Estado de Conservação dos Edifícios em Portugal.....	4
2.3.	Anomalias em Alvenaria Estrutural .....	7
2.3.1.	Anomalias Estruturais .....	8
2.3.2.	Anomalias Não Estruturais .....	10
2.4.	Manutenção.....	12
2.5.	Intervenção em edifícios .....	14
2.6.	Metodologias de avaliação existentes .....	14
2.6.1.	Considerações Gerais.....	14
2.6.2.	Metodologia proposta por Brito, J. e Flores-Colen, I. (2006).....	15
2.6.3.	Metodologia proposta por Cordeiro, I. (2011) .....	17
2.6.4.	Metodologia proposta por Amaral, S. (2013).....	17
2.6.5.	Metodologias propostas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil .....	19
2.6.5.1.	Metodologia de Certificação das Condições Mínimas de Habitabilidade (MCH) .....	19
2.6.5.2.	Método de Avaliação do Estado de Conservação dos Imóveis (MAEC) .....	20
2.6.5.3.	Método de Avaliação das Necessidades de Reabilitação de Edifícios (MANR) .....	21
2.6.6.	Metodologia proposta por Guerreiro, J. (2015) .....	24
2.6.7.	Considerações Finais.....	26
3.	APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA .....	27
3.1.	Considerações Gerais .....	27
3.2.	Fase 1 - Avaliação das Anomalias.....	27
3.2.1.	Tipo de Elemento Afetado .....	28
3.2.2.	Caracterização da Anomalia.....	28
3.2.3.	Risco.....	29
3.2.4.	Interdependência com Outras Anomalias .....	29
3.2.5.	Evolução da Anomalia.....	30
3.2.6.	Classificação da Anomalia .....	30
3.3.	Fase 2 - Avaliação Global das Anomalias.....	32
3.3.1.	Tipo de Elemento Afetado .....	32
3.3.2.	Densidade de Anomalias.....	32
3.3.3.	Densidade de Risco.....	33
3.3.4.	Classificação do Elemento.....	33

3.4.	Fase 3 – Aconselhamento de Medidas .....	35
3.5.	Instrumentos de avaliação.....	36
4.	CASO DE ESTUDO - APLICAÇÃO .....	37
4.1.	Breve História da Central Tejo .....	37
4.2.	Breve Descrição da Central Tejo .....	40
4.3.	Anomalias detetadas na Central Tejo.....	41
4.3.1.	Fissuras.....	42
4.3.2.	Eflorescências .....	44
4.3.3.	Desintegração de juntas de argamassa .....	47
4.3.4.	Delaminação.....	49
4.3.5.	Erosão .....	50
4.3.6.	Corrosão.....	52
4.4.	Materialização do método para as Anomalias detetadas na Central Tejo.....	54
4.4.1.	Fase 1 – Avaliação das Anomalias .....	54
4.4.1.1.	Fissuras .....	54
4.4.1.2.	Eflorescências .....	55
4.4.1.3.	Desintegração das juntas de argamassa .....	56
4.4.1.4.	Delaminação .....	57
4.4.1.5.	Erosão.....	58
4.4.1.6.	Corrosão .....	59
4.4.2.	Fase 2 – Avaliação Global das Anomalias.....	60
4.4.3.	Fase 3 – Aconselhamento de Medidas .....	60
4.4.3.1.	Fissuras .....	61
4.4.3.2.	Eflorescências .....	61
4.4.3.3.	Desintegração das juntas de argamassa .....	62
4.4.3.4.	Delaminação .....	62
4.4.3.5.	Erosão.....	63
4.4.3.6.	Corrosão .....	63
4.4.4.	Instrumentos de avaliação .....	64
4.4.5.	Exemplo de Aplicação .....	65
5.	CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
	ANEXOS .....	73

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Edifícios em Portugal em função do período de construção .....	4
Figura 2 - Edifícios no concelho de Lisboa em função do período de construção .....	5
Figura 3 - Número de edifícios em Portugal com necessidades de reparação .....	5
Figura 4 - Número de edifícios no concelho de Lisboa com necessidades de reparação .....	6
Figura 5 - Número de edifícios em Portugal anteriores a 1919 com necessidades de reparação .....	6
Figura 6 - Número de edifícios no concelho de Lisboa anteriores a 1919 com necessidades de reparação .....	7
Figura 7 - Fendilhação resultado de assentamento diferencial .....	8
Figura 8 - Exemplo de fissuração resultado do desligamento de elementos.....	10
Figura 9 - Exemplo de desagregação em alvenaria .....	11
Figura 10 - Exemplo de eflorescências em alvenaria.....	11
Figura 11 - Exemplo de vegetação parasitária em alvenaria.....	12
Figura 12 - Exemplo de termoforese em alvenaria .....	12
Figura 13 - Planta da Central Tejo.....	37
Figura 14 - Central Tejo em 1919.....	38
Figura 15 - Central Tejo nos dias de hoje .....	39
Figura 16 - Emparelhamento das paredes nos edifícios da Central Tejo .....	40
Figura 17 – Exemplo de injeção em alvenaria.....	43
Figura 18 - Distribuição das fissuras detetadas na Fachada norte do Edifício de Baixa Pressão .....	44
Figura 19 - Exemplo de fissura com abertura superior a 2 mm detetadas na Central Tejo.....	44
Figura 20 - Técnica de micro jatos de precisão com partículas abrasivas.....	46
Figura 21 - Distribuição de eflorescências detetadas na fachada norte do Edifício de Baixa Pressão ..	46
Figura 22 - Exemplo de eflorescências detetadas na Central Tejo .....	47
Figura 23 - Distribuição da desintegração das juntas de argamassa detetadas no Edifício de Alta Pressão .....	48
Figura 24 – Exemplo de desintegração das juntas de argamassa detetadas na Central Tejo.....	48

Figura 25 - Distribuição da delaminação na fachada oeste do Edifício de Escritórios e SubEstação ....	49
Figura 26 - Exemplo de delaminação detetada na Central Tejo.....	50
Figura 27 - Distribuição da erosão na Fachada Oeste do Edifício de Baixa Pressão.....	51
Figura 28 - Exemplo de erosão detetado na Central Tejo.....	51
Figura 29 - Distribuição de corrosão no Edifício da Sala das Máquinas.....	53
Figura 30 - Exemplo de corrosão detetado na Central Tejo.....	53

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre o tipo de ação e os valores de <i>Irelativo</i> .....	17
Tabela 2 - Pontuações a atribuir a cada critério segundo Amaral, S. ....	19
Tabela 3 - Relação entre o Estado de Conservação do Edifício e o Índice de Anomalias .....	21
Tabela 4 - Classificações a atribuir para cada categoria .....	22
Tabela 5 - Valores a atribuir para as variáveis Extensão da Anomalia e Complexidade da Anomalia...23	
Tabela 6 - Relação entre o Nível de Reabilitação e o Índice de Necessidade de Reabilitação .....	24
Tabela 7 - Valores atribuídos a cada nível de gravidade.....	25
Tabela 8 - Correspondência entre a percentagem de necessidade de intervenção do edifício e o tipo de intervenção.....	26
Tabela 9 - Níveis de avaliação para o critério "Tipo de Elemento Afetado" .....	28
Tabela 10 - Níveis de avaliação para o critério "Caracterização da Anomalia" .....	29
Tabela 11 - Níveis de avaliação para o critério "Risco" .....	29
Tabela 12- Níveis de avaliação para o critério "Interdependência com Outras Anomalias" .....	30
Tabela 13 - Níveis de avaliação para o critério "Evolução da Anomalia" .....	30
Tabela 14 - Correspondência entre a pontuação global e o Estado da Anomalia.....	31
Tabela 15 – Classificação do critério “Risco” .....	32
Tabela 16 - Níveis de avaliação para o critério "Densidade de Anomalias" .....	33
Tabela 17 - Níveis de avaliação para o critério "Densidade de Risco" .....	33
Tabela 18 - Correspondência entre a pontuação global e o Estado do Elemento .....	34
Tabela 19 - Correspondência entre a pontuação global e o Risco .....	35
Tabela 20 - Classificações de fissuras <sup>18</sup> , citando Gaspar et al., 2006 citando Bone, 1989; CIB W876, 1993; Veiga, 1998; Silva, 1998; Bonshor, R. & Bonshor, L, 2001; Shohet & Paciuk, 2004 .....	42
Tabela 21 - Fase 1 do método aplicado à anomalia "Fissuras" .....	55
Tabela 22 - Fase 1 do método aplicado à anomalia "Eflorescências" .....	56
Tabela 23 - Fase 1 do método aplicado à anomalia "Desintegração das Juntas de Argamassa" .....	57
Tabela 24 - Fase 1 do método aplicado à anomalia "Delaminação" .....	58

Tabela 25 - Fase 1 do método aplicado à anomalia "Erosão" .....	59
Tabela 26 - Fase 1 do método aplicado à anomalia "Corrosão" .....	60

# 1. INTRODUÇÃO

A construção de edifícios e outras obras começou ainda na Pré-História, quando o Homem necessitava de construir de modo a facilitar a sua vida, desde construir habitações para se albergar, pontes para vencer obstáculos naturais, entre outros. Para além da questão da funcionalidade das referidas construções, era tida em conta também a questão da segurança das mesmas e a sua durabilidade.<sup>1</sup>

Os materiais utilizados eram apenas aqueles que a natureza disponibilizava, como a Terra, a Pedra, a Madeira e Fibras Vegetais, entre as quais se encontram o cânhamo, a juta, as lianas e tecidos de Linho. A sua utilização dependia do elemento a construir assim como da sua disponibilidade.<sup>1</sup>

Só a partir do século XVIII é que o Homem começou a introduzir outros elementos na construção como o Ferro Forjado, o Aço, o Cimento Portland, o Betão Armado e Pré-Esforçado e já no século XX a utilização de materiais poliméricos. Contudo ao longo dos tempos existiu uma pequena evolução na utilização dos materiais mais tradicionais, nomeadamente o adobe, que consiste em blocos paralelepípedicos formados por terra que secados ao sol adquiriam rigidez, princípio que mais tarde deu origem ao tijolo.<sup>1</sup>

Em Lisboa é possível encontrar edifícios de diferentes idades, tais como construção pré-pombalina, Gaiolas Pombalinas, Gaioleiros, Edifícios Mistos, em Betão Armado e outros edifícios considerados históricos. De acordo com o Censos de 2011, existem no total 52 496 edifícios na capital portuguesa, dos quais 44 % necessitam de reparação.

A reabilitação é uma tendência natural, com o objetivo de recuperar o património edificado, conferindo não só a segurança e funcionalidade que hoje se exige às construções assim como preservar sempre que possível a traça e tecnologia utilizada aquando da sua construção.

Em edifícios mais recentes ou já reabilitados, uma manutenção adequada dos edifícios permite não só prolongar a sua vida útil como a redução de custos de uma intervenção mais profunda como a reabilitação.

Uma intervenção é mais eficaz quanto melhor se compreender e conhecer as anomalias existentes, assim como a sua gravidade e o risco que elas representam quer para a segurança da estrutura quer para a segurança dos utilizadores. A existência de um método de avaliação permite a classificação das anomalias de modo objetivo e metódico.

Esta dissertação apresenta uma nova metodologia de avaliação de anomalias, subdividida em três fases: uma primeira fase onde é avaliada a anomalia propriamente dita, uma segunda fase onde

será avaliado um elemento ou parte com base na classificações atribuídas às anomalias e a terceira e última fase onde são apresentadas algumas medidas preventivas ou de reparação a tomar quando determinada anomalia surgir no edifício em análise.

Por fim, é apresentado a concretização do modelo a um conjunto de edifícios com grande relevo na cidade de Lisboa, os edifícios constituintes da Central Tejo. Identificadas as anomalias existentes nestes edifícios, esclarece-se as diferentes situações a ter em conta durante a avaliação das anomalias e medidas a adotar para quando estas anomalias surgirem.

O documento é constituído por 3 capítulos: Estado da Arte, onde é apresentada uma revisão da literatura sobre anomalias em alvenaria, manutenção e metodologias existentes; Apresentação da Metodologia Proposta, em que é descrito e explicado o método desenvolvido e Central Tejo, onde é apresentado o edifício e o método aplicado.

## 2. ESTADO DA ARTE

### 2.1. Construção em Alvenaria

A alvenaria é um *“conjunto de elementos de pequena dimensão (pedra, tijolo ou blocos) sobrepostos e arrumados, ligados ou não por argamassa, formando paredes, pontes, fundações ou muros”*<sup>2</sup>. É considerada Alvenaria Estrutural quando esta sustenta a construção.

Esta técnica é utilizada na construção de edifícios desde a Antiguidade. Estas eram, na globalidade, estruturas resistentes, embora assegurassem outras exigências funcionais, como conforto térmico e estanqueidade à água. A pedra, o tijolo e a madeira figuram entre os materiais utilizados neste tipo de construção, predominando ainda assim materiais de índole regional.<sup>3</sup>

Até meados do século XIX, a construção tradicional em alvenaria era o tipo de construção mais utilizado. A inversão da tendência está relacionada com o aparecimento do Betão Armado, embora a sua utilização em massa seja mais evidente a partir da segunda metade do século XX.<sup>3</sup>

Em Portugal, a construção de edifícios em alvenaria estrutural era o paradigma até à década de 40 do século XX, quando foi introduzido o betão armado como elemento estrutural. Na construção típica destaca-se a Gaiola Pombalina, que surgiu após o terramoto de 1755 que afetou em grande parte a cidade de Lisboa, o Gaioleiro, estrutura derivada da Gaiola Pombalina e os edifícios mistos, onde começou a introdução do betão armado em pavimentos.

A utilização da alvenaria apresenta vantagens técnicas, como a sua elevada inércia térmica, um bom desempenho ao nível de isolamento a sons aéreos e uma durabilidade potencialmente elevada, para além de possuir um valor estético, cultural e patrimonial que deve ser tido em conta neste tipo de construção.<sup>2</sup>

Ao longo dos anos de utilização de alvenaria na construção existiu pouca evolução no seu uso, baseando apenas no princípio de que as estruturas de alvenaria são pouco resistentes a esforços de tração, levando à construção de paredes com uma espessura elevada, tendo como consequência uma ocupação elevada de espaço por esses elementos, diminuindo a área potencial habitável<sup>4</sup>. As grandes espessuras desses elementos contribuem para o aumento do peso próprio da estrutura, que origina grandes solicitações gravíticas e sísmicas, que por si só apresentam baixas resistências à flexão e sísmica, quer no plano da estrutura, quer fora do mesmo. Embora apresente um valor estético a considerar, do ponto de vista arquitetónico é um tipo de material pouco flexível, ou seja, não permite construir elementos com formas não lineares com a mesma qualidade como, por exemplo, o betão permite<sup>2</sup>.

Embora tenha existido pouca evolução tecnológica no uso de alvenaria, é possível identificar diversos tipos de construção com base de alvenaria, como paredes de cantaria com ou sem argamassa de assentamento, paredes de alvenaria de pedra irregular (com blocos de grandes dimensões utilizados no exterior), paredes de alvenaria confinadas com perfis metálicos, paredes com uma estrutura reticulada de madeira preenchida no seu interior com alvenaria e posterior reboco.<sup>5</sup>

## 2.2. Estado de Conservação dos Edifícios em Portugal

De acordo com os Censos 2011<sup>6</sup>, existem em Portugal 3 544 389 edifícios, dos quais 206 343 são edifícios cujo período de construção é anterior a 1919, correspondente a 6 % do total edificado, como é possível observar na Figura 1.

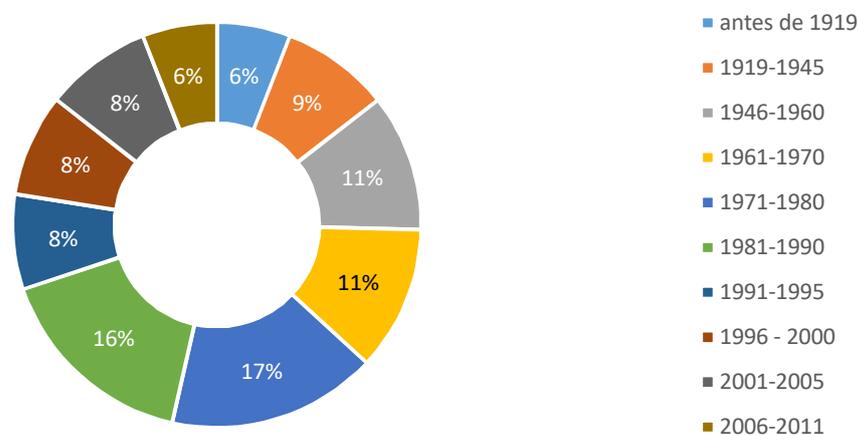


Figura 1 - Edifícios em Portugal em função do período de construção

(Fonte: Censos 2011, INE)

Fazendo uma análise exclusiva ao concelho de Lisboa, o número de edifícios é igual a 52 496, sendo que 10 279 são edifícios construídos antes de 1919, ou seja, 20 % do parque edificado de Lisboa é anterior a 1919<sup>6</sup>, como mostra a **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

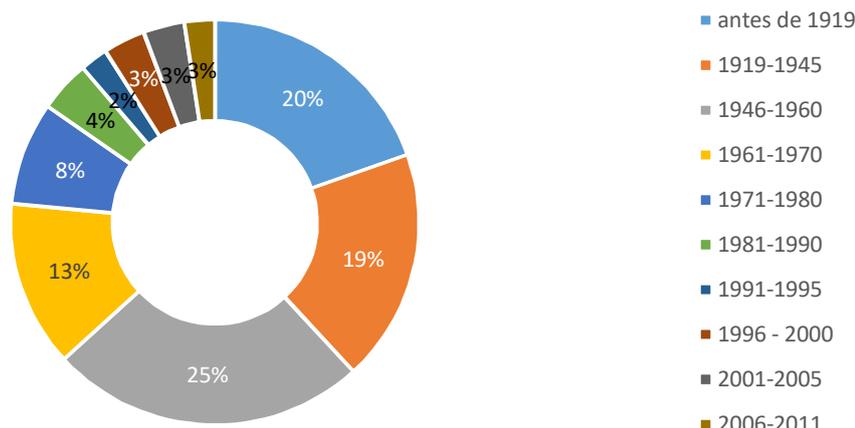


Figura 2 - Edifícios no concelho de Lisboa em função do período de construção

(Fonte: Censos 2011, INE)

A Figura 3 representa a necessidade de reparação dos edifícios em Portugal. Analisando este gráfico, é possível concluir que cerca de 71% dos edifícios (2 519 452) não têm necessidade de reparação.<sup>6</sup>

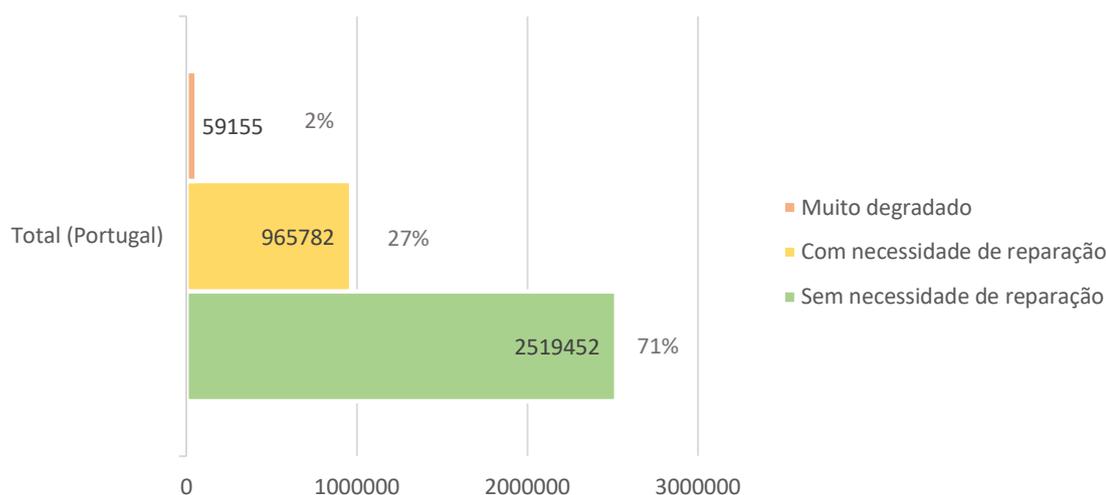


Figura 3 - Número de edifícios em Portugal com necessidades de reparação

(Fonte: Censos 2011, INE)

Embora a maioria dos edifícios não necessitem de reparação no concelho de Lisboa, este apenas representa 54% do total de edifícios lisboetas, em contraste com os 71% verificados no total nacional. Em relação aos edifícios com necessidade de reparação, estes constituem cerca de 43% do total verificado em Lisboa, contrapondo com 27% do total nacional<sup>6</sup>. O número de edifícios com necessidade de reparação no concelho de Lisboa encontra-se na Figura 4.

