



## Metodologia HBIM na Gestão do Património: O caso de estudo dos lanternins do aqueduto das Águas Livres

### *HBIM Methodology in Heritage Management: The case study of the lanterns of the Águas Livres aqueduct.*

QUELHAS DA SILVA, Bruno<sup>1</sup>; RODRIGUES, Carlos<sup>1</sup>; SILVA, Renata<sup>1</sup>; REGUERO SILVA, Joana<sup>2</sup>; MARTINHO, Carla

bruno.quelhas@ncrep.pt<sup>1</sup>; carlos.rodrigues@ncrep.pt<sup>1</sup>; renata.silva@ncrep.pt<sup>1</sup>; joana.reguero.silva@adp.pt<sup>2</sup>; cm@similar.com.pt

<sup>1</sup>NCREP - Consultoria em reabilitação do edificado e Património, Porto.

<sup>2</sup>EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A., Lisboa.

#### Informações do Artigo

Palavras-chave:  
Gestão de Património  
Aqueduto  
HBIM

Keywords:  
Heritage Management  
Aqueduct  
HBIM

#### Resumo:

O estudo da secção do Vale de Alcântara do Aqueduto das Águas Livres, com foco nos lanternins, foi essencial para garantir a sua conservação e valorização. Recorrendo a uma abordagem multidisciplinar - incluindo levantamentos arquitetónicos detalhados, inspeções e análise da vulnerabilidade sísmica - caracterizou-se o estado estrutural dos 16 lanternins e delineou-se um plano de intervenção para corrigir as anomalias detetadas e reforçar a sua resiliência sísmica. A metodologia HBIM (Historic Building Information Modelling) foi central neste processo, ao integrar dados geométricos, materiais, construtivos, históricos e estruturais num modelo digital único. Os modelos desenvolvidos foram essenciais na documentação rigorosa, o diagnóstico e o desenvolvimento das soluções de intervenção. O modelo HBIM desenvolvido pretende funcionar como uma plataforma dinâmica de apoio à decisão, promovendo uma gestão preventiva e baseada em evidência. O estudo confirma o valor do HBIM como ferramenta estratégica na reabilitação de património histórico, com aplicabilidade alargada em contextos nacionais e internacionais.

#### Abstract:

The study of the Alcântara Valley section of the Águas Livres Aqueduct, focusing on the lanterns, was essential to ensure its conservation and enhancement. Using a multidisciplinary approach – including detailed architectural surveys, inspections, and seismic vulnerability analysis – the structural condition of the 16 lanterns was characterized, and an intervention plan was outlined to correct the detected anomalies and reinforce their seismic resilience. The HBIM (Historic Building Information Modelling) methodology was central to this process, integrating geometric, material, construction, historical, and structural data into a single digital model. The developed models were essential for rigorous documentation, diagnosis, and the development of intervention solutions. The developed HBIM model aims to function as a dynamic decision support platform, promoting preventive and evidence-based management. The study confirms the value of HBIM as a strategic tool in the rehabilitation of historical heritage, with broad applicability in national and international contexts.

## 1. Introdução

A secção do Vale de Alcântara do Aqueduto das Águas Livres estende-se por 941 metros e foi construída em alvenaria de calcário, apresentando uma galeria central de canal coberta por uma cobertura inclinada e ladeada por caminhos de ronda pavimentados em pedra. O aqueduto integra 16 estruturas em forma de lanternim que asseguram ventilação e iluminação natural, com o objetivo de garantir a qualidade da água. Esta estrutura é um dos mais emblemáticos monumentos nacionais portugueses e alberga atualmente o Museu da Água, estando sob a gestão da EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A.

Face à degradação material visível nos lanternins, a EPAL contratou o gabinete de projetos NCREP [1] para desenvolver uma avaliação abrangente do estado de conservação e da segurança estrutural, incluindo a vulnerabilidade sísmica, destas estruturas. Paralelamente, foi desenvolvido um modelo HBIM do aqueduto e dos lanternins com o intuito de consolidar toda a informação técnica e patrimonial resultante deste estudo, estruturando-a num sistema coerente e sustentável que suporte a futura gestão do bem imóvel.

Este trabalho foi organizado em quatro fases principais: (Fase 1) levantamento arquitetónico e topográfico pormenorizado, com recurso a varrimento laser e georreferenciação GPS, gerando modelos tridimensionais de alta precisão; (Fase 2) inspeções visuais e ensaios experimentais in situ, para caracterizar o estado de conservação dos materiais e componentes estruturais; (Fase 3) avaliação da vulnerabilidade sísmica dos lanternins, em colaboração com o LNEC, incluindo a identificação das suas principais fragilidades; e (Fase 4) desenvolvimento do projeto de intervenção para reforço estrutural e conservação.

O recurso ao HBIM revelou-se central neste processo, não só como meio de documentação tridimensional detalhada, mas também como plataforma integradora de informação multi-escalar e multi-sensorial.

Os modelos permitiram o mapeamento de patologias estruturais e a organização dos dados dos ensaios experimentais, além de fornecerem a base para a modelação numérica e análise sísmica. Além disso, o HBIM apoiou a definição e registo das medidas de intervenção, consolidando-se como uma ferramenta estratégica para a gestão contínua do monumento.

A estruturação da informação no modelo HBIM visa, numa perspetiva futura, a sua utilização como repositório dinâmico e interativo, agregando toda a informação técnica, histórica e operacional sobre o aqueduto. Desta forma, procura-se garantir não apenas uma gestão mais eficiente e informada por parte da EPAL, mas também uma preservação mais sustentável e transparente do património construído, em consonância com as boas práticas emergentes na área da conservação digital do património.

## 2. Metodologia HBIM

A gestão do património arquitetónico tem sido profundamente transformada pelas tecnologias digitais, com o Historic Building Information Modelling (HBIM) a afirmar-se como uma metodologia inovadora e em crescente consolidação. Derivado do BIM tradicional, o HBIM foi adaptado às especificidades dos edifícios históricos, possibilitando a modelação tridimensional enriquecida com informação técnica e patrimonial [2], ao contrário do BIM convencional, que se foca em construções novas [3].

O HBIM permite integrar dados multidisciplinares - de levantamentos arquitetónicos, diagnósticos e ensaios [4,5] - num único modelo digital. Estas ferramentas funcionam simultaneamente como arquivos e suporte à decisão, facilitando a identificação e localização de patologias [6] e promovendo a classificação semântica de elementos conforme o seu papel estrutural e estado de conservação [7,3]. Esta estruturação da informação possibilita uma conservação preventiva eficaz, a simulação de cenários de

intervenção e a previsão de processos de degradação a longo prazo.

A recente integração com modelos de elementos finitos (FEM) e sistemas de monitorização estrutural (SHM) aumenta o potencial do HBIM para gerir edifícios em tempo real [8].

Casos internacionais, como a Basílica de Santa Maria del Fiore [9,10], a Catedral de Notre-Dame [11,12], o Palácio de Westminster e o Castelo de Schönbrunn [13,14], ilustram a sua aplicabilidade. Em Portugal, o HBIM tem sido usado em projetos no Mosteiro da Batalha [15], Casa de Santa Maria [16], Casa de Santo António [17], entre outros [18,19]. Apesar dos avanços, persistem desafios, como a falta de normalização [20], e a necessidade de frameworks integradas [21], embora a automação e inovação tecnológica apontem para um futuro promissor [22].

Em suma, o estado da arte do HBIM revela uma metodologia cada vez mais robusta e imprescindível para a gestão moderna do património edificado. A sua capacidade de integrar precisão geométrica, informação diagnóstica e estratégias de conservação oferece uma abordagem multidisciplinar e colaborativa, essencial para enfrentar os desafios da reabilitação, manutenção e valorização de bens culturais.