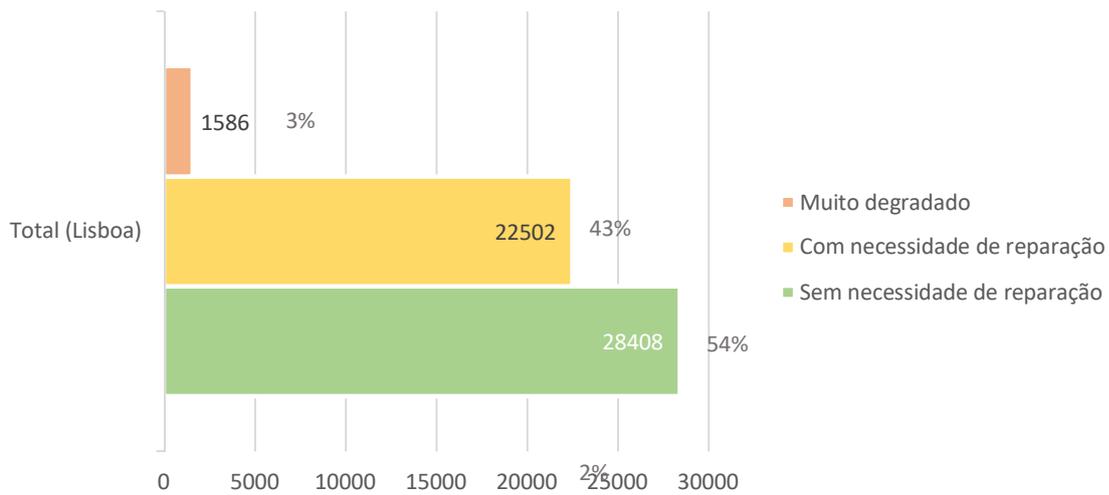


Figura 4 - Número de edifícios no concelho de Lisboa com necessidades de reparação

(Fonte: Censos 2011, INE)

Se se cingir a análise aos edifícios anteriores a 1919, verifica-se uma inversão em relação ao observado quando são analisados todos os edifícios de todas as épocas, ou seja, a maior parte dos edifícios tem necessidades de reparação. Em Portugal, 106 616 edifícios (cerca de 52 %) encontram-se nesta categoria. Destaque também para um aumento significativo do número de edifícios em estado muito degradado (22 381, que corresponde a aproximadamente 11 % do total nacional)<sup>6</sup>. Estes números são observáveis na Figura 5.

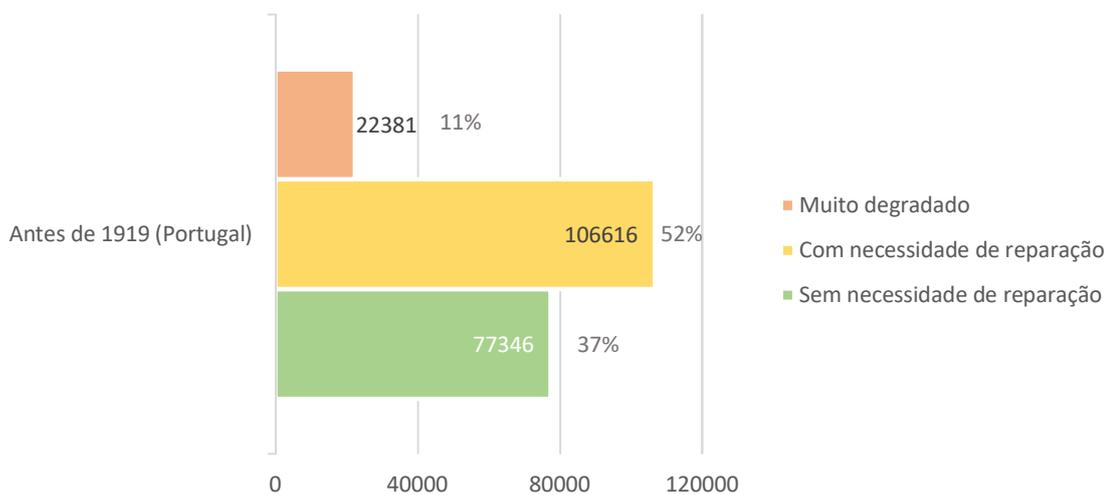


Figura 5 - Número de edifícios em Portugal anteriores a 1919 com necessidades de reparação

(Fonte: Censos 2011, INE)

Analisando agora apenas o concelho de Lisboa, o paradigma é semelhante ao verificado para todo o país: maior número de edifícios com necessidades de reparação (5 785 edifícios, que perfazem 56 % do total em Lisboa). Tal como todo o país, mantém-se a percentagem de edifícios em estado

muito degradado (cerca de 8%, que corresponde a 894 edifícios)<sup>6</sup>, como se pode constatar na Figura 6.

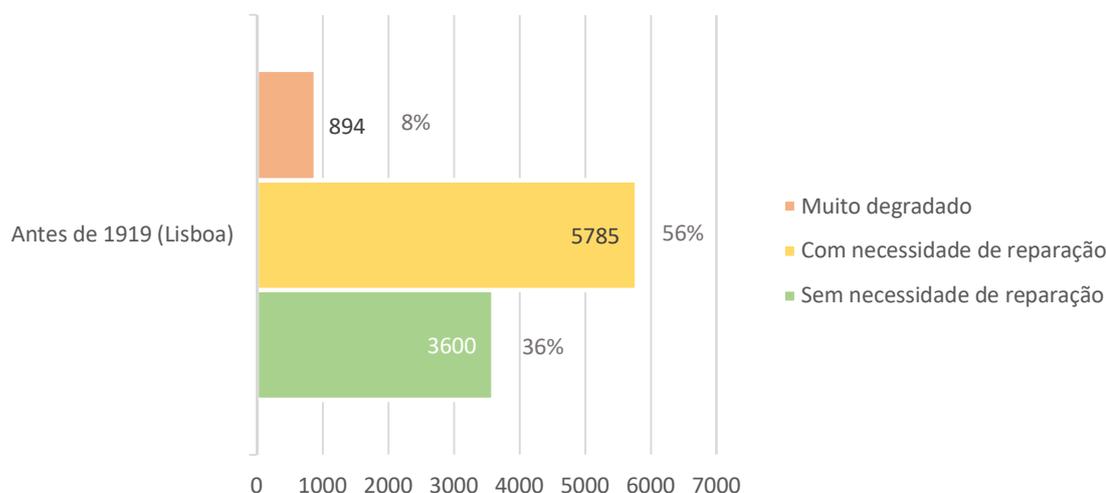


Figura 6 - Número de edifícios no concelho de Lisboa anteriores a 1919 com necessidades de reparação

(Fonte: Censos 2011, INE)

Estes dados apontam para uma aposta na reabilitação urbana, setor que representou em 2011 uma produtividade de 5 462 M €, que corresponde a 26,1 % do total de produção<sup>7</sup> e que de acordo com a Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas o setor em 2015 aumentou o nível de atividade 29,9 % em relação ao período de 2014<sup>8</sup>.

Em relação aos edifícios que atualmente não necessitem de reparações, deve ser garantido que tais ações devam ser realizadas de acordo com o previsto em projeto. Para tal é necessário assegurar uma adequada manutenção dos edifícios ao longo da sua vida útil.

### 2.3. Anomalias em Alvenaria Estrutural

As anomalias em edifícios surgem em resultado de fenómenos de natureza física/mecânica, química ou biológica. Muitas vezes, as anomalias detetadas têm origem noutras, levando a uma reação em cadeia das mesmas, pelo que é importante perceber as causas para o desenvolvimento dessas patologias e olhar para o fenómeno como um mecanismo.<sup>2</sup>

Deste modo é comum dividir as anomalias em alvenaria em dois grandes grupos: anomalias estruturais e anomalias não estruturais. De seguida, serão apresentadas as anomalias mais comuns em cada um dos grupos e as suas causas.

### 2.3.1. Anomalias Estruturais

As anomalias estruturais são anomalias que podem afetar a estrutura do edifício. Deste modo são anomalias que devem ter um especial cuidado quer na sua análise quer na sua reparação.

A principal anomalia verificada em alvenarias é a fendilhação.<sup>9</sup> O surgimento de fendas nestas estruturas tem origens bastante diversas, que serão apresentadas em diante.

Uma das principais origens está relacionada com assentamentos diferenciais. Esses assentamentos podem ser provocados ao nível do solo, quer por fundações deficientes do edifício, quer a existência de solos de fundação constituído por aterros mal compactados, quer alterações do regime hídrico do subsolo. Obras de escavação e demolições em edifícios vizinhos levam a perda de confinamento do terreno, podendo originar assentamentos diferenciais, assim como a sobrecarga excessiva no edifício também pode resultar nesse fenómeno<sup>2</sup>. Estas fendas com origem em assentamentos podem ser classificadas segundo o padrão evolutivo da mesma, estando relacionado com a evolução do assentamento. Deste modo, uma fenda é classificada como estável, em evolução com tendência para estabilização, em evolução sem tendência para estabilização, com comportamento cíclico sazonal ou diário. Na Figura 7 é possível observar um exemplo de fendilhação fruto de assentamentos diferenciais.



*Figura 7 - Fendilhação resultado de assentamento diferencial*

*(Fonte:<sup>2</sup>)*

A variação de temperatura diária e/ou sazonal também contribui para o aparecimento de fendas nos panos de alvenaria, uma vez que estas variações de temperatura levam à dilatação e contração dos elementos, que em excesso podem levar ao surgimento dessas mesmas fendas. Por outro lado, em contacto com outros materiais que se comportam de forma diferente em relação às variações de temperatura, a fendilhação pode surgir em resultado desse comportamento diferencial

entre materiais, desligando os materiais entre si. Estes problemas resultantes da variação de temperatura podem ser mitigados caso sejam projetadas juntas de dilatação.<sup>10</sup>

De modo semelhante à variação da temperatura, a variação do teor em água dos elementos contribui para o surgimento de fendas em estruturas de alvenaria. O aumento do teor em água leva a uma expansão do material, ao passo que a diminuição leva a uma contração e caso não haja disponibilidade da estrutura para estas alterações, estas podem originar fendilhação. A humidade que origina estes fenómenos de higroscopicidade pode surgir a partir de várias situações: a humidade resultante da produção dos componentes, ou seja, água que se encontre intrinsecamente nos componentes da alvenaria e que posteriormente se evapora com o tempo; a humidade proveniente da execução do elemento, nomeadamente das argamassas de ligação e que, tal como a água dos componentes, ao longo de tempo se evapora, originando contrações nos elementos; a humidade do ar ou resultante dos fenómenos meteorológicos, nomeadamente chuva e neve, com maior incidência nas faces voltadas para o exterior; a humidade do solo, para elementos em contacto com o solo.

Para além de ser um das causas possíveis para assentamentos diferenciais, o excesso de sobrecarga nos edifícios origina também fissuração.

Outras causas para o surgimento de fendas em alvenarias estão relacionadas com alterações dos restantes elementos constituintes da estrutura, quer a nível de cobertura que origina impulsos horizontais, quer ao nível de deformação de pavimentos. Ações acidentais como a ação sísmica são também responsáveis por alguma fissuração que possa surgir.<sup>2</sup>

A existência de elementos metálicos no interior das alvenarias pode também originar fendilhação nas estruturas de alvenaria. Estas fendas resultam da corrosão desses elementos, que tem origem na penetração de cloretos e carbonatos ao longo da estrutura de alvenaria que é porosa, entrando em contacto com os perfis e juntamente com a humidade do ar formar óxidos de ferro junto aos elementos metálicos e que provocam as referidas fendas.<sup>2</sup>

Uma outra causa para o aparecimento de fissuras está relacionada com o desligamento entre elementos. É comum este tipo de fissuração aparecer nas zonas onde existem diferentes elementos (por exemplo entre uma parede de alvenaria e uma viga de betão armado, duas paredes perpendiculares de alvenaria). O desligamento ocorre graças a comportamentos estruturais e termo-higrométricos diferenciados.<sup>2</sup> Na Figura 8 pode ser observado um exemplo de fissuras resultado de desligamento de elementos.



*Figura 8 - Exemplo de fissuração resultado do desligamento de elementos*

*(Fonte: <sup>2</sup>)*

Outra anomalia estrutural a ter em conta em alvenaria está relacionada com o abaulamento/deformação das paredes de alvenaria. Tal como a fissuração, a existência de sobrecargas no edifício não projetadas, alterações estruturais e a existência de obras na vizinhança são causas relacionadas com este tipo de anomalias. Uma causa a ter em conta é a má construção das paredes, nomeadamente a inexistência de perpianos, que são pedras que cobrem toda a espessura da parede, impedindo que a mesma se esboroe lateralmente. <sup>2</sup>

Alterações estruturais, como o aumento do número de pisos, e o esmagamento, resultante de cargas excessivas, são outras anomalias estruturais verificadas em estruturas de alvenaria. <sup>2</sup>

### **2.3.2. Anomalias Não Estruturais**

As anomalias não estruturais são anomalias que não afetam a segurança da estrutura, porém caso a anomalia se desenvolva ao longo do tempo e afetar a alvenaria pode comprometer a segurança da estrutura. <sup>2</sup>

A este tipo de anomalias podem ser associadas duas causas principais: falta de manutenção dos elementos e a ação da água. A água que provoca este tipo de anomalias tem diversas origens, tais como precipitação, humidade do terreno, condensações, roturas e água de construção, que não tem muita influência em edifícios antigos. <sup>2</sup>

Uma anomalia não estrutural é a desagregação de elementos. Esta tem origem em fenómenos de variação de temperatura, que contraindo nos períodos de inverno e dilatando nos períodos de verão, fragilizam o elemento, levando à referida desagregação; a erosão provocada pela ação do vento, a falta de manutenção e a ação humana também contribuem para o desenvolvimento desta anomalia. Um exemplo de desagregação em alvenaria pode ser observado na Figura 9.



*Figura 9 - Exemplo de desagregação em alvenaria*

*(Fonte:?)*

Outra anomalia não estrutural comum são as eflorescências. Estas consistem na deposição de sais que se encontram dissolvidos em água e que têm origem em água proveniente do solo ou da atmosfera, muitas vezes em ambientes agressivos como a costa ou as margens de um rio. Caso os sais surjam no interior dos elementos e provoquem empolamento, estas são designadas de criptoflorescências. Um exemplo de eflorescências pode ser observado na Figura 10.



*Figura 10 - Exemplo de eflorescências em alvenaria*

*(Fonte: <sup>11</sup>)*

Existem anomalias não estruturais provocadas por seres vivos, como vegetação parasitária, fungos, líquenes ou pátina, e a principal consequência está relacionado com o aspeto visual. Na Figura 11 pode ser observado um exemplo de vegetação parasitária em alvenaria.



*Figura 11 - Exemplo de vegetação parasitária em alvenaria*

*(Fonte:²)*

Outra anomalia não estrutural são as manchas. Estas manchas têm diferentes origens, como escorrência de água, infiltrações, poluição ou fenômenos de termoforese. Na Figura 12 encontra-se um exemplo de manchas provocadas por termoforese.



*Figura 12 - Exemplo de termoforese em alvenaria*

*(Fonte: ²)*

## **2.4. Manutenção**

Como Manutenção entende-se *“combinação de ações técnicas e respetivos procedimentos administrativos que, durante a vida útil dum edifício e suas componentes, se destinam a assegurar que este desempenhe as funções para que foi dimensionado”*.<sup>12</sup>

De acordo com a norma ISO 15 686 – 1:2011, a vida útil de um edifício é o *“período de tempo depois da construção em que o edifício mantém ou excede o nível de desempenho exigido”*.<sup>12</sup>

A estimativa da vida útil dos diversos elementos constituintes dos edifícios é resultado de sete fatores que afetam de modo positivo ou negativo um valor de vida útil de referência, que se encontram tabelados em publicações da especialidade, como é exemplo a *Building Maintenance Information* do *Royal Institute of Chartered Surveyors*. Estes fatores tomam o valor de 0,8 se diminuir a vida útil ou 1,2 caso contribua significativamente para o aumento da vida útil. Nas situações em que determinado fator não tenha influência no período de vida útil, este toma o valor de 1. Os fatores a ter em conta, segundo a ISO 15 686 – 1:2011, são os seguintes: Qualidade dos Materiais, Nível do Projecto, Nível de Execução, Ambiente Interior, Ambiente Exterior, Condições de Utilização e Nível de Manutenção.

As operações de manutenção podem ser agrupadas em três categorias: inspeções, limpezas e reparações/substituições locais. As inspeções são ações que permitem avaliar, com auxílio de adequados meios de diagnóstico, o estado de degradação de um determinado elemento, servindo como base para a tomada de decisão de intervenção ou não. As intervenções nos elementos podem ter uma função mais preventiva, de modo a impedir a evolução de sujidades e acumulação de resíduos, que se denominam de limpezas, ou reparações/substituições locais, que permitem que anomalias detetadas pelas inspeções não se propaguem.<sup>13</sup>

A manutenção de edifícios pode ser realizada de duas formas bastante distintas: reativa ou pró-ativa.

Uma manutenção reativa consiste na intervenção nos elementos após a ocorrência de anomalias. É um meio de manutenção que, apesar de não exigir uma análise a esta questão na fase de projeto, apresenta custos acrescidos ao longo do ciclo de vida, embora a curto prazo esse custo aparente ser mais baixo.<sup>13</sup>

Por oposição à manutenção reativa, a manutenção proativa prevê na fase de projeto a criação de um plano de manutenção a ser cumprido durante a vida útil. Este plano de manutenção pode ser baseado em ações periódicas de intervenção ou em ações periódicas de inspeções que determinarão as intervenções consequentes. No primeiro caso a manutenção é do tipo preventiva e no segundo é do tipo preditiva.<sup>13</sup>

A manutenção preventiva tem como principais vantagens a diminuição de trabalhos extraordinários, permitindo quer uma menor interferência com a utilização normal do edifício, quer uma otimização de recursos e custos, dado que as ações interventivas estão devidamente planeadas. Este planeamento, contudo, leva a que seja efetuada uma análise constante desde a fase de projeto, com uma base de dados de suporte e com um controlo rigoroso do planeado, alterando sempre que necessário.<sup>13</sup>

Por outro lado, a manutenção preditiva permite determinar a necessidade e o tipo de intervenção a utilizar, mais adequado à anomalia em causa, reduzindo igualmente o número de anomalias imprevistas. A utilização de tecnologias mais modernas neste tipo de ações faz com que sejam detetadas antecipadamente certas anomalias do que utilizando métodos mais antigos. Em oposição, este tipo de manutenção exige que seja elaborado um método de diagnóstico válido, exequível e que permita avaliar com o maior rigor possível o estado do elemento.

É possível definir um novo tipo de manutenção, que se dá pelo nome de manutenção integrada. Este tipo de manutenção consiste na criação de um sistema global onde se inclui estratégias reativas, a atuar em situações extremas, e estratégias pró-ativas.<sup>14</sup>

## **2.5. Intervenção em edifícios**

A intervenção em edifícios é uma ação que leva a custos elevados e condicionalismos na normal utilização dos mesmos. Deste modo é necessário assumir diversos critérios de modo a intervir no edifício de um modo eficiente.

Os principais critérios a ter em conta são critérios técnicos, económicos, funcionais, conforto, estéticos, sociais e ambientais. A estes critérios juntam-se o tipo de anomalia encontrada, a sua extensão e a sua previsível evolução.<sup>13</sup>

A periodicidade de intervenção depende de diversos fatores. Para além do tipo de intervenção, a qualidade que se exige a um determinado elemento faz com que a periodicidade seja maior caso a qualidade seja melhor ou menor periodicidade para uma qualidade inferior. O grau de deterioração de um dado elemento também aumenta ou diminui o tempo entre intervenções.

De modo a realizar uma intervenção mais eficaz, é necessário definir prioridades de intervenção. O tipo de anomalia a intervir, o estado inicial e a previsível evolução da mesma, a sua localização e impacto no edifício são fatores globais a ter em conta na definição de prioridades. Para tal é necessário definir um modelo normalizado que consiga quantificar estes fatores e atribuir prioridades de intervenção.

## **2.6. Metodologias de avaliação existentes**

### **2.6.1. Considerações Gerais**

Um sistema de gestão de edifícios consiste numa ferramenta que permite gerir de um modo eficaz e com método um edifício ou um conjunto destes. Para funcionar adequadamente, um sistema de gestão deve possuir as seguintes características<sup>15</sup>:

- Divisão clara das várias fases do processo de gestão;
- Normalização de todas as suas fases;
- Possibilidade de armazenar toda a informação de forma fácil e com rápido acesso;
- Recurso a critérios objetivos;
- Otimização dos recursos financeiros disponíveis;
- Minimização de processos burocráticos;
- Transparência de todas as decisões tomadas.

Segundo a metodologia proposta por Brito, um sistema de gestão deve possuir três módulos distintos entre si: um módulo relacionado com o armazenamento de dados, outro associado à inspeção de edifícios, e por fim um módulo relacionado com a decisão a tomar.<sup>15</sup>

O módulo de armazenamento de dados, denominado Base de Dados, tem como função *“armazenar, gerir e fornecer toda a informação de base e a obtida do sistema de inspeção e fornecê-la aos outros módulos”*. O objetivo do módulo de apoio à inspeção consiste em *“apoiar o inspetor no local não fornecendo informação direta ao terceiro módulo”*. Por fim, o módulo de apoio à decisão *“manuseia toda a informação obtida por forma a fornecer recomendações fundamentadas a todos os níveis do sistema de decisão”*.<sup>15</sup>

Esta metodologia prevê uma caracterização inicial do edifício, de modo a ter uma base de comparação quando começarem a ser efetuadas as inspeções regulares. Esta deve ser realizada quando o edifício é colocado em serviço, sendo possível ainda assim ser realizada após a primeira inspeção do edifício aquando da integração no sistema de gestão ou após uma obra de reabilitação importante.<sup>16</sup>

A presente dissertação visa essencialmente o módulo de apoio à decisão, desenvolvendo um método que permita avaliar anomalias e graus de prioridade, servindo como base à decisão de intervir num edifício. De seguida serão apresentados diferentes sistemas de avaliação, que servirão como base ao sistema proposto por este trabalho.

### **2.6.2. Metodologia proposta por Brito, J. e Flores-Colen, I. (2006)**

A metodologia proposta por Brito, J. e Flores-Colen, I. tem como objetivo atribuir um grau de prioridade de intervenção às anomalias avaliadas<sup>13</sup>. Para tal, o método tem em conta três critérios de avaliação: Severidade das Anomalias, Extensão das Anomalias e Criticidade do Elemento.

A severidade das anomalias avalia o estado da anomalia e a sua influência no resto do edifício. Este critério é avaliado de 1 a 7, sendo o 7 o mais grave, com os seguintes significados:

- 1 - Influência negativa no aspeto estético.

- 2 - Aumento dos encargos com a utilização;
- 3 - Diminuição da durabilidade dos elementos;
- 4 - Aumento dos incómodos na utilização dos espaços, afetando a funcionalidade do edifício;
- 5 - Redução das condições de higiene, saúde e ambiente;
- 6 - Falta de segurança contra a intrusão;
- 7 - Perigo para a segurança e integridade dos utentes;

O segundo critério, Extensão das Anomalias, pode ser avaliado em três níveis, de 1 a 3, que são os seguintes:

- 1 - Extensão localizada;
- 2 - Extensão Média;
- 3 - Extensão Elevada.

A Criticidade do Elemento tem em conta a importância do elemento com anomalia para a segurança e estabilidade do edifício. A sua avaliação é realizada com uma escala de 1 a 5, a saber:

- 1 - Mínimo, ex: outros elementos arquitetónicos;
- 2 - Baixo, ex: acabamentos;
- 3 - Normal, ex: elementos secundários;
- 4 - Crítico, ex: elementos primários;
- 5 - Muito Crítico, ex: elementos estruturais.

Atribuído a cada critério a respetiva classificação, o método prossegue com a determinação de um índice ponderado para cada anomalia traduzido pela Equação 1.

$$I_{ponderado,i} = 5 * S_i + E_i + 3 * C_i \quad (1)$$

Onde,

$S_i$  é a Severidade da Anomalia do elemento  $i$ ;

$E_i$  é a Extensão da Anomalia do elemento  $i$ ;

$C_i$  é a Criticidade do elemento  $i$ .

Calculados os índices ponderados de todos os elementos, o método finaliza com a obtenção do Índice relativo do elemento em relação ao elemento com o índice ponderado máximo. Este índice relativo é determinado com recurso à Equação 2.

$$I_{relativo,i} = \frac{I_{ponderado,i}}{Máx(I_{ponderado,i})} \quad (2)$$

Mediante o resultado obtido para o índice relativo, é determinada a prioridade de intervenção no respetivo elemento. A Tabela 1 mostra a relação entre os valores de  $I_{relativo}$  e a prioridade de intervenção.

*Tabela 1 - Relação entre o tipo de ação e os valores de  $I_{relativo}$*

<b>Tipo de Ação</b>	<b><math>I_{relativo}</math></b>
Ações imediatas (prazo de seis meses)	$I_{relativo} \geq 80$
Ações a curto prazo (em dois anos)	$50 \leq I_{relativo} < 80$
Ações a médio prazo (entre 2 a 5 anos)	$I_{relativo} < 50$

### **2.6.3. Metodologia proposta por Cordeiro, I. (2011)**

A metodologia proposta por Cordeiro, I. está inserida no *Manual de Inspeção e Manutenção da Edificação* proposto pela autora, resultado da sua dissertação de mestrado<sup>17</sup>.

No referido manual, a autora apresenta uma lista de anomalias para cada elemento construtivo e para cada anomalia é atribuído *a priori* um nível de urgência de atuação.

Deste modo são apresentados 3 níveis de urgência de atuação, numerados de 1 a 3, que são apresentados de seguida:

- Nível de Urgência 1 - atuar até um mês;
- Nível de Urgência 2 - atuar durante o prazo de seis meses;
- Nível de Urgência 3 - atuar durante o prazo de um ano.

### **2.6.4. Metodologia proposta por Amaral, S. (2013)**

A metodologia proposta por Amaral, S. é uma metodologia que avalia anomalias em edifícios e é baseada numa metodologia proposta por Brito, J. que incide sobre obras de arte em betão armado.<sup>18</sup>

Nesta metodologia são apresentados dois critérios de avaliação: a Urgência de Atuação e Bem-Estar das pessoas.

A Urgência de Atuação é um critério cuja avaliação depende da “*apreciação de quem está a inspecionar o edifício, onde tal atividade é fundamentada pelos registos de valores e de informações das anomalias (evolução, consequências e efeitos das anomalias) em visitas regulares ou solicitadas*”

*aos referidos locais*". Este critério pode ser avaliado em quatro níveis, de zero a 3, que são apresentados de seguida:

- Nível 0 - Perigo iminente, atuação imediata (até 6 meses): Segurança de bens e pessoas comprometida;
- Nível 1 - Urgência de atuação a curto prazo (6 meses a um ano): Não coloca em causa a segurança de bens e pessoas mas impõe a realização de trabalhos de manutenção/reabilitação;
- Nível 2 - Urgência de atuação a médio prazo: Observação e análise da evolução da anomalia a fim de se constatar a estabilização da mesma;
- Nível 3 - Urgência de atuação a longo prazo: O efeito da anomalia é apenas visual.

A avaliação do segundo critério, Bem-Estar das pessoas, é obtida de modo semelhante ao critério anterior, tendo igualmente um lado subjetivo relacionado com a avaliação do inspetor. Possui 3 níveis de avaliação, de A a C, a saber:

- Nível A - Não cumpre as exigências de segurança de pessoas e bens ou não são respeitadas as condições mínimas de funcionalidade (salubridade, térmicas e acústicas);
- Nível B - Cumpre as exigências de segurança de pessoas e bens mas não cumpre as condições mínimas de salubridade, exigências térmicas e acústicas;
- Nível C - Não afeta o bem-estar das pessoas mas provoca um impacto visual desagradável.

Por fim, é realizada uma classificação pseudo-quantitativa, somando a pontuação de cada critério e deste modo, atribuir um grau de prioridade à anomalia. Esta metodologia prevê quatro grupos de prioridade, de 1 a 4, que são os seguintes:

- Nível 1 - Prioridade máxima;
- Nível 2 - Grande prioridade;
- Nível 3 - Pequena prioridade;
- Nível 4 - Prioridade mínima.

Na Tabela 2 são apresentados as diferentes pontuações a atribuir a cada critério.

Tabela 2 - Pontuações a atribuir a cada critério segundo Amaral, S.

CRITÉRIO	CLASSIFICAÇÃO	PONTOS
URGÊNCIA DE ATUAÇÃO	Nível 0	50
	Nível 1	30
	Nível 2	20
	Nível 3	10
IMPORTÂNCIA PARA A ESTABILIDADE DA ESTRUTURA	Nível A	50
	Nível B	20
	Nível C	10
PONTUAÇÃO GLOBAL (P.G.)	Nível 1	$80 \leq \text{p.g.} \leq 100$
	Nível 2	$60 \leq \text{p.g.} \leq 70$
	Nível 3	$40 \leq \text{p.g.} \leq 50$
	Nível 4	$20 \leq \text{p.g.} \leq 30$

## 2.6.5. Metodologias propostas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) tem desenvolvido ao longo dos últimos anos diversas metodologias de avaliação de edifícios, respondendo às necessidades atuais.

Das metodologias propostas pelo LNEC fazem parte a Metodologia de Certificação das Condições Mínimas de Habitabilidade (MCH), o Método de Avaliação do Estado de Conservação dos Imóveis (MAEC) e o Método de Avaliação das Necessidades de Reabilitação de Edifícios (MANR). De seguida serão apresentados os diferentes métodos<sup>19</sup>.

### 2.6.5.1. Metodologia de Certificação das Condições Mínimas de Habitabilidade (MCH)

A Metodologia de Certificação das Condições Mínimas de Habitabilidade (MCH) foi o primeiro método proposto pelo LNEC para a avaliação de edifícios. Esta avaliação é muito simples, tendo como objetivo verificar se determinado edifício possui ou não condições mínimas de habitabilidade.

O método define um conjunto de requisitos variados e compete ao avaliador se o edifício cumpre ou não com o requisito em análise. Para as situações que não cumprem com os requisitos, é reportado uma descrição mais cuidada da anomalia detetada.

### **2.6.5.2. Método de Avaliação do Estado de Conservação dos Imóveis (MAEC)**

O Método de Avaliação do Estado de Conservação dos Imóveis (MAEC) constitui já um método com maior detalhe de análise e avaliação mais cuidada em relação ao método descrito em 192.6.5.1, e tem como objetivo avaliar o estado de conservação dos edifícios.

A avaliação das anomalias é realizada com base em quatro critérios gerais<sup>20</sup>:

- Consequência da anomalia na satisfação das exigências funcionais;
- Tipo e extensão do trabalho necessário para a correção da anomalia;
- Relevância dos locais afetados pela anomalia;
- Existência de alternativa para o espaço ou equipamento afetado.

A ficha de avaliação prevê a análise a 37 elementos construtivos (elementos funcionais), divididos em três grupos: Edifício, Outras Partes Comuns e Unidade. Cada elemento pode ser avaliado numa escala de 1 a 5, com o seguinte significado:

- 1 - Anomalias Muito Graves;
- 2 - Anomalias Graves;
- 3 - Anomalias Médias;
- 4 - Anomalias Ligeiras;
- 5 - Anomalias Muito Ligeiras;

Caso o elemento não apresente anomalias, é classificado com o item *Não se Aplica*. A cada elemento está atribuído uma determinada ponderação de acordo com a importância relativa do mesmo para o desempenho da estrutura. Essa ponderação é dividida em três grupos:

- Elementos funcionais muito importantes, com uma ponderação de 5 ou 6;
- Elementos funcionais importantes, com uma ponderação de 3 ou 4;
- Elementos funcionais pouco importantes, com ponderação de 1 ou 2.

Terminada a avaliação é aplicado a cada classificação o fator de ponderação correspondente, atribuindo assim uma pontuação a cada elemento.

Para se determinar o Estado de Conservação do Edifício é necessário calcular um parâmetro denominado Índice de Anomalias. O cálculo deste indicador necessita do resultado do somatório de todas as pontuações atribuídas, assim como do somatório de todas as ponderações cuja avaliação é diferente de *Não se Aplica*. Dividindo o somatório de pontuações pelo somatório de ponderações é determinado o Índice de Anomalias.

O Estado de Conservação do Edifício pode ser classificado em cinco categorias: Excelente, Bom, Médio, Mau ou Péssimo. A Tabela 3 estabelece a relação entre o estado de conservação do edifício com o resultado do Índice de Anomalias.

*Tabela 3 - Relação entre o Estado de Conservação do Edifício e o Índice de Anomalias*

<b>Estado de Conservação do Edifício</b>	Excelente (5)	Bom (4)	Médio (3)	Mau (2)	Péssimo (1)
<b>Índice de Anomalias (IA)</b>	$5,00 \geq IA$ $\geq 4,50$	$4,50 > IA$ $\geq 3,50$	$3,50 > IA$ $\geq 2,50$	$2,50 > IA$ $\geq 1,50$	$1,50 > IA$ $\geq 1,00$

### **2.6.5.3. Método de Avaliação das Necessidades de Reabilitação de Edifícios (MANR)**

Dos três métodos propostos pelo LNEC, o Método de Avaliação das Necessidades de Reabilitação de Edifícios (MANR) é o mais recente. Desenvolvido no âmbito da “Iniciativa Bairros Críticos”, este método pretende estimar a profundidade da intervenção de reabilitação necessária para assegurar condições mínimas de habitabilidade, tendo sido aplicado no Bairro do Alto da Cova da Moura, avaliando um total de 833 edifícios.

A ficha de avaliação utilizada inicia com a caracterização construtiva do edifício em estudo, caracterizando ao nível da estrutura, cobertura, paredes exteriores, paredes interiores, caixilharia exterior e escadas comuns.

Finda a caracterização do edifício, a análise prossegue com a avaliação do edifício. No total serão avaliados 44 itens, subdivididos em 6 grupos:

- Estrutura, Cobertura e Elementos salientes;
- Outras partes comuns;
- Espaços Comuns;
- Relações entre edifícios;
- Elementos funcionais;
- Compartimentos da Unidade.

Cada grupo apresenta diferentes escalas de avaliação. Os grupos Estrutura, Cobertura e Elementos salientes, Outras partes comuns e Elementos Funcionais são avaliados em duas categorias: Construtiva e Espaciais. Dentro da categoria Construtiva existem três subcategorias: Gravidade da Anomalia, Extensão da Intervenção e Complexidade da Intervenção. A categoria Espaciais apresenta duas subcategorias: Extensão da Intervenção e Complexidade da Intervenção.

A avaliação dos grupos Espaços Comuns e Compartimentos da Unidade são efetuadas apenas na categoria Espaciais, sendo que as duas subcategorias são agora Gravidade da Anomalia e Viabilidade da Intervenção. O grupo Relações entre edifícios, por seu turno, é apenas avaliado apenas segundo a subcategoria Gravidade da Anomalia.

As classificações a atribuir a cada subcategoria são apresentadas na Tabela 4.

*Tabela 4 - Classificações a atribuir para cada categoria*

<b>Gravidade da Anomalia</b>	<b>Extensão da Intervenção</b>	<b>Complexidade da Intervenção</b>	<b>Viabilidade da Intervenção</b>
NA – Não se Aplica	L – Localizada	S – Simples	El – No edifício
SS – Sem Significado	M – Média	M – Média	LI – No logradouro do lote
L – Ligeira	E – Extensa	D - Difícil	Ev – À custa de edifícios de lotes adjacentes
M – Média	T - Total		Lv – No logradouro de lotes adjacentes
G - Grave			Vp – Na via pública

Avaliados todos os itens, é necessário atribuir um nível de reabilitação ao edifício em estudo. Este processo consiste em primeiro lugar no cálculo dos índices de necessidade de reabilitação por anomalias construtivas e espaciais, traduzidos respetivamente pelas Equações 3 e 4.

$$I_c = E_{ic} * C_{ic} \quad (3)$$

$$I_f = E_{ie} * C_{ie} \quad (4)$$

Onde,

$I_c$  é o Índice de necessidade de reabilitação por anomalia construtiva;

$E_{ic}$  é a Extensão da anomalia construtiva;

$C_{ic}$  é a Complexidade da anomalia construtiva;

$I_f$  é o Índice de necessidade de reabilitação por anomalia espacial;

$E_{ie}$  é a Extensão da anomalia espacial;

$C_{ie}$  é a Complexidade da anomalia espacial.