### 3. Descrição construtiva e estrutural do Aqueduto

A secção do Vale de Alcântara do Aqueduto das Águas Livres (também conhecido como Aqueduto de Alcântara) apresenta uma impressionante série de arcos e uma extensão de 941 metros de comprimento (figura 1). Esta estrutura estende-se desde o bairro da Serafina (Monsanto) até ao bairro de Campolide (Amoreiras). Toda a estrutura do aqueduto foi construída com alvenaria tradicional em calcário, utilizando blocos de calcário lioz e argamassa fraca nas juntas, formando uma estrutura de alvenaria isodómica altamente regular.

Figura 1 - Aqueduto das Águas Livres. Bairro da Serafina à direita e Campolide à esquerda, [23].



Por cima dos arcos do aqueduto encontra-se uma galeria central retangular coberta por uma cobertura inclinado. Em ambos os lados da galeria do canal existem caminhos de ronda pavimentados em pedra, (figura 1 e 2). A galeria do canal, concebida para transportar e proteger a água da poluição, foi construída em alvenaria de calcário, com as faces interiores e exteriores rebocadas. O teto do canal é uma abóbada de berço construída em alvenaria de tijolo cerâmico, apoiada nas paredes de calcário. Embora não tenham sido realizadas investigações diretas sobre a cobertura exterior do canal, acredita-se que exista uma camada de enchimento por cima da abóbada, servindo de base às lajes de pedra que formam a cobertura exterior.

A galeria do canal é marcada por 16 estruturas de ventilação em pedra, conhecidas como lanternins, que são o objeto deste estudo (figura 2). Os lanternins funcionam como estruturas de ventilação e iluminação para manter a qualidade da água. Construídos com blocos de calcário de médio e grande porte, estendem-se desde o nível da base dos passadiços até aos seus telhados polinucleares.

Figura 2 - Lanternins do aqueduto das Águas Livres.



Os 16 lanternins da secção do Aqueduto de Alcântara estão identificados por numeração sequencial, desde Campolide - L1 até à Serafina - L16. Cada lanternim apresenta características geométricas e estruturais únicas, mas podem ser classificados em 3 tipologias, aqui designadas por LT1, LT2 e LT3. A tipologia LT1 refere-se aos lanternins com planta hexagonal irregular localizados nos pontos onde o canal do aqueduto muda de direção. As tipologias LT2 e LT3, com planta quadrada, são semelhantes entre si, diferindo apenas no design da cobertura. Alguns lanternins possuem portas que permitem a passagem entre os dois caminhos de ronda.

Os lanternins são compostos pelo mesmo tipo de alvenaria que o aqueduto: blocos de calcário grandes, quadrados ou retangulares, com arestas precisamente ajustadas, resultando em juntas praticamente invisíveis entre os blocos. Ao contrário da galeria do canal, a estrutura em alvenaria dos lanternins está totalmente exposta no exterior e na cobertura e, geralmente, também no interior.

Estrutural e arquitetonicamente, o corpo dos lanternins pode ser dividido em 3 secções verticais distintas: (i) Secção inferior - Constituída por grossas paredes em alvenaria regular com grandes blocos de calcário, ligadas às paredes da galeria do canal. (ii) Secção superior - Composta por 4 pilares/colunas de silharia isodómica bem

trabalhados, iluminados em todas as fachadas por aberturas em arco redondo. (iii) Cobertura - Constituída por grandes blocos em calcário, formando uma laje de pedra bem ajustada, encimada por um pináculo central igualmente em calcário.

Em [24], são apresentados valores médios das propriedades mecânicas da pedra e do enchimento, obtidos a partir de amostras retiradas dos pilares do aqueduto.

## 4. Trabalho de campo

### 4.1. Levantamento Laserscanning

A primeira fase do trabalho passou pela realização do levantamento arquitetónico e topográfico do troço do Vale de Alcântara do Aqueduto das Águas Livres com recurso a tecnologia de varrimento laser terrestre (Terrestrial Laser Scanning - TLS), complementada por técnicas de posicionamento por satélite baseadas em GNSS/GPS, com o objetivo de obter uma representação tridimensional precisa e georreferenciada da estrutura.

A aquisição de dados decorreu em duas campanhas de campo. Durante a primeira campanha, foram executados 486 varrimentos, abrangendo a totalidade da estrutura inferior do aqueduto, incluindo os 35 arcos, a galeria, os passeios de ronda e os 16 lanternins. A segunda campanha acrescentou 331 varrimentos adicionais, com enfoque nos lanternins, galeria e passeios, integrando a recolha de nuvem de pontos com informação cromática (color cloud). O equipamento utilizado foi o scanner laser Leica RTC360 LT, reconhecido pela sua precisão e eficiência em contextos de documentação patrimonial.

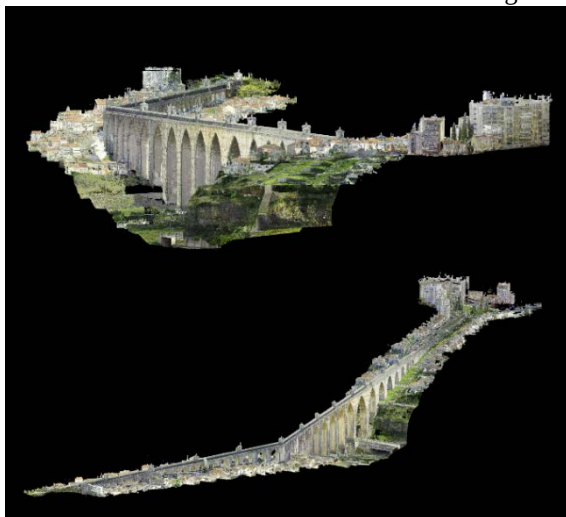
Complementarmente ao TLS, a georreferenciação do modelo foi assegurada por meio da implantação de alvos distribuídos ao longo da extensão do aqueduto, cuja posição foi determinada com recurso a técnicas GNSS de alta precisão. Para a estabilização das coordenadas, foi adotada a média de múltiplas leituras consecutivas.



Posteriormente, os dados foram integrados com a rede topográfica de apoio da cidade de Lisboa, permitindo uma correta inserção espacial do modelo obtido.

O processamento e registo da nuvem de pontos foi efetuado através do software Leica Cyclone REGISTER 360, permitindo a fusão dos varrimentos individuais e a sua calibração com base nos alvos de controlo. Após o tratamento dos dados, foi obtido um erro médio final de apenas 0.003 metros, evidenciando a elevada precisão geométrica do levantamento. A figura 3 ilustra a configuração global da nuvem de pontos colorida que representa o Aqueduto e a sua envolvente.

Figura 3 - Nuvem de pontos do aqueduto resultante do levantamento com recurso a Laser scanning.