As variáveis Extensão da Anomalia e Complexidade da Anomalia tomam os valores apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores a atribuir para as variáveis Extensão da Anomalia e Complexidade da Anomalia

Extensão da Anomalia	Localizada	Média	Extensa	Total
	0,25	0,50	0,75	1,00
Complexidade da Anomalia	Simples	Média	Difícil	-
	0,40	0,80	1,20	-

O próximo passo é a determinação das pontuações para cada anomalia. Estas são calculadas com recurso à Equação 5.

$$P_t = P_d * (I_c + I_f) \quad (5)$$

Em que,

$P_t$  é a Pontuação de cada elemento funcional;

$P_d$  é a Ponderação correspondente do elemento funcional em causa;

$I_c$  é o Índice de necessidade de reabilitação por anomalia construtiva;

$I_f$  é o Índice de necessidade de reabilitação por anomalia espacial.

O somatório dos índices de necessidade de reabilitação por anomalia não pode ser superior a 1,20. Caso o somatório seja superior, este toma o valor máximo.

O último passo para se atribuir um nível de reabilitação ao edifício consiste no cálculo do índice de necessidade de reabilitação. Este índice é determinado com recurso à Equação 6.

$$Inr = \frac{\sum P_{ti}}{\sum P_{di}} * 100 \quad (6)$$

Em que,

$Inr$  é o Índice de necessidade de reabilitação do edifício;

$\sum P_{ti}$  é o Somatório de todas as Pontuações;

$\sum P_{di}$  é o Somatório de todas as ponderações cujo respetivo elemento funcional tenha uma avaliação diferente de “Não se Aplica”.

Os níveis a atribuir são os seguintes: Reabilitação Ligeira, Reabilitação Média e Reabilitação Profunda. A relação entre estes níveis e o índice de necessidade de reabilitação é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Relação entre o Nível de Reabilitação e o Índice de Necessidade de Reabilitação

Nível de Reabilitação	Reabilitação Ligeira	Reabilitação Média	Reabilitação Profunda
Índice de Necessidade de Reabilitação	$0 \leq Inr \leq 33$	$33 < Inr \leq 66$	$66 < Inr \leq 120$

### 2.6.6. Metodologia proposta por Guerreiro, J. (2015)

A metodologia proposta por Guerreiro, J. tem por base a seguinte questão: *Deve-se reabilitar ou demolir para voltar a construir?* A resposta a esta questão é dada através do sistema de avaliação que propõe na sua dissertação de mestrado<sup>21</sup>.

O método propõe a avaliação de 35 elementos subdivididos em 3 grupos: Estrutura, Outras partes comuns e Unidades tal como no método descrito em 2.6.5.2 e são atribuídos *a priori* uma ponderação a cada elemento. A ponderação considerada varia igualmente caso o edifício em avaliação seja unifamiliar ou multifamiliar, assim como o número de pisos que possua, categorizados do seguinte modo:

- Edifícios Unifamiliares – 1 e 2 pisos;
- Edifícios Multifamiliares – 2 e 3 pisos;
- Edifícios Multifamiliares – Mais de 3 pisos.

Os critérios de avaliação são baseados em dois fatores, a gravidade da anomalia e a extensão da mesma. A gravidade da anomalia é o critério principal de avaliação, sendo avaliada do seguinte modo:

- Não se Aplica;
- Muito Ligeiras;
- Ligeiras;
- Médias;
- Graves;
- Muito Graves.

Para cada item de avaliação é atribuído um valor pontual, que corresponde “à quantidade de trabalho necessário realizar para que o elemento funcional avaliado volte a cumprir as suas funcionalidades iniciais. No caso das anomalias classificadas como Muito grave é 1,20, de modo a ter em consideração os trabalhos extra que poderão ser necessários realizar, como por exemplo, a necessidade de demolição.”<sup>21</sup> A Tabela 7 mostra os valores pontuais determinados para cada item de avaliação.

Tabela 7 - Valores atribuídos a cada nível de gravidade

Nível de Gravidade da Anomalia	Não Se Aplica	Muito Ligeiras	Ligeiras	Médias	Graves	Muito Graves
Valor correspondente ( $Vg$ )	0	0,05	0,20	0,50	0,80	1,20

A extensão da anomalia não é avaliada com recurso a uma escala, mas sim determinando a “percentagem aproximada da área do elemento que se encontra afectada pela anomalia observada”.

Determinados estes valores, é calculada a percentagem de necessidade de intervenção associada a cada elemento funcional, que é traduzida pela Equação 7.

$$\%NI_i = Vg_i * Pe_i \quad (7)$$

Onde,

$\%NI_i$  é a percentagem de necessidade de intervenção associada ao elemento funcional  $i$ ;

$Vg_i$  é o valor correspondente à gravidade do elemento funcional  $i$ ;

$Pe_i$  é a percentagem correspondente à extensão da anomalia do elemento funcional  $i$ .

Este parâmetro é alusivo a um elemento funcional, pelo que é necessário calcular a percentagem de necessidade de intervenção em relação ao total do edificado, para cada elemento funcional. Esta nova percentagem é determinada com recurso à Equação 8.

$$\%NIt_i = \%NI_i * Pd_i \quad (8)$$

Em que,

$\%NIt_i$  é a percentagem de necessidade de intervenção do elemento funcional  $i$ , em relação do total do  $i$  edificado;

$\%NI_i$  é a percentagem de necessidade de intervenção associada ao elemento funcional  $i$ ;

$Pd_i$  é a ponderação associada ao elemento funcional  $i$ .

Determinada a percentagem para cada elemento funcional, calcula-se por fim a percentagem de necessidade de intervenção do edifício,  $\%N_t$ , somando todas as percentagens calculadas. O resultado deste parâmetro é que vai determinar se o edifício deve ser reabilitado ou demolido e depois reconstruído. **A Erro! A origem da referência não foi encontrada.** Tabela 8 faz a correspondência entre o valor de  $\%N_t$  e a decisão de reabilitar ou demolir.

*Tabela 8 - Correspondência entre a percentagem de necessidade de intervenção do edifício e o tipo de intervenção*

<b>Tipo de Intervenção</b>	<b>Reabilitar</b>	<b>Reabilitar ou Demolir</b>	<b>Demolir</b>
<b>Percentagem de necessidade de intervenção do edifício</b>	$0 < \%N_t \leq 50$	$50 < \%N_t \leq 75$	$75 < \%N_t \leq 100$

### **2.6.7. Considerações Finais**

Ao analisar as diferentes anomalias, é possível constatar que muitas assentam em critérios muito genéricos, que por vezes leva a uma dificuldade em definir qual o nível em que dada anomalia deve ser classificada.

A maioria dos métodos apresentam inúmeros passos, o que torna moroso a obtenção de um resultado, muitos deles com recurso a equações que não são simples para o referido efeito.

Os métodos incidem muito na prioridade de intervenção e não na gravidade que determinada anomalia representa no contexto do edifício.

Para evitar estas questões, é apresentado de seguida um método que pretende solucionar os problemas referidos.

## **3. APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA**

### **3.1. Considerações Gerais**

A metodologia apresentada neste capítulo pretende servir como uma avaliação das diversas anomalias existentes num edifício. Para além de uma avaliação anomalia a anomalia, o método prevê ainda uma avaliação global de uma área onde ocorrem diferentes anomalias, assim como uma série de recomendações de procedimentos a efetuar aquando da ocorrência de determinados fenómenos.

A construção desta metodologia teve em conta os seguintes critérios:

- Simplicidade – o modelo foi concebido de modo a que seja de fácil utilização, quer por pessoas mais ou menos especializadas em patologias de edifícios, sem recorrer a métodos demasiado complexos;
- Objetividade – os critérios utilizados pretendem ser o mais claro possível, de modo a que na sua aplicação surjam poucas dúvidas em relação ao item a avaliar;
- Intuição – com o resultado final, é objetivo do método o responsável pelo edifício tenha uma noção do nível de gravidade e de risco que determinada anomalia representa para o edifício em causa.

De seguida são apresentadas as diferentes fases do método, o seu registo e como deve ser utilizado.

### **3.2. Fase 1 - Avaliação das Anomalias**

A primeira fase do processo consiste na avaliação de todas as anomalias existentes no edifício. Para tal é necessário identificar os tipos de anomalias existentes e só após essa identificação é que é realizada a avaliação.

A avaliação das anomalias é realizada recorrendo a uma análise multicritério, que consiste numa avaliação *a priori* de diversos critérios e conjugando as avaliações de cada critério é atribuída uma pontuação global à anomalia em estudo.

No método em causa, os critérios selecionados são os seguintes: Tipo de Elemento Afetado, Caracterização da Anomalia, Risco, Interdependência com Outras Anomalias e Evolução da Anomalia. A avaliação dos critérios pode ser efetuada de uma de três formas:

- O critério é avaliado segundo uma escala que varia entre os valores 1, 2 e 3, em que o número 1 corresponde a uma classificação menos grave e o número 3 a uma classificação mais grave;
- O critério é avaliado segundo uma escala que varia entre os valores 0, 1 e 2, em que o número 0 corresponde a uma ausência de classificação e o número 2 a uma classificação mais grave;
- O critério é avaliado segundo uma escala que varia entre os valores 0 e 1, em que 1 é a classificação mais grave e 0 a menos grave.

De seguida é apresentado em pormenor cada um dos critérios selecionados.

### 3.2.1. Tipo de Elemento Afetado

O primeiro critério a ser avaliado é o Tipo de Elemento Afetado. Com este critério pretende-se ter em conta o facto de a anomalia se desenvolver num elemento que tenha função estrutural ou não e de que modo pode comprometer ou não a segurança do edifício.

Este critério é avaliado com base na escala de 1 a 3 acima apresentada. A Tabela 9 apresenta o significado de cada nível para o critério “Tipo de Elemento Afetado”.

*Tabela 9 - Níveis de avaliação para o critério "Tipo de Elemento Afetado"*

<b>TIPO DE ELEMENTO AFETADO</b>	
<b>Nível 3</b>	<i>Elementos Estruturais</i>
<b>Nível 2</b>	<i>Elementos Não Estruturais</i>
<b>Nível 1</b>	<i>Acabamentos/Revestimentos/Outros</i>

### 3.2.2. Caracterização da Anomalia

A Caracterização da Anomalia é o critério onde é avaliada de modo mais concreto a anomalia. Nos vários níveis a atribuir devem ser apresentados os diferentes desenvolvimentos que uma referida anomalia pode apresentar, desde o desenvolvimento mais grave ao desenvolvimento menos grave. Como exemplo de aplicação, em caso de fissuração, o valor medido para a abertura da mesma pode ser o fator a ser avaliado por este critério, classificando uma abertura superior a 2 mm uma situação muito grave, uma abertura inferior a 1 mm uma situação pouco grave e na situação intermédia uma situação grave.

Tal como o critério anterior, a sua avaliação é efetuada com base na escala de 1 a 3. Na Tabela 10 é apresentado significado de cada nível para o critério "Caracterização da Anomalia".

Tabela 10 - Níveis de avaliação para o critério "Caracterização da Anomalia"

<b>CARACTERIZAÇÃO DA ANOMALIA</b>	
<b>Nível 3</b>	<i>Estado Muito Grave</i>
<b>Nível 2</b>	<i>Estado Grave</i>
<b>Nível 1</b>	<i>Estado Pouco Grave</i>

### 3.2.3. Risco

O próximo critério a ter em conta nesta avaliação é o critério Risco. Este critério tem como objetivo determinar se a anomalia e o seu previsível estado de evolução colocam em causa a segurança quer dos utilizadores quer do próprio edifício. Situações como o risco de determinada anomalia provocar um colapso global da estrutura, por exemplo, deve ser considerado como um Risco Elevado, ao passo que o risco de uma anomalia possa provocar um colapso local da estrutura, deve ser considerado como um Risco Moderado.

Ao contrário dos critérios anteriores, a escala utilizada para a avaliação será a de 0 a 2, onde zero corresponde a uma ausência de Risco e 2 a um Risco Máximo. O significado dos diferentes níveis para este critério é apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Níveis de avaliação para o critério "Risco"

<b>RISCO</b>	
<b>Nível 2</b>	<i>Risco Elevado</i>
<b>Nível 1</b>	<i>Risco Moderado</i>
<b>Nível 0</b>	<i>Sem Risco</i>

### 3.2.4. Interdependência com Outras Anomalias

A Interdependência com Outras Anomalias é outro dos critérios em avaliação. O objetivo deste critério é ter em conta se a anomalia em causa está relacionado de algum modo com outras anomalias existentes, sendo que esta pode ser, por essa razão, uma anomalia a ter em conta. A consequência que a referida anomalia pode provocar define os diferentes níveis de gravidade.

A avaliação deste critério é efetuada com recurso à escala de 0 a 2, à semelhança do critério Risco. A Tabela 12 refere o significado dos diferentes níveis considerados.

Tabela 12- Níveis de avaliação para o critério "Interdependência com Outras Anomalias"

<b>INTERDEPENDÊNCIA COM OUTRAS ANOMALIAS</b>	
<b>Nível 2</b>	<i>Sim, com consequências graves</i>
<b>Nível 1</b>	<i>Sim, sem consequências graves</i>
<b>Nível 0</b>	<i>Não</i>

### 3.2.5. Evolução da Anomalia

O último critério a ter em conta é a Evolução da Anomalia. O objetivo deste critério consiste em avaliar o estado da evolução de uma anomalia. Uma anomalia em evolução é uma anomalia mais grave do que se esta estiver estacionária.

Em algumas situações não é possível determinar se uma dada anomalia se encontra em evolução ou não. Nessa situação, não deve ser influenciada a pontuação da anomalia, pelo que se encontra no nível zero.

O sistema binário é a escala utilizada para avaliar este critério. Na Tabela 13 encontra-se espelhado o significado dos diferentes níveis considerados.

Tabela 13 - Níveis de avaliação para o critério "Evolução da Anomalia"

<b>EVOLUÇÃO DA ANOMALIA</b>	
<b>Nível 1</b>	<i>Em evolução</i>
<b>Nível 0</b>	<i>Estável / Não se Sabe</i>

### 3.2.6. Classificação da Anomalia

Avaliados todos os critérios, o próximo passo consiste na determinação de uma classificação ao nível da gravidade para cada anomalia. Esta etapa é realizada com recurso à obtenção de um resultado fruto das avaliações realizadas anteriormente critério a critério. O resultado referido é designado como Pontuação Global da anomalia e é determinado somando todos os valores atribuídos em cada critério, como ilustra a Equação 9.

$$PG = TEA + CA + R + IOA + EA \quad (9)$$

Onde,

*PG* é a pontuação global da anomalia;

*TEA* é o valor correspondente ao critério Tipo de Elemento Afetado;

*CA* é o valor correspondente ao critério Caracterização da Anomalia;

*R* é o valor correspondente ao critério Risco;

*IOA* é o valor correspondente ao critério Interdependência com Outras Anomalias;

*EA* é o valor correspondente ao critério Evolução da Anomalia.

De modo a simplificar o processo foi atribuído o mesmo peso a todos os critérios no resultado final. A pontuação global varia entre o valor mínimo de 2 e o valor máximo de 11. O Estado da Anomalia pode ser classificado em três categorias: Pouco Grave, Grave e Muito Grave. Na Tabela 14 é representada a correspondência entre as pontuações globais possíveis e o Estado da Anomalia.

*Tabela 14 - Correspondência entre a pontuação global e o Estado da Anomalia*

ESTADO DA ANOMALIA	PONTUAÇÃO GLOBAL
POUCO GRAVE	2
	3
	4
	5
GRAVE	6
	7
	8
MUITO GRAVE	9
	10
	11

Para além da determinação do “Estado da Anomalia” para cada anomalia identificada, é destacado de igual modo a pontuação atribuída para o critério “Risco”. Uma anomalia que apresente um risco elevado é uma anomalia que deve ser tida mais em conta do que uma que apresente um grau de risco mais baixo.

De modo a destacar este critério, a classificação do critério “Risco” será apresentada de modo diferente, apresentando o nível de Risco não em numerário mas sim apresentando o significado atribuído ao nível avaliado de um modo genérico. A Tabela 15 apresenta novamente a classificação considerada para o critério “Risco”.

Tabela 15 – Classificação do critério “Risco”

Nível	Significado
Nível 2	Risco Elevado
Nível 1	Risco Moderado
Nível 0	Sem Risco

Assim, quando for avaliada a anomalia será apresentado o Estado da Anomalia e o nível de Risco.

### 3.3. Fase 2 - Avaliação Global das Anomalias

A segunda fase do método é uma avaliação global das anomalias. Obtidas as classificações para cada anomalia, o objetivo nesta fase passa por analisar uma determinada área de um elemento com diversas anomalias e com diversas classificações.

A obtenção da pontuação é semelhante ao *modus operandi* da fase 1, porém com algumas diferenças. Ao contrário da primeira fase, apenas são tidos em conta 3 critérios: Tipo de Elemento Afetado, Densidade de Anomalias e Densidade de Risco.

Nos parágrafos seguintes vão ser apresentados os diferentes critérios.

#### 3.3.1. Tipo de Elemento Afetado

O critério Tipo de Elemento Afetado pretende avaliar a importância estrutural do elemento a ser avaliado. Tal como é referido em 3.2.1, a classificação é atribuída segundo uma escala de 1 a 3, cujo significado de cada nível pode ser observado na Tabela 9.

#### 3.3.2. Densidade de Anomalias

O primeiro critério específico desta fase a ter em conta é a densidade de anomalias. Com este critério, pretende-se avaliar o nível de densidade para cada categoria considerada no Estado da Anomalia (Muito Grave, Grave, Pouco Grave), numa área determinada pelo avaliador.

A densidade é determinada com base numa escala de 1 a 3. Na Tabela 16 é apresentado o significado dos diferentes níveis considerados.

Tabela 16 - Níveis de avaliação para o critério "Densidade de Anomalias"

<b>DENSIDADE DE ANOMALIAS</b>	
<b>Nível 3</b>	Densidade Elevada
<b>Nível 2</b>	Densidade Média
<b>Nível 1</b>	Densidade Baixa

### 3.3.3. Densidade de Risco

O critério Densidade de Risco pretende avaliar o nível de densidade de cada um dos graus de risco considerados (Risco Elevado, Risco Moderado, Sem Risco) numa área determinada pelo avaliador.

A densidade é determinada com base numa escala de 1 a 3, tal como acontece no critério Densidade de Anomalias, cujo significado é possível de observar na Tabela 17.