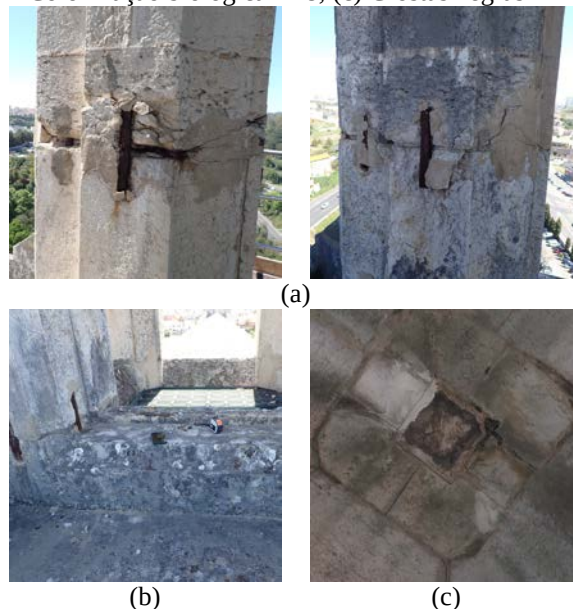
#### 4.2. Inspeção e diagnóstico estrutural e de conservação e restauro

A inspeção visual in situ dos lanternins permitiu a identificação e catalogação das anomalias que afetam estas estruturas, bem como a definição do seu estado global de conservação e das suas necessidades de intervenção. Para tal, foi realizada uma inspeção completa dos lanternins, sendo registados todos os danos existentes, juntamente com a sua intensidade. Neste trabalho, foram adotadas, sempre que aplicável, as designações e classificações dos mecanismos de deterioração da pedra presentes no "Glossário Ilustrado das Formas de Deterioração da Pedra" do ICOMOS [25].

Esta base de classificação está estruturada em famílias e termos - tipos e subtipos.

A inspeção realizada revelou que, em geral, as alterações mais comuns e extensas afetam sobretudo a perceção estética dos lanternins, sem constituírem um risco imediato para a estabilidade estrutural dos elementos inspecionados. Os danos predominantes estão relacionados com a proliferação de agentes biológicos, tanto ao nível superficial como com a presença de plantas superiores, figura 4. De forma geral, a alvenaria dos lanternins encontra-se num estado de conservação razoável. No entanto, foram observadas algumas anomalias materiais que poderão afetar o desempenho estrutural em caso de solicitação por forças horizontais, nomeadamente: (i) degradação avançada dos elementos metálicos existentes e consequente fissuração e perda de material pétreo (figura 4a); (ii) problemas relacionados com a deformação global de alguns lanternins.

Figura 4 - Anomalias nos lanternins. (a) Corrosão dos elementos metálicos com perda de material pétreo, aplicação de argamassas impróprias - L8. (b) Colonização biológica - L8; (c) Crostas negras - L4.



#### 4.3. Ensaios experimentais in-situ e recolha de provetes

Para além dos trabalhos de inspeção visual, foi conduzida uma campanha

experimental de ensaios de identificação dinâmica, figura 5, com o objetivo de caracterizar os parâmetros modais (frequências naturais de vibração e modos de vibração) do comportamento dinâmico dos lanternins sob vibrações de pequena amplitude. Os ensaios foram realizados em três lanternins distintos (L5-LT2, L10-LT3 e L11-LT1), representando as três principais tipologias presentes no aqueduto. As medições foram realizadas utilizando acelerômetros uniaxiais fixos aos elementos estruturais e em condições de ruído ambiente.

Os dados recolhidos consistiram em registos temporais de aceleração. Após o processamento adequado, esses registos foram transformados em dados no domínio da frequência, utilizando um procedimento concebido para minimizar erros numéricos no processamento do sinal. O tratamento dos dados foi realizado com recurso ao software de código aberto PyOMA [26], o qual permitiu extrair quer as formas modais quer as frequências naturais.

Figura 5 - Instalação do sistema de ensaio para identificação dinâmica nos lanternins.



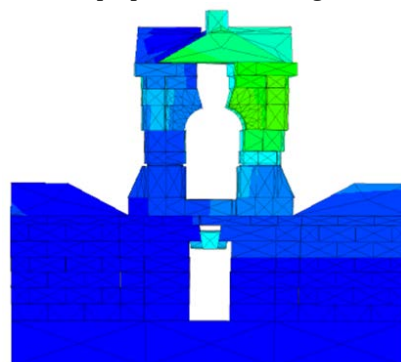
## 5. Avaliação de segurança sísmica

Para avaliar a vulnerabilidade sísmica das diferentes estruturas dos lanternins do Aqueduto e determinar tanto as suas fragilidades estruturais como as necessidades de reforço, foi realizado um estudo conjunto entre a NCREP e o LNEC. A análise seguiu os seguintes passos: 1) Definição dos cenários sísmicos - Identificação das ações sísmicas a considerar na análise, aplicadas à base do

aqueduto. 2) Desenvolvimento do modelo numérico global - Criação e calibração de um modelo do aqueduto (3DEC, [27]), com base nos levantamentos geométricos e na bibliografia existente, para permitir a transferência das ações sísmicas até à base dos lanternins. 3) Desenvolvimento dos modelos numéricos detalhados dos lanternins - Elaboração de modelos individuais em 3DEC, incorporando danos que possam influenciar o comportamento estrutural. 4) Análise sísmica dos lanternins existentes - Avaliação da sua vulnerabilidade e definição de estados-limite de dano com base na resposta estrutural.

A análise sísmica identificou um conjunto de vulnerabilidades nos pináculos e nas pedras de fecho dos arcos, com alguns lanternins em risco de colapso em caso de atividade sísmica intensa (L7, L8 e L9), figura 6.

Figura 6 - Deformada final do lanternim L7 para a ação sísmica o tipo próxima com magnitude 7.1.



## 6. Medidas de intervenção

O trabalho de inspeção e diagnóstico realizado permitiu identificar diversas anomalias, em particular nos elementos pétreos dos lanternins do Aqueduto das Águas Livres, em particular, destacamentos, fissuração, perda de material, presença de crostas negras, colonização biológica e utilização de materiais incongruentes em intervenções anteriores. Estes danos resultam da exposição prolongada a agentes atmosféricos, biológicos e mecânicos, assim como de intervenções inadequadas que

comprometeram a integridade dos materiais originais.

As degradações encontradas são as expectáveis neste tipo de estrutura, pelo que a intervenção proposta, além da ação principal de limpeza e tratamento das superfícies, estender-se-á também a ações preventivas e curativas que visam a reposição do estado de conservação dos elementos.

A eliminação ou minimização da ação de agentes causadores de degradação dos materiais e a obtenção de melhores condições para resistir à ação dos agentes atmosféricos exteriores foram objetivos fundamentais para a definição das medidas de intervenção.

As características dos diferentes materiais implicam metodologias e estratégias de intervenção coerentes e distintas, quer nos trabalhos preliminares quer nas diferentes frentes de atuação com o objetivo principal de conservar e salvaguardar todos os materiais originais existentes. As anomalias observadas são recorrentes neste tipo de estrutura e as diversas ações a promover visam não só minimizar os efeitos das mesmas (fatores de degradações), mas também, e sobretudo, atuar nos mecanismos (fatores de alterações) que as provocam.

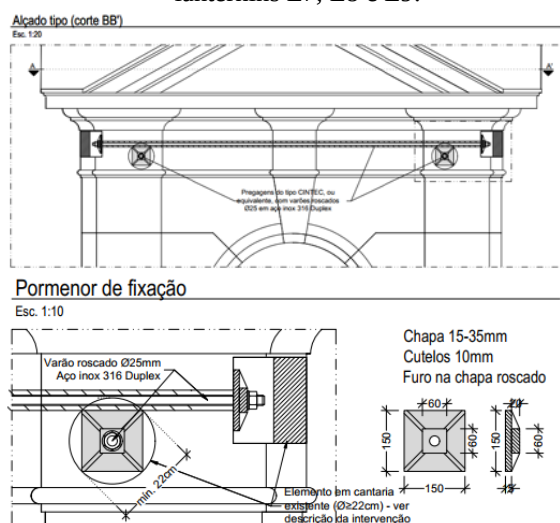
Assim sendo, as principais ações de intervenção propostas em termos de conservação e restauro foram: 1) Proceder a operações de limpeza que permitam remover os materiais nocivos e descontinuação visual, presentes nos elementos pétreos, nomeadamente a colonização biológica, os produtos de alteração como as crostas negras e os materiais inadequados como os preenchimentos em argamassas à base de cimento e outros preenchimentos aplicados, quer como solução provisória para prevenir novos destacamentos, quer para colmatação de lacunas, efetuada sem respeitar a qualidade dos materiais; 2) Colmatar lacunas volumétricas nos diferentes materiais, devolvendo uma leitura estética coerente e minimizando a continuação de alterações e degradações; 3) Efetuar a revisão estrutural (tratamento profundo de juntas, correção de fraturas incluindo reforço estrutural nos casos

em que se verifique necessário) e estética dos elementos pétreos, providenciando solidez funcional (impedimento de entradas de água); 4) Remover ou substituir todos os elementos metálicos degradados ou sem função.

A análise sísmica identificou vulnerabilidades nos pináculos e nas pedras de fecho dos arcos, com alguns lanternins em risco de colapso em caso de atividade sísmica intensa, orientando a necessidade de medidas de reforço estrutural. Nos lanternins em que se observaram danos mais extenso e que apresentaram colapsos quando submetidos às ações mais condicionantes, nomeadamente o L7, L8 e L9, adoptou-se a introdução de tirantes de confinamento ao nível da cota base da cobertura.

Na tabela 1 são resumidas as soluções de reforço sísmico que se consideraram necessárias para cada um dos lanternins.

Figura 7 - Solução de intervenção: Aplicação de tirantes de confinamento à cota base da cobertura dos lanternins L7, L8 e L9.



## 7. Submodelos HBIM e Modelo Global Federado do aqueduto

### 7.1. Caracterização geométrica

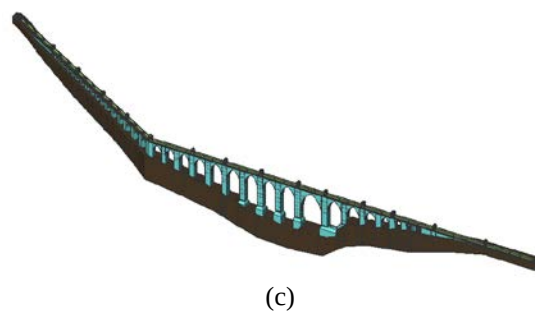
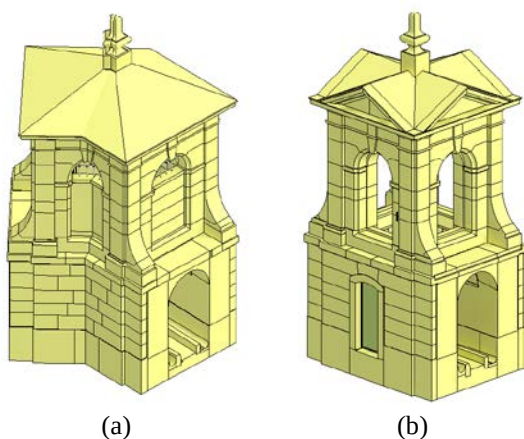
O levantamento arquitetónico e topográfico do Aqueduto das Águas Livres foi realizado mediante a integração de técnicas de varrimento laser (Laser Scanning) e técnicas de posicionamento baseadas em GPS. Este levantamento permitiu a elaboração de: (i) modelos tridimensionais,

com base na metodologia BIM, para cada um dos 16 lanternins que compõem o aqueduto (designados por submodelos HBIM), figura 8a e figura 8b; (ii) modelo tridimensional da geometria da estrutura do Aqueduto, em toda a sua extensão, a partir da agregação dos submodelos HBIM dos lanternins, bem como do submodelo representativo da estrutura inferior (arcos), num único modelo global (designado por modelo global federado HBIM), figura 8c.

A geometria dos submodelos HBIM foi construída sobre a nuvem de pontos resultante do levantamento com varrimento laser. Para além dos contornos gerais da estrutura, procurou-se a divisão dos submodelos BIM em objetos representativos de cada elemento estrutural, nomeadamente, no caso da cantaria de pedra, em cada bloco de pedra. Tal definição permitirá a atribuição de propriedades específicas a cada elemento, entre elas as propriedades mecânicas, químicas e estado de conservação, se aplicável. A geometria dos submodelos HBIM dos lanternins apresenta também, de forma simplificada, as deformações estruturais existentes em cada um dos lanternins analisados.

Importa notar que neste caso, o modelo global federado é a ligação referenciada de cada submodelo (referência). Alterações realizadas nos modelos parciais dos lanternins refletem-se no modelo global.

Figura 8 - Exemplos de modelos geométricos dos lanternins. (a) Submodelo do Lanternim L1. (b) Submodelo do Lanternim L4. (c) Modelo global federado do Aqueduto.



## 7.2. Definição dos parâmetros e objectos dos submodelos HBIM

Para além da componente gráfica, pretende-se que cada objeto que define os submodelos HBIM tenha associada informação complementar à definição geométrica do próprio objeto. Esta informação foi introduzida nos modelos sob a forma de parâmetros partilhados.

Um dos aspetos que mereceu particular desenvolvimento foi a classificação dos objetos que constituem os submodelos. Pretende-se ter uma base unívoca e de fácil consulta para a identificação e consulta de todos os objetos que os compõem. Pretende-se ainda que esta base possa ser expansível e transversal a outras obras.

No caso dos elementos construtivos que definem o submodelo, foi adotada uma classificação que teve por base o sistema da Uniclass 2015 [28]. Pese embora a abrangência da classificação Uniclass, a especificidade do Aqueduto enquanto infraestrutura e enquanto composição espacial, estrutural e material evidencia as limitações do sistema para este fim. Note-se que a origem do sistema Uniclass está particularmente relacionada com edifícios.

Assim, a codificação / classificação dos objetos e parâmetros foi incluída no sistema em desenvolvimento pela EPAL, o qual tem por base um sistema hierárquico idêntico ao Uniclass 2015, apesar de haver diferenças nos grandes grupos, terem sido criados outros grupos, e os códigos não terem associação direta ao sistema anglo-saxónico. Na tabela 2 é apresentada a classificação quanto ao elemento/função, na tabela 3 é apresentada a classificação quanto ao espaço/localização e



na tabela 4 é apresentada a classificação quanto ao material.

### 7.3. Mapeamento e caracterização de danos

Todos os danos significativos foram mapeados nos submodelos 3D HBIM, utilizando camadas superficiais para os danos mais superficiais (ex: manchas) ou símbolos adequados para plantas, conectores metálicos corroídos e deformações, figura 9a. Os objetos relacionados com danos foram agrupados em famílias para cada lanternim, facilitando a sua identificação e seleção com base em convenções de nomenclatura, codificação BIM e graficamente por diferenciação por cor, figura 9a.