Tabela 17 - Níveis de avaliação para o critério "Densidade de Risco"

<b>DENSIDADE DE RISCO</b>	
<b>Nível 3</b>	Densidade Elevada
<b>Nível 2</b>	Densidade Média
<b>Nível 1</b>	Densidade Baixa

### 3.3.4. Classificação do Elemento

Após avaliados todos os critérios, o passo seguinte passa por atribuir ao elemento ou apenas a uma área considerada uma classificação ao nível do seu estado e ao nível do risco global que as anomalias provocam no elemento.

O método para a obtenção das classificações finais consiste na determinação de uma pontuação global para cada um dos critérios a ser avaliado, o Estado da Elemento e o Risco.

A pontuação global para o Estado do Elemento corresponde à soma entre os valores de densidade atribuídos e a classificação do tipo de elemento.

Esta pontuação varia entre o valor mínimo de 4 e um valor máximo de 12. Mediante a pontuação obtida, o elemento ou parte será classificado como sendo Pouco Grave, Grave e Muito Grave, classificação já utilizada na fase 1.

A correspondência entre a pontuação global e os níveis atribuídos para o estado do elemento está traduzida na Tabela 18.

Tabela 18 - Correspondência entre a pontuação global e o Estado do Elemento

ESTADO DO ELEMENTO	PONTUAÇÃO GLOBAL
POUCO GRAVE	4
	5
	6
GRAVE	7
	8
	9
MUITO GRAVE	10
	11
	12

A atribuição de gravidade a um determinado elemento, ao contrário do que se verifica na fase 1 do método, apresenta alguns condicionalismos de modo a traduzir uma maior realidade à avaliação. Os condicionalismos a ter em conta são os seguintes:

- *Caso o elemento apresente uma densidade elevada (Nível 3) de anomalias classificadas como Muito Grave, o estado do elemento é considerado de Muito Grave;*
- *Caso o elemento apresente uma densidade elevada (Nível 3) de anomalias classificadas como Grave e a densidade das anomalias classificadas como Muito Grave é Média ou Baixa (Nível 2 ou 1), o estado do elemento é considerado como Grave;*
- *Caso o elemento apresente uma densidade média (Nível 2) de anomalias classificadas como Muito Grave e Grave em simultâneo, o estado do elemento é considerado como Grave;*
- *Para os restantes casos, o estado do elemento é determinado com recurso à pontuação global.*

No que diz respeito ao critério Risco, o procedimento é semelhante ao descrito para o Estado da Anomalia. A pontuação global para o Risco corresponde à soma entre os valores de densidade de risco atribuídos e a classificação do tipo de elemento.

A pontuação global, à semelhança do que acontece para o Estado da Anomalia, varia entre a pontuação mínima de 4 e a pontuação máxima de 12. Consoante a pontuação obtida, o Risco será classificado como Risco Elevado, Risco Moderado ou Sem Risco. A Tabela 19 apresenta a correspondência entre a pontuação global e os níveis de risco considerados.

Tabela 19 - Correspondência entre a pontuação global e o Risco

RISCO DO ELEMENTO	PONTUAÇÃO GLOBAL
SEM RISCO	4
	5
	6
RISCO MODERADO	7
	8
	9
RISCO ELEVADO	10
	11
	12

À semelhança do sucedido para o Estado do Elemento, a atribuição de um nível para o Risco apresenta também alguns condicionalismos de modo a espelhar de modo mais real a avaliação obtida. Assim, os condicionalismos a ter em conta são os seguintes:

- *Caso o elemento apresente uma densidade elevada (Nível 3) de anomalias classificadas com Risco Elevado, o grau de Risco do elemento é considerado Elevado;*
- *Caso o elemento apresente uma densidade elevada (Nível 3) de anomalias classificadas com Risco Moderado e a densidade das anomalias classificadas com Risco Elevado é Média ou Baixa (Nível 2 ou 1), o grau de Risco do elemento é considerado Moderado;*
- *Caso o elemento apresente uma densidade média (Nível 2) de anomalias classificadas com Risco Elevado e Risco Moderado em simultâneo, o grau de Risco é considerado Moderado;*
- *Para os restantes casos, o grau de Risco do elemento é determinado com recurso à pontuação global.*

### 3.4. Fase 3 – Aconselhamento de Medidas

A terceira e última fase do método proposto é o aconselhamento de medidas. Esta fase consiste na apresentação de medidas a efetuar pelos utilizadores/proprietários do edifício.

As medidas são propostas pela pessoa/entidade responsável pela avaliação das anomalias, e estão previstas que estas medidas sejam de índole técnica, ou seja, ações a realizar de modo a resolver

a anomalia em causa, e medidas que caráter preventivo, com o objetivo de salvaguardar a segurança de utilizadores e do edifício, de modo a minimizar os riscos inerentes da anomalia em causa.

### **3.5. Instrumentos de avaliação**

O registo da avaliação deve ser efetuado numa ficha de avaliação que deve ser utilizada para todos os edifícios onde o método é aplicado. Na ficha de avaliação deve constar a data em que foi efetuada a inspeção, assim como o edifício em análise. Outra informação que deve estar disponível é a fachada em que foi realizada a inspeção, designada segundo a sua orientação Norte, Sul, Este, Oeste.

A ficha apresenta os diferentes critérios de classificação da Fase 1 do Método (Tipo de Elemento Afetado, Caracterização do Estado da Anomalia, Risco, Interdependência com Outras Anomalias e Evolução da Anomalia) e os seus respetivos níveis de avaliação.

Para cada anomalia detetada deve ser identificado o elemento afetado pela referida anomalia, de modo a facilitar a análise durante a fase 2.

O cálculo da pontuação global e determinação do Estado da Anomalia e do Risco pode ser realizado manualmente pelo avaliador e inseri-lo na ficha de avaliação correspondente. Contudo, existe um ficheiro em Excel que permite não só o registo da anomalia informaticamente assim como determina de modo automático a pontuação global e respetivo nível de gravidade e Risco.

Para a fase 2 do método existe também uma ficha de avaliação, onde se incluem os critérios considerados (Tipo de Elemento Afetado, Densidade de Anomalias e Densidade de Risco). De igual modo deve ser registado a data em que foi efetuada a inspeção, o elemento ou área em análise, assim como a localização da fachada em análise.

Do mesmo modo, as pontuações globais e respetivas categorias podem ser obtidas manualmente pelo avaliador, contudo o avaliador deve ter em atenção os condicionalismos existentes. Todavia, existe um ficheiro modelo em Excel onde é possível realizar a introdução dos dados referentes ao elemento em análise, calculando de modo automático as pontuações globais respetivas, assim como as correspondentes categorias.

As fichas de avaliação em suporte de papel para a fase 1 e para a fase 2 podem ser observadas no Anexo I.

## 4. CASO DE ESTUDO - APLICAÇÃO

### 4.1. Breve História da Central Tejo

A Central Tejo é um conjunto de edifícios que se localizam na Avenida de Brasília, junto à zona de Belém, e foi a primeira central termoelétrica a funcionar em Portugal, tendo estado em atividade durante 63 anos, entre 1909 e 1972. Na Figura 13 encontra-se uma planta da Central Tejo.

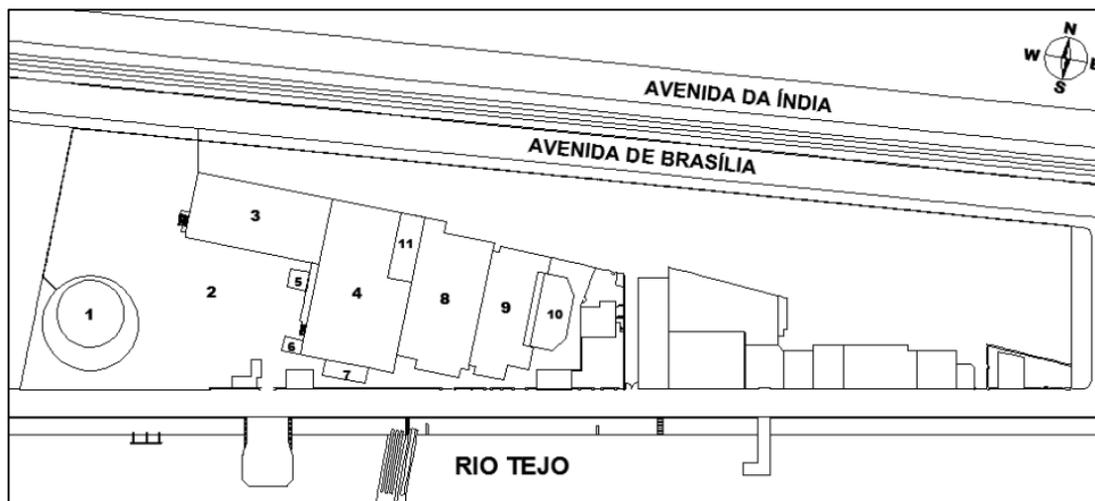


Figura 13 - Planta da Central Tejo

(Fonte: <sup>22</sup>)

**Legenda:**

1-Reservatório de Nafta; 2-Praça do carvão; 3-Edifício da Alta Pressão (AP); 4-Edifício da Baixa Pressão (BP); 5-Silos misturadores (Tremonha) de carvão; 6 - Skip (Tremonha) das cinzas; 7-Sala das bombas de água da BP; 8-Sala das máquinas; 9-Subestação elevadora de tensão; 10-Posto de transformação de tensão; 11-Sala das águas.

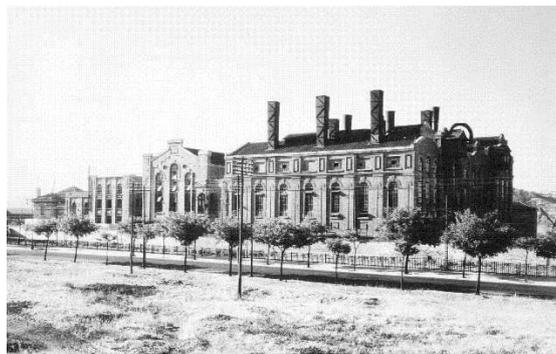
A central atualmente existente foi construída no mesmo terreno onde existia a antiga Central da Junqueira ou Central Tejo I, propriedade das antigas Companhias Reunidas de Gás e Electricidade (CRGE). A Central Tejo I foi edificada em 1908 e foi desenhada e projetada pelo engenheiro Lucien Neu, tendo a construção ficado a cargo da empresa francesa Vieillard et Touzet.<sup>22</sup>

Esta Central estava programada para funcionar durante 6 anos, até 1914, mas ficou em funcionamento até 1921 devido à I Guerra Mundial (1914-1918). A energia produzida por esta central tinha como destino quase exclusivo a iluminação pública local e particular da cidade de Lisboa.

Em 1914 iniciou-se a construção da Central Tejo II, prolongando-se até 1930, fruto do desenrolar da I Guerra Mundial. O período de construção pode ser dividido em 3 fases:

- 1.ª fase, de 1914 a 1921;
- 2.ª fase, de 1924 a 1928;
- 3.ª fase, de 1928 a 1930.

A primeira fase de construção consistiu na construção de duas naves industriais que albergaram as primeiras seis caldeiras de Baixa Pressão e de dois edifícios do lado Nascente onde foram instalados sala das máquinas para os alternadores e a subestação. A sala das máquinas entrou em funcionamento em 1919, fruto de dificuldades na importação dos geradores. Devido a esta contrariedade, as seis caldeiras entraram em funcionamento apenas em 1921.<sup>22</sup> Na Figura 14 é possível observar a Central Tejo em 1919.



*Figura 14 - Central Tejo em 1919*

*(Fonte: <sup>23</sup>)*

Na segunda fase, as obras consistiram na ampliação da sala de caldeiras de Baixa Pressão, uma nave longitudinal que permitiu a aquisição de três novas caldeiras e um novo grupo gerador.

A finalização do edifício de Baixa Pressão teve lugar durante a terceira fase de construção da Central. A última nave longitudinal, de dimensões diferentes das anteriores, permitiu a instalação de mais duas caldeiras de Baixa Pressão.<sup>22</sup>

Com o objetivo de aumentar a produção de energia elétrica, os edifícios da sala das máquinas e a subestação elevadora de tensão foram alvo de ampliação ao longo destes anos. Fruto das necessidades crescentes de energia, foram igualmente substituídos os geradores existentes por outros com maior potência e construída uma subestação elevadora e um posto de transformação de tensão, que permitiu satisfazer as necessidades energéticas de Lisboa como as necessidades regionais.

Estas novas necessidades levaram à aquisição de três novas caldeiras de Alta Pressão que, devido ao tamanho das novas caldeiras, obrigou à construção de um novo edifício, a Central Tejo III.

A central Tejo III começou a ser construída em 1938 no local onde estava implantada a Central Tejo I, o que levou à demolição desta, assim como o deslocamento das oficinas e armazéns para outro local. No edifício de Baixa Pressão foi construída uma sala de tratamento de águas.

Com este edifício foi também construída uma Torre que albergava os silos misturadores de carvão. A dificuldade na aquisição de carvão de qualidade devido à II Guerra Mundial (1939-1945) levou a que esta nova central apenas entrasse em funcionamento em 1941.

Em 1949 foi montado um reservatório de nafta com 8000 m<sup>3</sup>, que servia como depósito da nafta que, depois de queimada nas caldeiras de alta pressão, funcionava como alternativa ao carvão cuja dificuldade de abastecimento se manteve após a II Guerra Mundial.<sup>22</sup>

A última ampliação efetuada na Central Tejo ocorreu em 1950, com a instalação da última caldeira de Alta Pressão, que entrou em funcionamento apenas no ano seguinte.

O ano de 1951 fica igualmente marcado pelo início de produção de energia elétrica a partir da Central Hidroelétrica de Castelo de Bode, o que levou a que a Central Tejo funcionasse apenas como central de reserva, apoiando a produção de energia elétrica em anos mais secos.

Os equipamentos de Baixa Pressão são desmantelados no final da década de 60 e em 1972 a Central Tejo entra em funcionamento pela última vez. A central é desclassificada em 1975, ou seja, *“deixou de ser prestigiada com um conjunto de normas que salvaguardassem o seu património como central de produção elétrica, fim a que se destinou a sua construção”*<sup>22</sup>, e um ano depois passa para posse da Electricidade de Portugal (EDP). Em 1986, o Governo português classifica os edifícios da Central Tejo como Imóvel de Interesse Público.

Em 1990 é inaugurado o Museu da Eletricidade, oito anos depois da decisão da EDP em converter os edifícios da Central Tejo no local para o referido museu. Esteve em funcionamento até ano de 2000, reabrindo renovado em maio de 2006<sup>24</sup>, funcionando como tal até junho de 2016. A 5 de outubro de 2016 é inaugurado o novo museu da Fundação EDP, o Museu de Arte, Arquitetura e Tecnologia (MAAT), do qual a Central Tejo é parte integrante. Na Figura 15 é possível observar a Central Tejo atualmente.



Figura 15 - Central Tejo nos dias de hoje

(Fonte:<sup>25</sup>)

## 4.2. Breve Descrição da Central Tejo

A Central Tejo, como descrito em 4.1, passou por diferentes fases ao longo do seu funcionamento, fruto também da evolução industrial e alterações do consumo de eletricidade em Lisboa e arredores ao longo da primeira metade do século XX. Em resultado disto, a Central Tejo é composta por diversos edifícios que foram construídos ao longo do seu período de funcionamento para satisfazer as necessidades já referidas.

Assim, é possível identificar seis edifícios na Central Tejo, cuja localização é possível de verificar na Figura 13, a saber:

- Edifício das Caldeiras de Alta Pressão;
- Edifício das Caldeiras de Baixa Pressão;
- Edifício de Escritórios e Subestação;
- Edifício da Sala das Máquinas;
- Edifício da Tremonha de Carvão;
- Edifício da Tremonha de Cinzas.

Estes edifícios que compõem a Central Tejo apresentam uma base construtiva bastante semelhante entre eles. Do ponto de vista arquitetónico, a Central Tejo caracteriza-se por um estilo típico de pequenas centrais elétricas do final do século XIX.

As paredes exteriores de todos os edifícios são constituídas por tijolos maciços, que se encontram à vista, emparelhados de forma a garantir uma maior estabilidade ao paramento, como é possível observar na Figura 16.

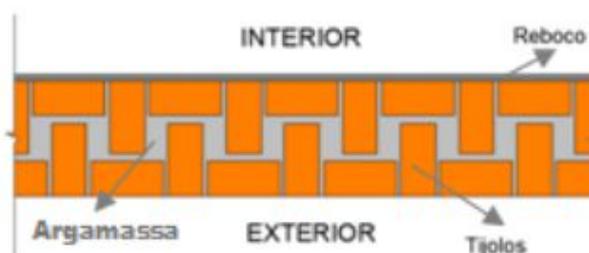


Figura 16 - Emparelhamento das Paredes nos edifícios da Central Tejo

(Fonte: <sup>22</sup>)

Em relação às argamassas utilizadas, é possível identificar 2 composições diferentes: uma argamassa de cal com um traço volumétrico 1:2 (1 Cal: 2 Areia) e uma argamassa de cal e pozolanas com um traço volumétrico 1:0,5:2 (1 calda de cal: 0,5 pozolanas: 2 Areia).

No interior das referidas paredes e no interior de alguns dos edifícios, encontram-se diversas colunas compostas por perfis metálicos e que constituem a estrutura dos edifícios. A cobertura e os

diferentes pisos intermédios dos edifícios maiores são suportados pelo “esqueleto” composto pela estrutura metálica.

Nos edifícios de Baixa Pressão e Alta Pressão é possível observar grandes envidraçados em boa parte das fachadas norte e sul. No edifício de Baixa Pressão a caixilharia dos envidraçados é uma caixilharia metálica, ao passo que no de Alta Pressão esta é constituída por elementos de Betão Armado.

Ao nível das fundações, são identificadas duas soluções construtivas diferentes para cada um dos principais edifícios da Central Tejo, o edifício de Alta Pressão e de Baixa Pressão. Enquanto no edifício de Alta Pressão a solução passa pela execução de estacas moldadas de Betão Armado, no edifício de Baixa Pressão a construção de Pegões preenchidos com alvenaria foi a técnica utilizada, embora estive em projeto a execução de estacas moldadas.

Ao nível da cobertura existem também diferenças entre os dois principais edifícios. No edifício de Baixa Pressão, a solução é uma cobertura inclinada composta por telhas do tipo Marselha e claraboias, no edifício de Alta Pressão a cobertura é uma cobertura em terraço.

Os edifícios da Central Tejo foram alvo de duas intervenções de reabilitação: em 2001, a cargo da empresa Mota-Engil, que incidiu sobre as oficinas e os edifícios principais da Central Tejo, e em 2011, a cargo da empresa STB - Reabilitação do Património Edificado, Lda, incidindo nos edifícios principais da Central Tejo.<sup>22</sup>

Das duas intervenções, destaque para a substituição de tijolos (alguns dos tijolos colocados são tijolos furados, por contraste dos previamente existentes), a reparação de fissuras com recurso a caldas ou através da introdução de conectores.