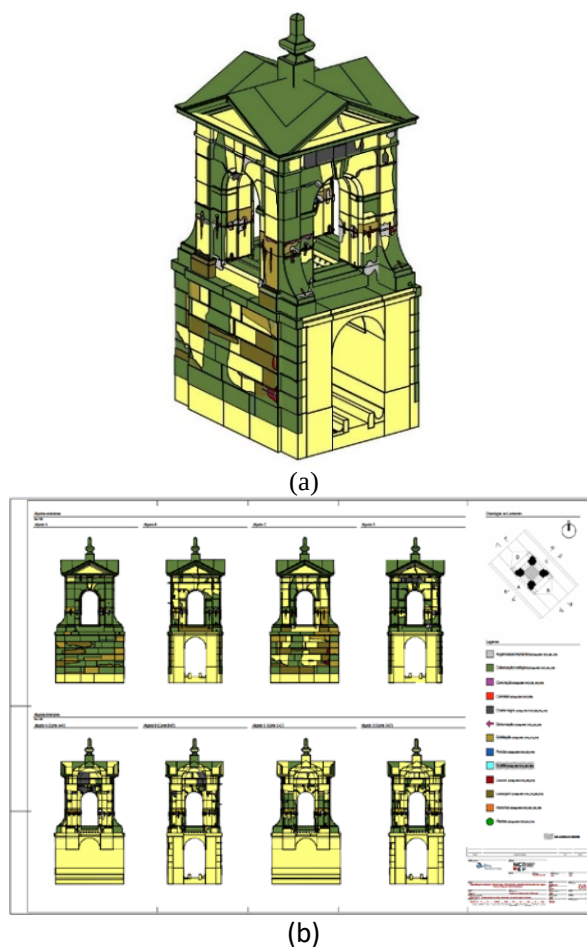
Cada família que representa um dano, nos submodelos HBIM, tem associada informação complementar à definição geométrica do próprio objeto. Para o efeito, foi desenvolvido e adotado o sistema de classificação de danos apresentado na tabela 5.

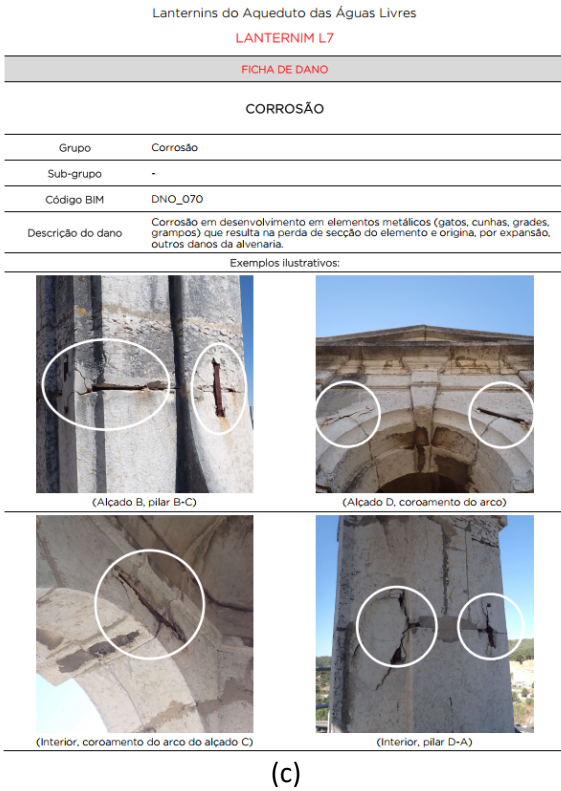
Faz-se notar que se trata de um sistema de classificação com níveis hierárquicos, estruturado em grupos e subgrupos, que assenta numa abordagem idêntica à preconizada para os elementos construtivos apresentado na secção anterior e à filosofia do sistema Uniclass. A divisão em grupos e subgrupos e eventuais subníveis, quando aplicável, nomeadamente para os elementos pétreos, segue a estrutura do glossário ICOMOS [25], comum a todo o trabalho.

Na figura 9b é apresentada a exportação direta do REVIT, [29], das anomalias dos lanternins em formato 2D.

Foram ainda elaborados relatórios de danos com informação detalhada para cada dano e para cada lanternim, os quais foram anexados aos respectivos submodelos HBIM e objectos de dano. Esta ficha de dano, figura 9c, assume a forma de um documento PDF referenciado a partir da sua localização (url) com hiperligação dentro dos submodelos HBIM associado ao parâmetro DO\_FichaDano de cada um dos danos.

Figura 9 - Mapeamento da danos no submodelo HBIM do lanternin L8. (a) Representação 3D. (b) Representação 2D. (c) Ficha de dano do lanternim L7, associado a corrosão.





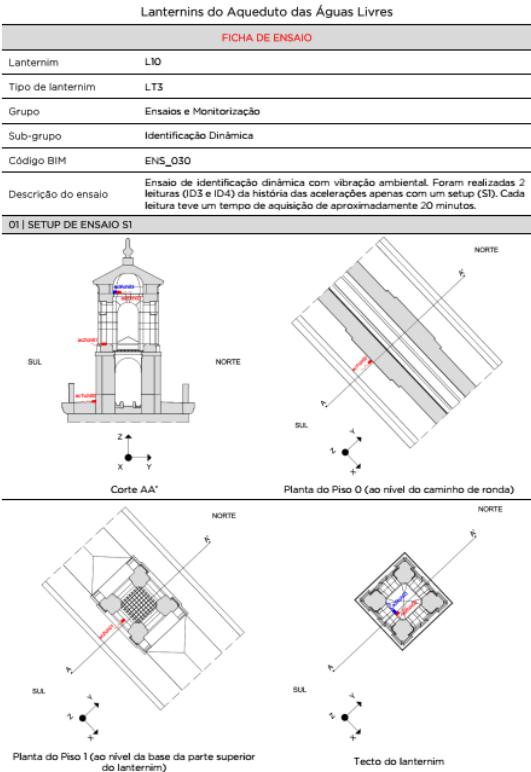
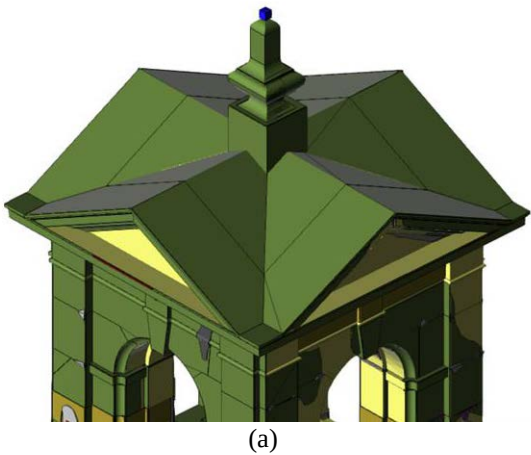
#### 7.4. Mapeamento e caracterização de ensaios

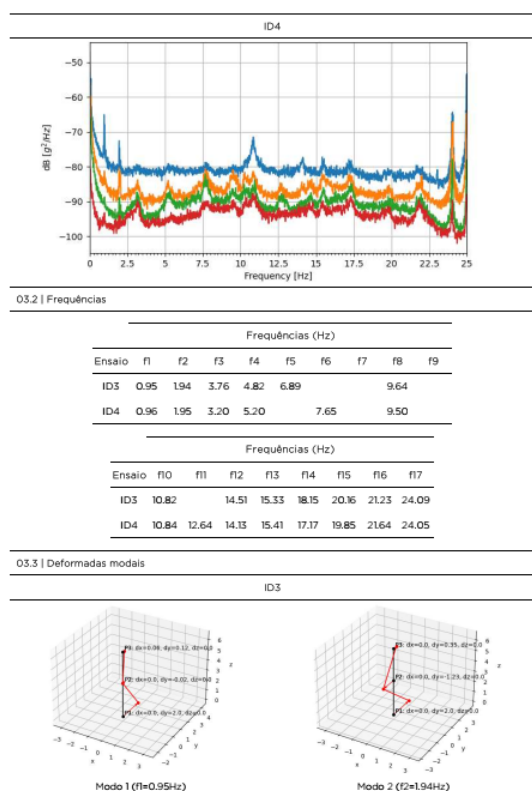
Os ensaios realizados nos lanternins encontram-se representadas nos submodelos HBIM sob a forma de símbolos. Estes símbolos, de acordo com a natureza dos ensaios, podem ser aplicados de forma global ao lanternim (por exemplo, os ensaios de identificação dinâmica) e assumem, nesse caso, uma posição de esquemática sobre pináculo para fácil visualização (cubo azul no topo do lanternim, figura 10a), ou ser implantados na posição exata caso representem caracterizações de natureza pontual (por exemplo, recolha de amostras para determinação da percentagem de argila na pedra).

Foi adotado o sistema de classificação de ensaios apresentado na Tabela 6, cuja definição, no ambiente do software REVIT, é ilustrada na figura 10a. No campo “Dados”, é apresentado o caminho para a ficha de ensaio que descreve, localiza apresenta os resultados do ensaio no contexto do lanternim (ver exemplo na figura 10b). À semelhança da ficha de dano, a ficha de ensaio assume a forma de um documento PDF referenciado a partir da sua localização (url) com

hiperligação dentro dos submodelos HBIM associado ao parâmetro DO\_FichaEnsaio de cada um dos ensaios.

Figura 10 - Mapeamento e caracterização dos ensaios no submodelo HBIM. (a) Representação 3D com símbolo de acesso à ficha de ensaios - L5. (b) Ficha de ensaio acedida a partir da hiperligação do submodelo HBIM.





(b)

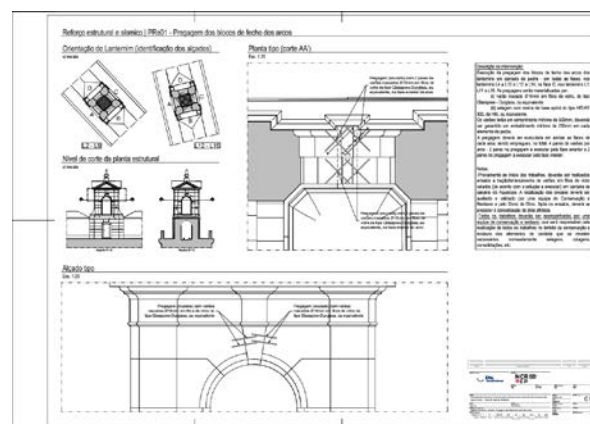
### 7.5. Mapeamento e caracterização das soluções de intervenção

As medidas de intervenção de reforço estrutural e sísmico, bem como de conservação e restauro dos lanternins encontram-se igualmente definidas nos submodelos HBIM. A sua representação varia consoante a natureza e a materialização da intervenção. Assim, surgem associadas às famílias de danos quando se trata do tratamento específico desse dano (por exemplo, a remoção de crostas negras), representadas geometricamente quando envolvem a introdução de novos elementos (por exemplo, a implementação de tirantes) e, no caso das intervenções de carácter global (por exemplo, aplicação de hidrofugante), com um símbolo distinto junto ao pináculo, para fácil visualização.

Foi definida a grelha de classificação de intervenções apresentada na Tabela 7. Nos submodelos HBIM, para além da informação geral e da codificação de cada intervenção para fácil consulta, está definido o caminho (url) com hiperligação para a respetiva ficha de intervenção que a descreve, localiza e

pormenoriza, quando justificável, em peças desenhadas (exemplo na figura 11).

Figura 11 - Ficha de intervenção de reforço estrutural acessada a partir da hiperligação do submodelo HBIM.



## 8. Considerações finais

O estudo da secção do Vale de Alcântara do Aqueduto das Águas Livres, com especial foco nos lanternins, revelou-se fundamental para garantir a preservação e gestão sustentável deste importante monumento nacional. Através de um processo rigoroso e multidisciplinar, composto por levantamento arquitetónico detalhado, inspeções in situ, realização de ensaios experimentais e análise da vulnerabilidade sísmica, foi possível diagnosticar com precisão o estado de conservação estrutural dos 16 lanternins e desenvolver um projeto de intervenção dirigido para a resolução das anomalias detetadas e para o aumento da resiliência sísmica destas estruturas.

A aplicação da metodologia HBIM (Historic Building Information Modelling) desempenhou um papel central ao longo de todo o processo, ao integrar dados geométricos, diagnósticos estruturais e informações patrimoniais num único modelo digital coerente. Este modelo não só facilitou a análise e documentação das anomalias existentes, como também se constituiu como uma ferramenta estratégica para a tomada de decisões, planeamento de intervenções e futura monitorização do aqueduto.

Além disso, o desenvolvimento do modelo global federado HBIM enquanto

repositório dinâmico de informação técnica, histórica e operacional reforça o compromisso com uma abordagem preventiva e baseada em evidências na conservação do património. Este estudo demonstra, assim, o potencial do HBIM como instrumento essencial para a gestão informada, eficiente e sustentável de bens culturais complexos, apontando o caminho para a sua adoção mais alargada em projetos de reabilitação patrimonial em Portugal e internacionalmente.

Apesar das vantagens identificadas neste tipo de abordagem e ferramenta, existem ainda uma grande resistência à utilização destas ferramentas e, como tal, tem que existir um esforço das entidades que as desenvolvem, em particular numa fase inicial, para perpetuar a sua utilização e desenvolvimento.

## 9. Referências

- [1] RAFEIRO, J.; TOMÉ, A. *Digitalização e HBIM na Capela da Senhora da Piedade da Caparica*. Cadernos de Património, Almada, n. 7, p. 88–102, 2020.
- [2] MURPHY, M.; MCGOVERN, E.; PAVIA, S. *Historic Building Information Modelling (HBIM): Surveying and recording historic buildings through laser scanning and building information modelling*. Structural Survey, s.l., v. 31, n. 2, p. 77–95, 2013.
- [3] LÓPEZ, F. J.; LERONES, P. M.; LLAMAS, J.; GÓMEZ-GARCÍA-BERMEJO, J.; ZALAMA, E. *A review of heritage building information modeling (H-BIM)*. Multimodal Technologies and Interaction, s.l., v. 2, n. 2, p. 21, 2018.
- [4] GARAGNANI, S.; MANFERDINI, A. M. *Building Information Modeling and real world knowledge: A method to enrich semantic representation of built heritage*. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, s.l., v. XL-5/W2, p. 163–168, 2013.
- [5] HISTORIC ENGLAND. *3D Laser Scanning for Heritage: Advice and guidance to users on laser scanning in archaeology and architecture*. London: Historic England, 2017.
- [6] FREGONESE, L.; TAFFURELLI, L.; ADAMI, A. *HBIM for the preservation of historical buildings: The case study of the Basilica di Collemaggio*. ISPRS Archives, s.l., v. 42(2/W5), p. 261–268, 2017.
- [7] BAIK, A.; BOEHM, J.; ROBSON, S. *Jeddah historical building information modeling “JHBIM”—object library*. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, s.l., v. XL-5/W7, p. 29–34, 2015.
- [8] TEZA, G.; PESCE, A.; DALLA MURA, M. *Integration of HBIM and SHM systems for structural analysis in historical buildings*. Sensors, s.l., v. 21, n. 6, p. 1987, 2021.
- [9] CELLI, M.; OTTONI, M. *HBIM and structural diagnosis for the Basilica di Santa Maria del Fiore*. Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development, s.l., v. 13, n. 1, p. 1–15, 2023.
- [10] PARENTE, R. *Monitorização estrutural e HBIM em edifícios históricos italianos: A cúpula de Brunelleschi*. Revista Italiana de Engenharia Estrutural, Florença, v. 29, n. 3, p. 98–114, 2023.
- [11] BIMCOMMUNITY. *Notre-Dame: A digital twin for heritage recovery*. s.l., 2019. Disponível em: <https://www.bimcommunity.com>. Acesso em: 26 jun. 2025.
- [12] SOUZA, J. M. *Notre-Dame digital: BIM como ferramenta de reconstrução patrimonial após desastres*. Revista Património e Tecnologia, Paris, v. 12, n. 1, p. 31–48, 2025.
- [13] IPPOLITO, A.; NICOLUCCI, F.; ARLETTI, R. *Integrating HBIM and preventive conservation strategies at*