### **4.3. Anomalias detetadas na Central Tejo**

Nas inspeções efetuadas pela equipa composta pelo Instituto Superior Técnico e pela FUNDEC – Associação para a Formação e Desenvolvimento da Engenharia Civil e Arquitetura aos edifícios da Central Tejo foi possível identificar diversas anomalias, das quais foram agrupadas em 6 grupos, que se apresentam na seguinte lista:

- Fissuras;
- Eflorescências;
- Desintegração de juntas de argamassa;
- Delaminação;
- Erosão;

- Corrosão.

Embora por norma se utilize o termo fenda para fissuras com uma abertura considerada, por uma questão de uniformização no texto serão sempre referidas como fissuras. As anomalias detetadas serão descritas nos próximos parágrafos, apresentado um destaque às suas diferentes formas e efeitos.

### 4.3.1. Fissuras

Como referido em 2.3.1, a fissuração é a anomalia mais comum em elementos de alvenaria. Excesso de sobrecarga, assentamentos diferenciais, variações de temperatura, humidade, deformações do suporte ou ataques químicos estão entre as principais causas para a formação deste tipo de anomalias.

Consoante a origem da anomalia, as fissuras apresentam diferentes orientações, como por exemplo cerca de 45º em casos de assentamento diferencial ou verticais e igualmente espaçadas para variações de temperatura.

Outra característica de uma fissura é o comprimento da mesma. Quanto maior o comprimento desta maior a superfície de elemento que afeta. A profundidade da fissura é mais uma característica que é possível obter. A fissura constitui um maior perigo quanto maior a profundidade da mesma.

Uma das características das fissuras que é mais visível é a sua abertura. Regra geral, quanto maior a abertura de uma fissura, maior a gravidade da anomalia. Não existe uma única classificação de fissuras. Na Tabela 20 encontram-se as diferentes classificações para a abertura de fendas.

Tabela 20 - Classificações de fissuras<sup>18</sup>, citando Gaspar et al., 2006 citando Bone, 1989; CIB W876, 1993; Veiga, 1998; Silva, 1998; Bonshor, R. & Bonshor, L, 2001; Shohet & Paciuk, 2004

Abertura de Fendas (mm)	0,00	0,10	0,20	0,25	0,50	1,00	1,50	2,00	3,00	5,00	15,00	25,00
CSTB/Veiga	Microfissuras/ microfendas		Fissuras/fendas médias					Fendas/fracturas				
Shohet	Fiss. Capilar		N.1	Nível 2		Nível 3			Nível 4			
CIB	Desprezável		Finas			Moderadas			Largas			
BRE	Capilar		Nível 1			Nível 2			Nível 3	Nível 4		
Bidwell	Finas					Médias			Largas			
Kaminetzky	...			Ligeiras		Moderadas			Pronunciadas			

Existem diversos métodos para reparar este tipo de anomalias. O tratamento mais comum de ser utilizado é a injeção de massas ligantes como cal. As massas ligantes devem ser compatíveis com o elemento a ser intervenionado, assim como devem ser facilmente injetáveis e com uma fluidez condizente com o processo. Retração reduzida ou com eventuais propriedades expansivas (de modo a garantir uma continuidade entre os elementos antigos e novos) e estável a longo prazo são outras características a ter em conta na escolha das massas ligantes a utilizar.<sup>26</sup>

Antes de se realizar a injeção, a zona intervenionada deve ser devidamente preparada, eliminando elementos soltos. A abertura de orifícios igualmente espaçados ao longo da zona afetada é o primeiro passo do processo. A injeção deve ser realizada de baixo para cima, com o objetivo de assegurar o preenchimento de todos os vazios existentes. A pressão a introduzir durante o processo depende da profundidade a atingir e do estado das paredes. Paredes que não suportem uma pressão de injeção elevada podem sofrer uma desagregação. A Figura 17 mostra a aplicação desta técnica em alvenaria.



*Figura 17 – Exemplo de injeção em alvenaria*

*(Fonte: 27)*

Outro método utilizado é a introdução de selantes como mástique de poliuretano ou argamassas de reparação. A sua aplicação é bastante simples, bastando abrir a fissura 20 cm em cunha e introduzir o selante. Este método é mais indicado para fissuras superficiais e que estejam estabilizadas.

Se não estiverem estabilizadas, é aconselhado a introdução de elementos metálicos, ligando os dois lados da fissura, funcionando o elemento metálico como armadura. A introdução destes elementos é realizada abrindo um roço perpendicularmente à orientação da fissura, colocando o elemento e colmatar os vazios com um selante.

Na Figura 18 é possível observar a localização das fissuras na fachada norte do Edifício das Caldeiras de Baixa Pressão da Central Tejo, ao passo que na Figura 19 é apresentado um exemplo de fissuras no referido edifício.

Distribuição de fissuras - Fachada Norte - Edifício Caldeiras de BP



Figura 18 - Distribuição das fissuras detetadas na fachada norte do Edifício de Baixa Pressão

(Fonte:<sup>28</sup>)



Figura 19 - Exemplo de fissura com abertura superior a 2 mm detetadas na Central Tejo

(Fonte: <sup>28</sup>)

#### 4.3.2. Eflorescências

As eflorescências são um tipo de anomalias que consiste no depósito de sais sobre a superfície. Estes sais, geralmente alcalinos (sulfatos e carbonatos de sódio, cálcio, potássio, alumínio, magnésio e

cloretos), são solúveis em água e é através deste meio que estes sais aparecem nos elementos construtivos.

A água com sais dissolvidos entra em contacto com a alvenaria, através por exemplo de humidades ascensionais, e após a evaporação desta, restam apenas os sais outrora dissolvidos. O tijolo é um elemento poroso, o que significa que este elemento absorve água e pode retê-la no seu interior. Caso essa água com sais evapore, os sais permanecem no interior do tijolo. Nesta situação, a anomalia designa-se como criptoflorescências.

Esta anomalia apresenta diferentes consequências caso se trate de uma eflorescência ou uma criptoflorescência. As eflorescências apenas apresentam consequências estéticas, como o aparecimento manchas geralmente esbranquiçadas, flocos cristalinos de aspeto pulverulento ou películas de aspeto vítreo.<sup>29</sup> A existência de eflorescências pode indiciar a presença de humidade, que em casos mais extremos pode diminuir as condições de habitabilidade e/ou funcionalidade.

A ocorrência de criptoflorescências constitui, à partida, uma anomalia mais grave do que as eflorescências. Fendilhação, separação dos materiais da alvenaria em camadas, formação de crostas e a perda de coesão ou a pulverulência no reboco ou mesmo nos tijolos cerâmicos são algumas das consequências resultantes do surgimento de criptoflorescências.<sup>29</sup>

As eflorescências e as criptoflorescências, por si só, são anomalias que não são reparadas no sentido literal da palavra. Estas anomalias são alvo de técnicas de limpeza, e podem ser reparadas as consequências que estas têm no elemento afetado. Estas técnicas de limpeza podem também contribuir para um efeito de proteção.

O primeiro passo consiste em eliminar as zonas manchadas com uma solução química adequada aos sais identificados. Estes sais cristalinos devem ser removidos com recurso a uma escova seca, tornando assim a superfície áspera. Esta zona deve ser reparada devidamente, por exemplo com a aplicação de argamassa. Para áreas demasiado grandes, pode ser considerada a aplicação de métodos mais rápidos como micro jatos de precisão de partículas abrasivas, como demonstra a Figura 20.



Figura 20 - Técnica de micro jatos de precisão com partículas abrasivas  
(Fonte: 26)

Com o objetivo de evitar o ressurgimento destes sais, as medidas a tomar devem de ir ao encontro de eliminar a humidade presente nas paredes, que deram origem a esta anomalia. A distribuição das eflorescências detetadas na fachada norte do Edifício das Caldeiras de Baixa Pressão pode ser observada na Figura 21. A Figura 22 ilustra uma situação onde foi verificada a presença de eflorescência no referido edifício.

Distribuição de eflorescências - Fachada Norte - Edifício Caldeiras de BP

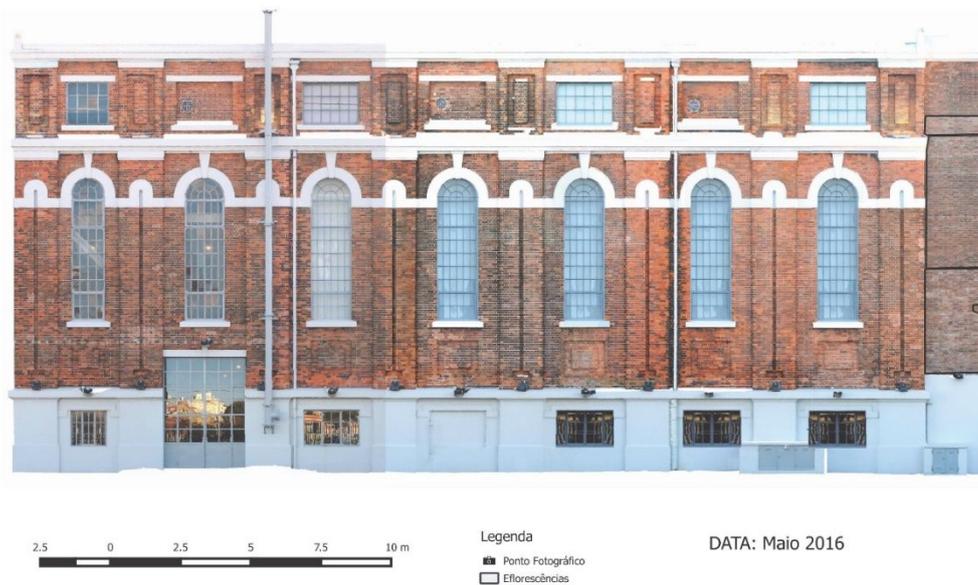


Figura 21 - Distribuição de eflorescências detetadas na Fachada Norte do Edifício de Baixa Pressão  
(Fonte: 28)



*Figura 22 - Exemplo de eflorescências detectadas na Central Tejo*

*(Fonte: 28)*

### **4.3.3. Desintegração de juntas de argamassa**

A Desintegração de juntas de argamassa consiste na perda de argamassa nas juntas entre tijolos. A origem desta anomalia está relacionada com a existência de gases sulfurosos na atmosfera e que afetam quer a argamassa quer o tijolo.<sup>26</sup>

É uma anomalia que tem maior impacto em zonas industriais, como foi a Central Tejo durante o seu funcionamento, onde a concentração dos referidos gases é bastante superior ao normal.

A reparação desta anomalia é efetuada aplicando novamente argamassa nas zonas afetadas. Previamente, são retiradas as juntas danificadas até um máximo de 2 cm de profundidade e limpar poeiras e gorduras à volta da referida zona.

No que diz respeito à argamassa utilizada, deve ser tida em consideração a sua composição e a quantidade de água a utilizar. A composição da mistura, quanto mais próxima for da composição da argamassa original melhor, prevenindo assim eventuais reações entre as diferentes argamassas.

Aumentar a quantidade de água melhora a trabalhabilidade da argamassa aquando da sua aplicação em obra. Porém, se a quantidade de água utilizada for excessiva em relação ao recomendado, a evaporação ao longo do tempo pode provocar retração da argamassa, dado que provocou mais vazios na argamassa do que desejado. A retração provoca fissuração, o que significa que se provocou um novo problema a este elemento. A solução passa por um maior controlo na relação água/cimento ou na introdução de adjuvantes que controlem a retração.

Na Figura 23 está representada a distribuição das zonas afetadas por esta anomalia na fachada norte do Edifício das Caldeiras de Alta Pressão. Um exemplo de desintegração das juntas de argamassa observado no referido edifício encontra-se representado na Figura 24.

Distribuição de desintegração de juntas - Fachada Norte  
2- Edifício caldeiras alta pressão



Figura 23 - Distribuição da desintegração das juntas de argamassa detetadas no Edifício de Alta Pressão  
(Fonte:<sup>30</sup>)



Figura 24 – Exemplo de desintegração das juntas de argamassa detetadas na Central Tejo  
(Fonte: <sup>30</sup>)

#### 4.3.4. Delaminação

A delaminação é uma anomalia que se caracteriza pela formação de lâminas no elemento afetado, levando a perda de secção.<sup>26</sup> Embora seja uma anomalia mais comum em elementos de Betão Armado, é possível que ocorra em elementos de alvenaria.

Estas lâminas são formadas devido a diferentes causas, como fissuras provocadas por tensões internas do elemento, variações de temperatura, ou criptoflorescências (anomalia referida em 4.3.2).

A delaminação, ao expor mais o tijolo, aumenta a sua porosidade, sendo por isso mais propício ao surgimento de infiltrações, por exemplo. Outra consequência associada é uma perda de valor estético da superfície afetada.

No que diz respeito à reparação da anomalia, em primeiro lugar devem ser retirados os fragmentos soltos e outros que estão na iminência de se soltar. De seguida, pode ser aplicada uma argamassa que depois será inserida no restante painel de modo a não se perceber que a reparação foi feita por esta via ou então procede-se à substituição dos tijolos afetados por esta anomalia.

A distribuição das zonas afetadas pelo fenómeno de delaminação na fachada oeste do edifício de Escritórios e SubEstação da Central Tejo pode ser observada na Figura 25. A Figura 26 diz respeito a um exemplo da ocorrência de delaminação no referido edifício.



Figura 25 - Distribuição da delaminação na fachada oeste do Edifício de Escritórios e SubEstação

(Fonte:<sup>31</sup>)



*Figura 26 - Exemplo de delaminação detetada na Central Tejo*

*(Fonte: <sup>31</sup>)*

#### **4.3.5. Erosão**

A erosão pode ser considerada como uma desagregação pelo exterior. Esta anomalia é resultado da ação de agentes climatéricos e atmosféricos, que desgastam o elemento, formando detritos. <sup>26</sup>

Este tipo de anomalia é comum em tijolos maciços, pois estes como habitualmente possuem a função de revestimento, permanecem em contacto com os referidos agentes climatéricos e atmosféricos, estando por isso vulneráveis ao efeito dos mesmos.

Tal como a delaminação, a erosão também expõe mais o tijolo, o que aumenta a sua porosidade, sendo por isso mais propício ao surgimento de infiltrações, por exemplo. A perda de valor estético da superfície afetada é outra consequência associada à erosão, o mesmo que se verifica com a delaminação.

No que diz respeito à reparação, devem ser retirados os fragmentos soltos e outros que estão na iminência de se soltar antes de realizar qualquer ação. De seguida, pode ser aplicada uma argamassa que depois será inserida no restante painel de modo a não se perceber que a reparação foi feita por esta via ou então procede-se à substituição dos tijolos afetados por esta anomalia. Este procedimento é semelhante ao descrito para a delaminação.

Na Figura 27, é possível observar a distribuição das zonas afetadas pelo fenómeno de erosão na fachada oeste do edifício das Caldeiras de Baixa Pressão da Central Tejo. A Figura 28 mostra um exemplo de erosão detetado no referido edifício.

Distribuição de erosão - Fachada Oeste - Edifício Caldeiras de BP

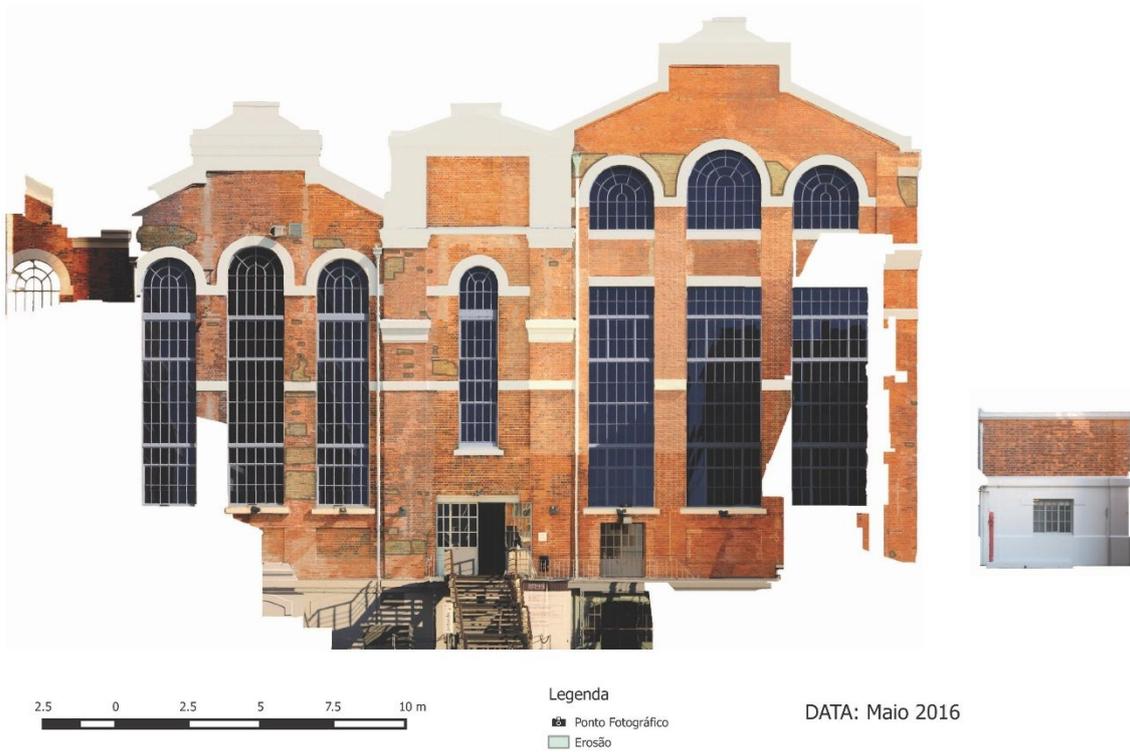


Figura 27 - Distribuição da erosão na fachada oeste do Edifício de Baixa Pressão  
(Fonte:<sup>28</sup>)



Figura 28 - Exemplo de erosão detetado na Central Tejo  
(Fonte: <sup>28</sup>)

#### 4.3.6. Corrosão

De acordo com a Federação Europeia de Corrosão, a corrosão é uma *“Interação físico-química entre um metal e o meio envolvente, da qual resultam mudanças nas propriedades do metal, levando frequentemente à sua inutilização ou do sistema técnico do qual faz parte ou ainda à alteração do meio”*, enquanto para a NACE International Institute, a corrosão é a *“Deterioração de um material ou das suas propriedades devida a reação com o meio envolvente”*.<sup>32</sup>

Em Engenharia Civil, o processo de corrosão ocorre maioritariamente nas armaduras de betão armado ou em perfis metálicos. Para que tal aconteça, é necessário que o elemento esteja em contacto com oxigénio e com ambientes húmidos.

Deste processo pode resultar o aparecimento de óxidos de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), conhecido habitualmente como ferrugem ou em casos mais extremos levar à perda de secção do elemento afetado.

O processo de corrosão pode ser evitado em primeira instância tomando medidas de proteção do elemento metálico. Estas medidas passam por uma pintura cuja tinta apresenta essas propriedades, a galvanização, banhando-o com um elemento mais suscetível à corrosão do que o elemento original, desgastando o tratamento em primeiro lugar. Devido a esse desgaste, estes tratamentos anticorrosão devem ser realizados com uma periodicidade, de modo a evitar a propagação do problema propriamente dito.