- Schönbrunn Palace*. Heritage Science, s.l., v. 11, n. 1, p. 112, 2023.
- [14] MATRONE, F.; FASSI, F.; MANDELLI, A. *From 3D survey to HBIM for maintenance and conservation: The case of the Palace of Westminster*. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, s.l., v. IV-2/W6, p. 71–78, 2019.
- [15] FRANCISCO, D. *Modelação BIM aplicada à conservação do Mosteiro da Batalha*. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- [16] ROCHA, H. *Plataforma HBIM para gestão e divulgação da Casa de Santa Maria em Cascais*. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura).
- [17] TEIXEIRA, A. *Casa de Santo António: Aplicação de um modelo 3D-BIM para manutenção e gestão patrimonial*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- [18] MENDES PINTO, P. *Bibliotecas paramétricas e interoperabilidade na reabilitação do património*. Guimarães: Universidade do Minho, 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- [19] ROCHA, H.; RATO, V.; DUARTE, J. P. *Scan-to-BIM aplicado ao património edificado de Lisboa: metodologia e desafios*. In: Congresso de Modelação Digital no Património. Lisboa, 2020. Anais [...]. p. 42–57.
- [20] VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs*. Automation in Construction, s.l., v. 38, p. 109–127, 2014.
- [21] SAMPAIO, A. Z.; GOMES, A.; BRITO, A. *Framework para a gestão integrada de património edificado com recurso a BIM*. Revista Construção e Tecnologia, Lisboa, v. 28, n. 2, p. 47–60, 2020.
- [22] QUATTRINI, R.; PIERDICCA, R.; MORBIDONI, C. *Knowledge-based data enrichment for HBIM: Exploring high-level semantics for parametric modeling of historical buildings*. Journal of Cultural Heritage, s.l., v. 29, p. 29–38, 2018.
- [23] WEBSITE e-cultura.pt. *Museu da Água da EPAL - Núcleo Aqueduto das Águas Livres*. Disponível em: [www.e-cultura.pt/patrimonio\\_item/3558](http://www.e-cultura.pt/patrimonio_item/3558). Acesso em: 26 julho 2025.
- [24] SCHIAPPA DE AZEVEDO, A. et al. *Estudo dos efeitos das vibrações no Aqueduto das Águas Livres, produzidas pelas construções e tráfego do eixo Norte-Sul*. Relatório 207/96 – NDA, 1996.
- [25] ICOMOS. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns*. Manual. Paris: ICOMOS, 2008.
- [26] PYOMA, Pyoma homepage, <https://pypi.org/project/Py-OMA/>. Acesso em: 30 março 2025.
- [27] ITASCA CONSULTING GROUP. *3DEC - Three-dimensional distinct element code: Theory and background*. Version 5.2. Minneapolis: Itasca Consulting Group, 2018.
- [28] NBS, Uniclass 2015: *Unified classification for the construction industry*, National Building Specification, 2015. [Online]. Available: <https://www.thenbs.com/our-tools/uniclass-2015>
- [29] AUTODESK, Revit, Version 2024 [Software], Autodesk Inc., 2024. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/products/revit/>

## 11. Anexos e Apêndices

### ANEXO A

Tabela 1 - Resumo das medidas de intervenção estrutural - reforço sísmico.

| Lanternim       | Tipologia             | Medidas de intervenção estrutural e sísmico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| L1/L11/L16      | LT1                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Executar a pregagem do bloco de fecho do arco da face C com varões <math>\phi 16\text{mm}</math> de fibra selados aos blocos adjacentes com resina de base epóxi.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| L2/L3/L15       | LT3                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Uma vez que as análises destes lanternins em estado não reforçado resultam em estados limite de dano DS0 e DS1 sem elementos colapsados, considera-se que o estado deformado final é aceitável, mesmo para ações mais elevadas. Assim, considera-se que não são necessárias intervenções de reforço sísmico.</li> </ul>                                                                                                                             |
| L4/L5/L6        | LT2 (com e sem porta) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Executar a pregagem dos blocos de fecho dos arcos das diferentes faces com varões <math>\phi 16\text{mm}</math> selados aos blocos adjacentes.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| L7/L8/L9        | LT2 (com e sem porta) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Executar a pregagem dos blocos de fecho dos arcos das diferentes faces com varões selados aos blocos adjacentes.</li> <li>implementar tirantes <math>\phi 25\text{mm}</math> em aço inoxidável do tipo 316 Duplex à cota da cobertura nas diferentes faces dos lanternins. Todos os elementos de metálicos devem ser de aço da mesma tipologia. Os tirantes metálicos devem integrar um sistema certificado tipo CINTEC, ou equivalente.</li> </ul> |
| L10/L12/L13/L14 | LT3 (com e sem porta) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Executar a pregagem dos blocos de fecho dos arcos das diferentes faces com varões <math>\phi 16\text{mm}</math> de fibra selados aos blocos adjacentes com resina de base epóxi.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                         |

Tabela 2 - Grelha de classificação de Elemento/Função (SCC).

| TITLE                 | SCC                                             |       |                |
|-----------------------|-------------------------------------------------|-------|----------------|
| DESCRIPTION           | Sistemas de Construção Civil                    |       |                |
| VERSION               | Novembro23                                      |       |                |
| FUNCTION              | Element                                         |       |                |
| NUMBER PARAMETER      | DO_CodificacaoSCC                               |       |                |
| DESCRIPTION PARAMETER | DO_DescricaoSCC                                 |       |                |
| NUMBER                | DESCRIPTION                                     | LEVEL | REVIT CATEGORY |
| SCC                   | Sistemas de Construção Civil (Novembro23)       | 1     |                |
| SCC_050               | Estrutura                                       | 2     |                |
| SCC_050_100           | Elementos Estruturais De Construção Tradicional | 3     |                |
| SCC_050_100_010       | Ombreiras                                       | 4     |                |
| SCC_050_100_010_010   | Ombreiras De Alvenaria De Pedra                 | 5     |                |
| SCC_050_100_020       | Vergas                                          | 4     |                |
| SCC_050_100_020_010   | Vergas De Alvenaria De Pedra                    | 5     |                |
| SCC_050_100_030       | Grelhas e Guardas Metálicas                     | 4     |                |
| SCC_050_100_031       | Elementos De Fixação e Reforço                  | 4     |                |
| SCC_050_100_040       | Pináculos                                       | 4     |                |
| SCC_050_100_050       | Gárgulas                                        | 4     |                |
| SCC_050_100_060       | Lajes                                           | 4     |                |
| SCC_050_100_070       | Vigas e Vigotas                                 | 4     |                |
| SCC_050_100_080       | Pilares E Colunas                               | 4     |                |
| SCC_050_100_090       | Cobertura                                       | 4     |                |
| SCC_050_100_100       | Paredes, Núcleos e Barreiras                    | 4     |                |
| SCC_050_100_110       | Arco                                            | 4     |                |
| SCC_050_100_120       | Abóboda                                         | 4     |                |
| SCC_050_100_130       | Fundações                                       | 4     |                |
| SCC_050_100_140       | Canais                                          | 4     |                |