Nas situações em que o processo de corrosão levou à perda de secção do elemento afetado, a solução passa por um reforço do elemento danificado ou, em casos mais graves, deve ser removido o elemento e substituído por outro. Estes elementos novos, de qualquer modo, devem ser alvo de uma proteção anticorrosão acima referido antes de serem aplicados à estrutura.

Na fachada norte do edifício da Sala das Máquinas da Central Tejo foi possível detetar zonas afetadas por corrosão, cuja distribuição encontra-se representada na Figura 29. O exemplo de corrosão detetado no referido edifício é possível de ser observado na Figura 30.

Distribuição de corrosão - Fachada Norte - Edifício da Sala das Máquinas



Figura 29 - Distribuição de corrosão no Edifício da Sala das Máquinas  
(Fonte:<sup>33</sup>)



Figura 30 - Exemplo de corrosão detetado na Central Tejo  
(Fonte: <sup>33</sup>)

## **4.4. Materialização do método para as Anomalias detetadas na Central Tejo**

Nesta secção será apresentado o método descrito no capítulo 3 com base nas anomalias detetadas nos edifícios da Central Tejo.

Em primeiro lugar será elaborada a fase 1 para todas as anomalias, seguido da fase 2 e por fim será apresentada a fase 3 para todas as anomalias.

### **4.4.1. Fase 1 – Avaliação das Anomalias**

Nesta fase serão caracterizados todos os níveis descritos em 3.1 para todas as anomalias detectadas na Central Tejo: fissuras, eflorescências, desintegração das juntas de argamassa, delaminação, erosão e corrosão.

#### **4.4.1.1. Fissuras**

As fissuras são uma das principais anomalias a registar nos edifícios da Central Tejo. Este tipo de anomalias pode ser caracterizado segundo um vetor linear.

A avaliação segundo o critério “Estado da Anomalia” será efetuada com base na abertura de fendas, definindo como intervalo os valores de 1 mm e 2 mm. No que diz respeito ao risco, há de ter em conta risco de colapso, global ou local do edifício, risco para os utilizadores e efeitos arquitetónicos não desejáveis. Na Tabela 21 encontra-se os parâmetros a avaliar na fase 1 para esta anomalia.

Tabela 21 - Fase 1 do método aplicado à anomalia "Fissuras"

Escala	Descrição
<b>Tipo de Elemento Afetado</b>	
3	<i>Elementos Estruturais</i>
2	<i>Elementos Não Estruturais</i>
1	<i>Acabamentos/Revestimentos/Outros</i>
<b>Caracterização da Anomalia</b>	
3	<i>Abertura de fissura &gt; 2 mm</i>
2	<i>Abertura de fissura entre 1 e 2 mm</i>
1	<i>Abertura de fissura &lt; 1 mm</i>
<b>Risco</b>	
2	<i>Risco de Colapso Global com implicação no edifício/utilizadores; Compromete o valor arquitetónico; Outro risco que o avaliador considere pertinente e de grau elevado</i>
1	<i>Risco de colapso local sem consequências importantes; Outro risco que o avaliador considere pertinente e de grau moderado</i>
0	<i>Sem Risco</i>
<b>Interdependência com Outras Anomalias</b>	
2	<i>Sim, com consequências graves</i>
1	<i>Sim, sem consequências graves</i>
0	<i>Não</i>
<b>Evolução da Anomalia</b>	
1	<i>Em Evolução</i>
0	<i>Estável/ Não se Sabe</i>

#### 4.4.1.2. Eflorescências

As eflorescências são outro tipo de anomalias que ocorre com frequência nos edifícios que compõem a Central Tejo. Ao contrário das fissuras, este tipo de anomalias são geralmente identificados por uma área de atuação.

A ocorrência de criptoflorescências constitui a situação mais grave para o critério "Estado da Anomalia", ao passo que a densidade de sais na área considerada delimitam os diferentes níveis. Para o critério "Risco", não foi considerado nenhum fator muito grave, visto que em situação normal este tipo de anomalias não apresenta um risco muito elevado, embora esteja em aberto a hipótese de o avaliador considerar um risco dessa gravidade. Na Tabela 22 é possível observar os parâmetros a avaliar na fase 1 para as eflorescências.

Tabela 22 - Fase 1 do método aplicado à anomalia "Eflorescências"

Escala	Descrição
<b>Tipo de Elemento Afetado</b>	
3	<i>Elementos Estruturais</i>
2	<i>Elementos Não Estruturais</i>
1	<i>Acabamentos/Revestimentos/Outros</i>
<b>Caracterização da Anomalia</b>	
3	<i>Elevada densidade de sais na área considerada e ocorrência de criptoflorescências</i>
2	<i>Elevada densidade de sais na área considerada</i>
1	<i>Pouca densidade de sais na área considerada</i>
<b>Risco</b>	
2	<i>A anomalia não representa à partida um risco elevado, a não ser que o avaliador o considere pertinente</i>
1	<i>Risco de comprometer o valor arquitetónico; Outros riscos que o avaliador considere pertinente e de grau moderado</i>
0	<i>Sem Risco</i>
<b>Interdependência com Outras Anomalias</b>	
2	<i>Sim, com consequências graves</i>
1	<i>Sim, sem consequências graves</i>
0	<i>Não</i>
<b>Evolução da Anomalia</b>	
1	<i>Em Evolução</i>
0	<i>Estável/ Não se Sabe</i>

#### 4.4.1.3. Desintegração das juntas de argamassa

Como referido em 4.3.3, a desintegração das juntas de argamassa ocorrem regra geral em edifícios inseridos em complexos industriais, como foi a Central Tejo durante a primeira metade do século XX. Por facilidade de identificação, as juntas identificadas como área, embora seja possível determinar o comprimento das mesmas.

A espessura de junta que foi desintegrada é o parâmetro de avaliação que permite distinguir os diferentes níveis para o critério "Estado da Anomalia". Em relação ao critério "Risco", o risco de colapso global ou local da estrutura continua presente, assim como risco de queda de tijolos, que apresentam riscos elevados sobretudo para os utilizadores. Os parâmetros a avaliar na fase 1 para a anomalia em causa são apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 - Fase 1 do método aplicado à anomalia "Desintegração das juntas de argamassa"

Escala	Descrição
<b>Tipo de Elemento Afetado</b>	
3	<i>Elementos Estruturais</i>
2	<i>Elementos Não Estruturais</i>
1	<i>Acabamentos/Revestimentos/Outros</i>
<b>Caracterização da Anomalia</b>	
3	<i>Perda substancial de argamassa nas juntas inseridas na área considerada, com tijolos desagregados ou soltos</i>
2	<i>Perda substancial de argamassa nas juntas inseridas na área considerada</i>
1	<i>Diminuição reduzida de argamassa nas juntas inseridas na área considerada</i>
<b>Risco</b>	
2	<i>Risco de Colapso Global com implicação no edifício/utilizadores; Compromete o valor arquitetónico; Risco de queda de tijolos; Outro risco que o avaliador considere pertinente e de grau elevado</i>
1	<i>Risco de colapso local sem consequências importantes; Outro risco que o avaliador considere pertinente e de grau moderado</i>
0	<i>Sem Risco</i>
<b>Interdependência com Outras Anomalias</b>	
2	<i>Sim, com consequências graves</i>
1	<i>Sim, sem consequências graves</i>
0	<i>Não</i>
<b>Evolução da Anomalia</b>	
1	<i>Em Evolução</i>
0	<i>Estável/ Não se Sabe</i>

#### 4.4.1.4. Delaminação

A delaminação é um dos tipos de anomalias que regista um menor número de casos na análise efetuada à Central Tejo. À semelhança das eflorescências e da desintegração das juntas de argamassa, o registo desta anomalia é efetuado de acordo com a área afetada pela anomalia.

A perda de espessura do parâmetro na área afetada é o parâmetro utilizado para avaliar o critério "Estado da Anomalia". Como se verifica nas eflorescências, a delaminação à partida não representa um risco demasiado elevado para a segurança da estrutura e dos utilizadores. Na Tabela 24 encontram-se descritos os parâmetros a ter em conta para este tipo de anomalias.

Tabela 24 - Fase 1 do método aplicado à anomalia "Delaminação"

Escala	Descrição
<b>Tipo de Elemento Afetado</b>	
3	<i>Elementos Estruturais</i>
2	<i>Elementos Não Estruturais</i>
1	<i>Acabamentos/Revestimentos/Outros</i>
<b>Caracterização da Anomalia</b>	
3	<i>Volume de Lâminas que afeta mais de 75% da espessura dos tijolos presentes na área considerada</i>
2	<i>Volume de Lâminas que afeta entre 25 e 75% da espessura dos tijolos presentes na área considerada</i>
1	<i>Volume de Lâminas que afeta menos de 25% da espessura dos tijolos presentes na área considerada</i>
<b>Risco</b>	
2	<i>A anomalia não representa à partida um risco elevado, a não ser que o avaliador o considere pertinente</i>
1	<i>Risco de comprometer o valor arquitetónico; Outro risco que o avaliador considere pertinente e de grau moderado</i>
0	<i>Sem Risco</i>
<b>Interdependência com Outras Anomalias</b>	
2	<i>Sim, com consequências graves</i>
1	<i>Sim, sem consequências graves</i>
0	<i>Não</i>
<b>Evolução da Anomalia</b>	
1	<i>Em Evolução</i>
0	<i>Estável/ Não se Sabe</i>

#### 4.4.1.5. Erosão

A erosão é o tipo de anomalia que registou o maior número de ocorrências nos edifícios da Central Tejo e o seu registo é realizado de acordo com a área de elemento afetado.

A percentagem de elemento que se perdeu por efeito da erosão (medição efetuada em profundidade) na área considerada é o parâmetro a ter em conta na avaliação do critério "Estado da Anomalia". Nesta anomalia, o critério "Risco" tem em conta novamente a possibilidade de colapso global ou parcial da estrutura. A descrição dos parâmetros considerados pode ser observada na Tabela 25.

Tabela 25 - Fase 1 do método aplicado à anomalia "Erosão"

Escala	Descrição
<b>Tipo de Elemento Afetado</b>	
3	<i>Elementos Estruturais</i>
2	<i>Elementos Não Estruturais</i>
1	<i>Acabamentos/Revestimentos/Outros</i>
<b>Caracterização da Anomalia</b>	
3	<i>Área considerada com muitas zonas completamente erodidas (mais de 75% da profundidade dos tijolos inseridos)</i>
2	<i>Área considerada com algumas zonas bastante erodidas (entre 25 e 75 % da profundidade dos tijolos inseridos)</i>
1	<i>Área considerada com erosão pouco desenvolvida (menos de 25% da profundidade dos tijolos inseridos)</i>
<b>Risco</b>	
2	<i>Risco de Colapso Global com implicação no edifício/utilizadores; Compromete o valor arquitetónico; Outro risco que o avaliador considere pertinente e de grau elevado</i>
1	<i>Risco de colapso local sem consequências importantes; Outro risco que o avaliador considere pertinente e de grau moderado</i>
0	<i>Sem Risco</i>
<b>Interdependência com Outras Anomalias</b>	
2	<i>Sim, com consequências graves</i>
1	<i>Sim, sem consequências graves</i>
0	<i>Não</i>
<b>Evolução da Anomalia</b>	
1	<i>Em Evolução</i>
0	<i>Estável/ Não se Sabe</i>

#### 4.4.1.6. Corrosão

A última anomalia considerada é a corrosão. Esta anomalia, ao contrário da erosão, regista poucas ocorrências, embora não tenham sido avaliados os elementos metálicos inseridos no interior das paredes de alvenaria.

O critério "Estado da Anomalia" será avaliado segundo a perda ou não de secção provocada pela anomalia. Novamente o critério "Risco" tem em conta o risco de colapso global ou local da estrutura, com maior agravante dado que a estrutura do edifício é composta pelos perfis metálicos. Na Tabela 26 estão representados os parâmetros tidos em conta para este tipo de anomalia.

Tabela 26 - Fase 1 do método aplicado à anomalia "Corrosão"

Escala	Descrição
<b>Tipo de Elemento Afetado</b>	
3	<i>Elementos Estruturais</i>
2	<i>Elementos Não Estruturais</i>
1	<i>Acabamentos/Revestimentos/Outros</i>
<b>Caracterização da Anomalia</b>	
3	<i>Perda de mais de 50% de Secção</i>
2	<i>Perda de menos de 50 % de Secção</i>
1	<i>Sem perda de secção</i>
<b>Risco</b>	
3	<i>Risco de Colapso Global com implicação no edifício/utilizadores; Compromete o valor arquitetónico; Outro risco que o avaliador considere pertinente e de grau elevado</i>
2	<i>Risco de colapso local sem consequências importantes; Outro risco que o avaliador considere pertinente e grau moderado</i>
1	<i>Sem Risco</i>
<b>Interdependência com Outras Anomalias</b>	
2	<i>Sim, com consequências graves</i>
1	<i>Sim, sem consequências graves</i>
0	<i>Não</i>
<b>Evolução da Anomalia</b>	
1	<i>Em Evolução</i>
0	<i>Estável/ Não se Sabe</i>

#### 4.4.2. Fase 2 – Avaliação Global das Anomalias

A fase 2 do método não depende intrinsecamente do tipo de anomalias verificadas no edifício, mas sim da avaliação anomalia a anomalia que foi determinada durante a fase 1 do método.

A área que será alvo de avaliação na segunda fase do método é aquela que o avaliador considerar pertinente e importante de modo a garantir uma adequada avaliação da mesma.

#### 4.4.3. Fase 3 – Aconselhamento de Medidas

A última fase do método consiste na indicação de medidas a tomar pelo proprietário/utilizador do edifício mediante a gravidade e o risco que a anomalia apresenta. Tal como referido em 3.4, as

medidas propostas devem incidir sobre questões mais técnicas (reparação das anomalias, por exemplo) e sobre questões relacionadas com a segurança do edifício e dos utilizadores.

De seguida serão apresentadas as medidas propostas para cada tipo de anomalias identificadas na Central Tejo.

#### **4.4.3.1. Fissuras**

No que diz respeito a esta anomalia, as medidas passam por acompanhamento da evolução da anomalia, atuando quando esta causar perigo para os utilizadores e para a estrutura. Abaixo seguem listadas as medidas aconselhadas para as fissuras.

- *Identificar as causas que originam este tipo de anomalia, de modo a atuar eficazmente;*
- *Fissuras cuja abertura é superior a 2 mm devem ser monitorizadas, com recurso a fissurómetros colocados sobre a fissura, de modo a registar a atividade das mesmas e assim ajudar à decisão de intervir na reparação das mesmas por técnicos especializados;*
- *Fissuras cuja abertura se situa entre 1 e 2 mm e que sejam consideradas mais importantes, segundo os critérios Orientação, Altitude, Extensão, Elementos Afetados e Proximidade a Elementos Estruturais Principais, devem ser monitorizadas, com recurso a fissurómetros colocados sob a fissura, de modo a registar a atividade das mesmas e assim ajudar à decisão de intervir na reparação das mesmas por técnicos especializados;*
- *Caso as fissuras estejam a provocar um elevado risco de queda do paramento, esta superfície deve ser devidamente escorada e isolada a área de modo a garantir a segurança dos utilizadores;*
- *As restantes ocorrências devem ser periodicamente acompanhadas, de modo a verificar se estas não evoluem desfavoravelmente.*
- *Outras medidas que o avaliador considere adequadas;*

#### **4.4.3.2. Eflorescências**

As eflorescências não são das anomalias que constituem maior perigo para estrutura e para os utilizadores. De qualquer modo é necessário tomar certas medidas de modo a minimizar os impactes da mesma, que se apresentam de seguida.

- *Identificar as causas que originam este tipo de anomalia, de modo a atuar eficazmente;*

- *Remoção dos sais com recurso a uma escova e limpar com água ou com outros produtos adequados para os sais existentes, reparando a superfície afetada com argamassa, eliminando a causa que provocou a ocorrência de anomalias;*
- *Caso as eflorescências voltem a ocorrer nas zonas reparadas, devem ser determinadas as causas que provocaram novamente a ocorrência da anomalia e repetir os procedimentos acima;*
- *As situações de criptoflorescências devem ser reparadas com recurso a técnicos especializados;*
- *Se as criptoflorescências provocarem um afastamento do paramento e isso constituir um risco para a segurança da estrutura e/ou dos utilizadores, o elemento deve ser devidamente escorado e isolada a área presumível de queda.*
- *As restantes ocorrências devem ser periodicamente acompanhadas, de modo a verificar se estas não evoluem desfavoravelmente.*
- *Outras medidas que o avaliador considere adequadas;*

#### **4.4.3.3. Desintegração das juntas de argamassa**

A desintegração das juntas de argamassa pode constituir um elevado perigo caso essa desintegração elimine toda a argamassa à volta de um tijolo, ficando este solto e em risco de queda. As medidas a tomar para este tipo de anomalias são apresentadas abaixo.

- *Identificar as causas que originam este tipo de anomalia, de modo a atuar eficazmente;*
- *As argamassas onde haja deterioração devem ser reparadas, colocando argamassa nos locais onde esta esteja em falta, com a composição adequada aos elementos presentes;*
- *Se existirem tijolos que, por não estarem em contacto com a argamassa, apresentem um risco de queda, devem devidamente fixados com recurso a elementos metálicos; se não forem fixados, deve ser isolada a zona mais provável de queda;*
- *As restantes ocorrências devem ser periodicamente acompanhadas, de modo a verificar se estas não evoluem desfavoravelmente.*
- *Outras medidas que o avaliador considere adequadas;*

#### **4.4.3.4. Delaminação**

Tal como se verifica para as eflorescências, a delaminação não apresenta um perigo elevado para a estrutura. De todo o modo, devem ser tomadas medidas de modo a garantir a segurança de todos, medidas essas que serão elencadas de seguida.

- *Identificar as causas que originam este tipo de anomalia, de modo a atuar eficazmente;*
- *A anomalia em causa deve ser reparada por equipas especializadas para o efeito;*
- *Na situação em que as lâminas sejam de um volume grande e que surjam em elementos situados em zonas com uma altura bastante elevada, deve ser isolada a zona onde os referidos detritos possam cair;*
- *Caso a delaminação afete uma série de elementos que ponham em risco a estabilidade do elemento, este deve ser devidamente escorado para garantir quer a segurança do elemento, quer a segurança dos utilizadores;*
- *As restantes ocorrências devem ser periodicamente acompanhadas, de modo a verificar se estas não evoluem desfavoravelmente.*
- *Outras medidas que o avaliador considere adequadas;*

#### **4.4.3.5. Erosão**

A erosão, sendo uma anomalia com bastantes ocorrências na central Tejo, é uma anomalia que deve ser tida em conta na intervenção no edifício. De seguida são apresentadas as medidas a tomar para esta anomalia.

- *Identificar as causas que originam este tipo de anomalia, de modo a atuar eficazmente;*
- *A anomalia em causa deve ser reparada por equipas especializadas para o efeito;*
- *Na situação em que os detritos resultantes da erosão sejam de um volume grande e que surjam em elementos situados em zonas com uma altura bastante elevada, deve ser isolada a zona onde os referidos detritos possam cair;*
- *Caso a erosão afete uma série de elementos que ponham em risco a estabilidade do elemento, este deve ser devidamente escorado para garantir quer a segurança do elemento, quer a segurança dos utilizadores;*
- *As restantes ocorrências devem ser periodicamente acompanhadas, de modo a verificar se estas não evoluem desfavoravelmente.*
- *Outras medidas que o avaliador considere adequadas;*

#### **4.4.3.6. Corrosão**

A corrosão nos edifícios da Central Tejo pode constituir um perigo muito grande, principalmente se estas situações são muito graves e afetem os perfis que constituem a estrutura do edifício. De seguida, são apresentadas medidas a tomar para estes casos.

- *Identificar as causas que originam este tipo de anomalia, de modo a atuar eficazmente;*

- *Se a corrosão não provocar perda de secção, deve ser limpa com escova a zona afetada (de modo a retirar eventuais detritos resultantes do processo) e aplicar um tratamento anti-corrosão adequado para o elemento afetado;*
- *Se, por contrário, ocorrer perda de secção, deve ser avaliada a gravidade do problema e de que modo põe em causa a segurança da estrutura e dos utilizadores; Deve igualmente ser reparada a anomalia de modo semelhante ao acima referido, com eventual reforço do elemento, ações essas que devem ser efetuadas por técnicos especializados;*
- *Para elementos metálicos que são frequentemente utilizados e que possuam zonas afetadas com corrosão, deve ser interdito o acesso através desses elementos e/ou nas suas imediações*
- *As restantes ocorrências devem ser periodicamente acompanhadas, de modo a verificar se estas não evoluem desfavoravelmente.*
- *Outras medidas que o avaliador considere adequadas;*

#### **4.4.4. Instrumentos de avaliação**

Como referido em 3.5, o registo da avaliação deve ser efetuado numa ficha de avaliação que deve ser utilizada para todos os edifícios da Central Tejo. Na ficha de avaliação deve constar a data em que foi efetuada a inspeção, assim como o edifício em análise. Outra informação que deve estar disponível é a fachada em que foi realizada a inspeção, designada segundo a sua orientação (Norte, Sul, Este, Oeste).

A ficha apresenta os diferentes critérios de classificação da fase 1 do Método (Tipo de Elemento Afetado, Caracterização do Estado da Anomalia, Risco, Interdependência com Outras Anomalias e Evolução da Anomalia) e os seus respetivos níveis de avaliação.

Para cada anomalia detetada deve ser identificado o elemento afetado pela referida anomalia, de modo a facilitar a análise durante a fase 2.

O cálculo da pontuação global e determinação do Estado da Anomalia pode ser realizado manualmente pelo avaliador e inseri-lo na ficha de avaliação correspondente. Contudo, existe um ficheiro em Excel que permite não só o registo da anomalia informaticamente assim como determina de modo automático a pontuação global e respetivo nível de gravidade e Risco.

O registo informático das anomalias não deve ser efetuado apenas no ficheiro Excel, cuja função principal é para determinar a gravidade da anomalia e o respetivo grau de risco. Para além deste, deve ser registada a anomalia detetada e a sua respetiva classificação num sistema de

informação geográfica utilizado pela Central Tejo, QGis, localizando a anomalia detetada no referido programa e associado a sua avaliação.

Para a fase 2 existe também uma ficha de avaliação para a área ou elemento em análise. Nele estão incluídos os diferentes critérios a ser avaliados (Tipo de Elemento Afetado, Densidade de Anomalias e Densidade de Riscos).

Do mesmo modo, devem ser identificados *a priori* a data da inspeção, o edifício em estudo e a orientação da fachada onde o elemento ou área se insere.

Tal como para a fase 1, o avaliador pode determinar as pontuações globais e respetivas categorias de um modo manual, embora seja possível efetuar esses cálculos de modo automático introduzindo os dados no ficheiro Excel que servirá de registo.

#### **4.4.5. Exemplo de Aplicação**

Neste capítulo será descrito o exemplo de aplicação do método proposto para um elemento de um dos edifícios da Central Tejo, com o objetivo de demonstrar o funcionamento do método proposto.

O edifício alvo do exemplo será o edifício de Alta Pressão e será analisada a fachada Sul do edifício.

A inspeção efetuada permitiu observar dois tipos de anomalia numa das colunas que compõem a fachada: fissuras e eflorescências. As fissuras observadas apresentam uma abertura na ordem dos 1,5 mm, com diferentes extensões, concentradas numa zona da coluna junto ao fundo das janelas de 1 m, de orientação vertical e uma zona de eflorescências com cerca de 0,5 m<sup>2</sup>, com uma densidade de sais baixa numa zona não muito longe onde foram observadas as fissuras.

Apresentados os dados, o próximo passo é aplicar a fase 1 do método às anomalias detetadas. De modo a simplificar o exemplo, vai ser apresentado apenas a avaliação para fissura, assumindo que as outras possuem a mesma avaliação. Numa situação real, a avaliação tem de ser efetuada para cada fissura detetada. Deste modo, para as fissuras identificadas é apresentada a seguinte avaliação:

- Tipo de Elemento Afetado: 3 (*o elemento afetado tem função estrutural*);
- Caracterização da Anomalia: 2 (*abertura da fissura entre 1 e 2mm*);
- Risco: 1 (*Com risco moderado para os utilizadores*);
- Interdependência com Outras Anomalias: 1 (*Sim*);
- Evolução da Anomalia: 0 (*Não foi possível de observar*);
- Pontuação Global: 3+2+1+1+0= 7

- Estado da Anomalia: Grave
- Risco: Risco Moderado

De igual modo, a zona de eflorescências identificada tem a seguinte avaliação:

- Tipo de Elemento Afetado: 3 (*o elemento afetado tem função estrutural*);
- Caracterização da Anomalia: 1 (*densidade baixa de sais*);
- Risco: 0 (*Sem risco observado*);
- Interdependência com Outras Anomalias: 0 (*Não*);
- Evolução da Anomalia: 0 (*Não foi possível de observar*);
- Pontuação Global: 3+1+0+0+0=4
- Estado da Anomalia: Pouco Grave
- Risco: Sem Risco

Em suma, foram detetadas fissuras consideradas como “Grave” e com um “Risco Moderado”, e uma eflorescência avaliada como “Pouco Grave” e “Sem Risco”.

Concluída a primeira fase do método, o passo seguinte consiste na aplicação da fase 2 do método proposto. Identificado o edifício e a fachada em análise, falta apenas identificar a área de análise. Como as anomalias se concentram na sensivelmente na mesma zona, apenas essa zona será objeto da análise nesta fase da metodologia.

Deste modo, a avaliação da zona considerada é a seguinte:

- Tipo de Elemento Afetado: 3 (*o elemento afetado tem função estrutural*);
- Densidade das Anomalias:
  - Muito Grave: 1 (*Não detetado*);
  - Grave: 2 (*Densidade Moderada*);
  - Pouco Grave: 1 (*Densidade Baixa*);
- Densidade de Risco:
  - Risco Elevado: 1 (*Não detetado*);
  - Risco Moderado: 2 (*Densidade Moderada*);
  - Sem Risco: 1 (*Densidade Baixa*);
- Pontuação Global de Estado do Elemento: 3+1+2+1=7;
- Pontuação Global de Risco: 3+1+2+1=7;

De acordo com a escala das pontuações globais, a área em análise seria avaliada como “Grave” para o “Estado do Elemento” e “Risco Moderado” para o critério “Risco”. Como os resultados obtidos

não se encontram previstos nos condicionalismos apresentados em 3.3.4, a avaliação da área afetada terá como base a pontuação global obtida da classificação do método.

## 5. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A construção deste método de avaliação permitiu tirar uma série de conclusões e de desenvolvimentos do método para o futuro.

A avaliação do estado das anomalias é uma ferramenta muito importante pois permite compreender as anomalias e perceber a gravidade e o risco que determinada anomalia provoca quer à segurança da estrutura, quer à segurança dos utilizadores.

Como a avaliação é realizada com recurso a um método, permite ao avaliador concentrar-se apenas em alguns critérios cuja avaliação dos mesmos servirá de base ao resultado final e possuir uma ferramenta que facilita a sua tarefa, tornando mais objetiva uma avaliação que depende do avaliador, embora não seja possível eliminar taxativamente a subjetividade de quem avalia.

Os critérios em análise na fase 1 do método, Tipo de Elemento Afetado, Caracterização da Anomalia, Risco, Interdependência com Outras Anomalias e Evolução da Anomalia são critérios independentes entre si e que permitem avaliar a anomalia em diferentes perspetivas. Para além do resultado final apresentar o estado da Anomalia, destacar o resultado do critério Risco faz com que quem analisa os resultados seja indiciado para o risco que determinada anomalia representa para o contexto do edifício e da sua utilização.

A fase 2, por outro lado, permite a quem analisa tomar conhecimento do estado global do elemento, com base em todas as anomalias detetadas.

O método, na sua forma mais generalizada, garante uma liberdade ao avaliador de decidir a caracterização dos diferentes níveis de avaliação para cada critério, ajustada devidamente ao edifício objeto de análise.

No que diz respeito à Central Tejo, o método permite ter uma ferramenta de análise de anomalias que servirá de apoio e de base à decisão de intervir nos edifícios deste antigo complexo industrial.

O acompanhamento periódico das anomalias identificadas e inspeções periódicas aos diferentes edifícios são fundamentais pois permitem não só compreender a evolução das anomalias existentes, assim como detetar de uma forma precoce eventuais anomalias que surjam no edifício. A manutenção do edifício garante de certo modo o funcionamento adequado dos edifícios.

Em relação a desenvolvimentos futuros, estes passam por um eventual ajustamento dos níveis de cada critério a novas realidades que eventualmente possam surgir no decorrer da aplicação do método.

A identificação das causas responsáveis pelas anomalias detetadas leva a um maior conhecimento das mesmas e uma resolução mais eficaz da anomalia. Quando concluídas as causas, as técnicas mais eficazes na resolução destes problemas podem ser introduzidas nas medidas aconselhadas, aprimorando a proposta elaborada nesta dissertação.

Na eventualidade de aparecerem novas anomalias diferentes das anomalias já detetadas, deve ser implementado o método para estas novas anomalias, categorizando os diferentes níveis para a referida anomalia, assim como devem ser discriminadas medidas de atuação de modo a resolver a anomalia e/ou garantir a segurança da estrutura e dos utilizadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Branco, F., Ferreira, J. & Correia, J. R. *A Evolução das Construções - documento de apoio à unidade curricular Patologia e Reabilitação da Construção*, Instituto Superior Técnico, Lisboa. (2014).
2. Branco, F., Brito, J. de, Flores-Colen, I. & Ferreira, J. G. *Patologia, Inspeção de Construções em Alvenaria Ordinária de Pedra - documento de apoio à unidade curricular Patologia e Reabilitação da Construção*, Instituto Superior Técnico, Lisboa. (2014).
3. Sousa, H. *Construções em alvenaria - documento de apoio*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto. (2003).
4. Lourenço, P. B. *Alvenaria Armada : Panorama Internacional E Dimensionamento Para Fechamento De Grandes Espaços*. Workshop internacional de alvenaria, Eds. R.M. Silva, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil (2008).
5. Appleton, J. *Reabilitação E Reforço De Estruturas de Alvenaria - documento de apoio à unidade curricular Reabilitação e Reforço de Estruturas*, Instituto Superior Técnico, Lisboa. (2009).
6. INE. *Censos 2011 - Resultados Definitivos - Portugal*. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa (2012).
7. INE e LNEC. *O Parque Habitacional e a sua Reabilitação - Análise e Evolução 2001-2011*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Instituto Nacional de Estatística, Lisboa (2013).
8. AICCOPN. *Barómetro da Reabilitação Urbana*. Boletim n.º 25 da Associação dos Industriais da Construção e Obras Públicas, Porto (2016).
9. Dalbone, A. R. *Patologias em Prédio de Alvenaria Estrutural Inspeção de Curta Duração*. revista Engenharia Estudo e Pesquisa, v. 10, Órgão oficial da Associação Brasileira de Pontes e Estruturas, Brasil (2010).
10. Pereira, M. F. P. *Anomalias em Paredes de Alvenaria sem função Estrutural - documento de apoio à unidade curricular Processos de Construção II*, Universidade do Minho, Braga. (2005).
11. [https://static1.squarespace.com/static/56a8242c69a91a5f033d06e5/57a1749ef5e23161e8de49c9/57a174a4893fc06a457c52df/1470198953494/eflorescencia\\_bloco\\_ceramico\\_muro.JPG](https://static1.squarespace.com/static/56a8242c69a91a5f033d06e5/57a1749ef5e23161e8de49c9/57a174a4893fc06a457c52df/1470198953494/eflorescencia_bloco_ceramico_muro.JPG), acessado a 28 de novembro de 2016
12. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15686:-1:ed-2:v1:en>, acessado a 5 de agosto de 2016

13. Flores-Colen, I. *Manutenção Pró-Activa das Construções - documento de apoio à unidade curricular Avaliação Imobiliária e Manutenção das Construções*, Instituto Superior Técnico, Lisboa. (2016).
14. Bastardo, J. *Processos de manutenção de instalações de edifícios no domínio da engenharia civil*. Dissertação de mestrado (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008).
15. Brito, J. de & Branco, F. *Sistema de Gestão de obras de arte de Betão*. Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, n.º 37, Lisboa (1994).
16. Brito, J. de. *Sistema de Classificação de Anomalias em Obras de Arte de Betão*. 2.ª Jornadas de Engenharia de Estruturas, Lisboa (1990).
17. Cordeiro, I. *Manual de Inspeção e Manutenção da Edificação*. Dissertação de mestrado (Instituto Superior Técnico, 2011).
18. Amaral, S. F. M. *Inspeção e diagnóstico de edifícios recentes: estudo de um caso real*. Dissertação de mestrado (Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2013).
19. Pedro, J. B., Vilhena, A., Paiva, J. V. & Pinho, A. *MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DOS EDIFÍCIOS : A ACTIVIDADE RECENTE DO LNEC*. Referência CLME'2011/IIICEM: 6.º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, 3.º Congresso de Engenharia de Moçambique, Moçambique (2011).
20. LNEC. *Método de avaliação do estado de conservação de edifícios INSTRUÇÕES DE APLICAÇÃO E FICHA DE AVALIAÇÃO*. Publicação Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa (2006).
21. Guerreiro, J. M. B. *Sustentabilidade na Reabilitação – Metodologia de apoio à decisão*. Dissertação de mestrado (Universidade Nova de Lisboa, 2015).
22. Almeida Santos, A. *Edifício da Central Tejo em Lisboa – Caracterização dos materiais e suas anomalias*. Dissertação de mestrado (Instituto Superior Técnico, 2013).
23. <http://restosdecoleccion.blogspot.pt/2010/06/electricidade-em-lisboa-e-central-tejo.html>.,  
acedido a 1 de outubro de 2016
24. [http://www.edp.pt/pt/sustentabilidade/fundacoes/fundacaoedp/museudaelectricidade/  
Pages/MuseuElectricidade.aspx](http://www.edp.pt/pt/sustentabilidade/fundacoes/fundacaoedp/museudaelectricidade/Pages/MuseuElectricidade.aspx),  
acedido a 1 de outubro de 2016
25. [http://museusdaenergia.org/system/photos/211/original/Foto\\_0060.jpg?1337794635](http://museusdaenergia.org/system/photos/211/original/Foto_0060.jpg?1337794635).,  
acedido a 1 de outubro de 2016
26. Brito, J. De & Flores-Colen, I. *Diagnóstico, Patologia e Reabilitação de Construção em Alvenaria de Tijolo - documento de apoio à unidade curricular Patologia e Reabilitação da*

- Construção*, Instituto Superior Técnico, Lisboa. (2004).
27. [http://img.archiexpo.com/pt/images\\_ae/photo-m2/94710-8709916.jpg](http://img.archiexpo.com/pt/images_ae/photo-m2/94710-8709916.jpg)., acedido a 28 de novembro de 2016
  28. Ferreira, R., Gago, A. S. & Proença, J. M. *MONITORIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS FACHADAS DO MUSEU DA ELETRICIDADE – CENTRAL TEJO - Edifício das Caldeiras de Baixa Pressão*. Relatório Intermédio. Projecto IST/FUNDEC/Fundação EDP, Lisboa (2016).
  29. Tuna, J. M. R. *Caracterização in-situ de eflorescências e de outros compostos salinos em paramentos*. Dissertação de mestrado (Instituto Superior Técnico, 2011).
  30. Ferreira, R., Gago, A. S. & Proença, J. M. *MONITORIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS FACHADAS DO MUSEU DA ELETRICIDADE – CENTRAL TEJO - Edifício das Caldeiras de Alta Pressão*. Relatório Intermédio. Projecto IST/FUNDEC/Fundação EDP, Lisboa (2016).
  31. Ferreira, R., Gago, A. S. & Proença, J. M. *MONITORIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS FACHADAS DO MUSEU DA ELETRICIDADE – CENTRAL TEJO - Edifício de escritórios e subestação*. Relatório Intermédio. Projecto IST/FUNDEC/Fundação EDP, Lisboa (2016).
  32. [http://www.spmateriais.pt/corrosaoeprotecao/?page\\_id=24](http://www.spmateriais.pt/corrosaoeprotecao/?page_id=24)., acedido a 1 de outubro de 2016
  33. Ferreira, R., Gago, A. S. & Proença, J. M. *MONITORIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS FACHADAS DO MUSEU DA ELETRICIDADE – CENTRAL TEJO - Edifício da Sala das Máquinas*. Projecto IST/FUNDEC/Fundação EDP, Lisboa (2016).

# **ANEXOS**

# **ANEXO I – INSTRUÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO E RESPECTIVAS FICHAS DE AVALIAÇÃO**

## **Instruções:**

### **Fase 1**

Em primeiro lugar, o avaliador deve identificar a data em que ocorre a avaliação, o edifício em análise, a respetiva fachada.

O avaliador deve identificar o elemento da fachada que está a ser avaliado, e utilizar a mesma designação ao durante a avaliação.

Cada anomalia identificada no respetivo elemento é avaliada de acordo com a escala previamente definida. O avaliador deve ter conhecimento prévio dos diferentes níveis de avaliação para cada anomalia.

A avaliação pode ser efetuada em suporte de papel (Ficha 1) durante a avaliação no local. Contudo, deve ser igualmente registada em suporte informático, não só porque é atribuída a classificação final automaticamente, assim como ajuda a análise na fase 2.

### **Fase 2**

A fase 2 só pode ser realizada depois de identificadas todas as anomalias durante a fase 1.

Identificadas que estão, procede-se à análise total ou parcial do elemento avaliando os critérios previstos para esta fase do método.

À semelhança do que acontece para a fase 1, a avaliação pode ser efetuada em suporte de papel (Ficha 2), embora seja aconselhável o registo informático para facilitar o cálculo da classificação final do elemento.