Tabela 3 - Grelha de classificação de Espaço/Localização (EZO).

| TITLE                 | EZO                        |       |                |
|-----------------------|----------------------------|-------|----------------|
| DESCRIPTION           | Espaços e Zonas            |       |                |
| VERSION               | Junho23                    |       |                |
| FUNCTION              | Space                      |       |                |
| NUMBER PARAMETER      | DO_CodificacaoEZO          |       |                |
| DESCRIPTION PARAMETER | DO_DescricaoEZO            |       |                |
| NUMBER                | DESCRIPTION                | LEVEL | REVIT CATEGORY |
| EZO                   | Espaços e Zonas (Junho23)  | 1     |                |
| EZO_050               | Património Não Operacional | 2     |                |
| EZO_050_010           | Lanternim                  | 3     |                |
| EZO_050_020           | Passeio De Ronda           | 3     |                |
| EZO_050_030           | Cornija                    | 3     |                |
| EZO_050_040           | Arcada                     | 3     |                |
| EZO_050_050           | Guarda                     | 3     |                |
| EZO_050_060           | Galeria AAL                | 3     |                |

Tabela 4 - Grelha de classificação de Materiais (MAT).

|                       |                                                                                   |       |                |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------|
| TITLE                 | MAT                                                                               |       |                |
| DESCRIPTION           | Materiais                                                                         |       |                |
| VERSION               | Junho23                                                                           |       |                |
| FUNCTION              | Element                                                                           |       |                |
| NUMBER PARAMETER      | DO_CodificacaoMAT                                                                 |       |                |
| DESCRIPTION PARAMETER | DO_DescricaoMAT                                                                   |       |                |
| NUMBER                | DESCRIPTION                                                                       | LEVEL | REVIT CATEGORY |
| MAT                   | Materiais (Junho23)                                                               | 1     |                |
| MAT_050               | Materiais de construção tradicional                                               | 2     |                |
| MAT_050_010           | Compostos                                                                         | 3     |                |
| MAT_050_010_010       | Alvenaria de pedra aparelhada de calcário lioz com reboco interior                | 4     |                |
| MAT_050_010_020       | Alvenaria de pedra aparelhada de calcário lioz com reboco interior e exterior     | 4     |                |
| MAT_050_010_030       | Alvenaria de pedra aparelhada de calcário lioz à vista                            | 4     |                |
| MAT_050_010_040       | Alvenaria de pedra aparelhada de calcário lioz à vista com material de enchimento | 4     |                |
| MAT_050_010_050       | Alvenaria mista de pedra solta e tijolo à vista                                   | 4     |                |
| MAT_050_010_060       | Alvenaria mista de pedra solta e tijolo com reboco interior                       | 4     |                |
| MAT_050_010_070       | Alvenaria mista de pedra solta e tijolo com reboco interior e exterior            | 4     |                |
| MAT_050_010_080       | Alvenaria de tijolo cerâmico maciço à vista                                       | 4     |                |
| MAT_050_010_090       | Alvenaria de tijolo cerâmico maciço com reboco interior                           | 4     |                |
| MAT_050_010_100       | Alvenaria de tijolo cerâmico maciço com reboco interior e exterior                | 4     |                |
| MAT_050_020           | Inorgânicos                                                                       | 3     |                |
| MAT_050_020_010       | Metal                                                                             | 4     |                |
| MAT_050_030           | Orgânicos                                                                         | 3     |                |
| MAT_050_030_010       | Madeira                                                                           | 4     |                |

Tabela 5 - Grelha de classificação de Danos (DNO).

| TITLE                 | <b>DNO</b>                          |          |                |
|-----------------------|-------------------------------------|----------|----------------|
| DESCRIPTION           | <b>Danos e Patologias</b>           |          |                |
| VERSION               | <b>Junho23</b>                      |          |                |
| FUNCTION              | <b>Element</b>                      |          |                |
| NUMBER PARAMETER      | <b>DO_CodificacaoDNO</b>            |          |                |
| DESCRIPTION PARAMETER | <b>DO_DescricaoDNO</b>              |          |                |
| NUMBER                | DESCRIPTION                         | LEVEL    | REVIT CATEGORY |
| <b>DNO</b>            | <b>Danos e Patologias (Junho23)</b> | <b>1</b> |                |
| DNO_010               | Destacamento                        | 2        |                |
| DNO_010_010           | Esfoliação                          | 3        |                |
| DNO_010_020           | Desagregação                        | 3        |                |
| DNO_010_030           | Fragmentação                        | 3        |                |
| DNO_010_030_010       | Lascagem                            | 4        |                |
| DNO_010_040           | Destacamento Pelicular              | 3        |                |
| DNO_010_050           | Destacamento Em Espessura           | 3        |                |
| DNO_020               | Fenda e deformação                  | 2        |                |
| DNO_020_010           | Fenda                               | 3        |                |
| DNO_020_010_010       | Fissura                             | 4        |                |
| DNO_020_010_020       | Fratura                             | 4        |                |
| DNO_020_020           | Deformação                          | 4        |                |
| DNO_030               | Descoloração e Depósito             | 2        |                |
| DNO_030_010           | Crosta                              | 3        |                |
| DNO_030_010_010       | Crosta Negra                        | 4        |                |
| DNO_030_010_020       | Crosta De Sal                       | 4        |                |
| DNO_030_020           | Alteração Cromática e Depósito      | 3        |                |
| DNO_030_020_010       | Coloração                           | 4        |                |
| DNO_030_020_020       | Mancha De Humidade                  | 4        |                |
| DNO_030_020_030       | Mancha                              | 4        |                |
| DNO_030_030           | Graffiti                            | 3        |                |
| DNO_030_040           | Incrustação                         | 3        |                |
| DNO_030_040_010       | Concreção                           | 4        |                |
| DNO_030_050           | Pátina                              | 3        |                |
| DNO_030_050_010       | Filmes Negros (Patine Ferrosa)      | 4        |                |
| DNO_040               | Colonização Biológica               | 2        |                |
| DNO_040_010           | Plantas                             | 3        |                |
| DNO_040_020           | Biodegradação                       | 3        |                |
| DNO_050               | Formas Devidas À Perda De Material  | 2        |                |
| DNO_050_010           | Lacuna                              | 3        |                |
| DNO_060               | Incompatibilidade De Materiais      | 2        |                |
| DNO_060_010           | Argamassas Impróprias               | 3        |                |
| DNO_070               | Corrosão                            | 2        |                |

Tabela 6 - Grelha de classificação de Ensaios (ENS).

| TITLE                 | <b>ENS</b>                                 |          |                |
|-----------------------|--------------------------------------------|----------|----------------|
| DESCRIPTION           | <b>Ensaio e Monitorização</b>              |          |                |
| VERSION               | <b>Novembro23</b>                          |          |                |
| FUNCTION              | <b>Element</b>                             |          |                |
| NUMBER PARAMETER      | <b>DO_CodificacaoENS</b>                   |          |                |
| DESCRIPTION PARAMETER | <b>DO_DescricaoENS</b>                     |          |                |
| NUMBER                | DESCRIPTION                                | LEVEL    | REVIT CATEGORY |
| <b>ENS</b>            | <b>Ensaio e Monitorização (Novembro23)</b> | <b>1</b> |                |
| ENS_010               | Porosidade da Pedra                        | 2        |                |
| ENS_020               | Percentagem de Argila na Pedra             | 2        |                |
| ENS_030               | Identificação Dinâmica                     | 2        |                |



Tabela 7 - Grelha de classificação de Medidas de Intervenção (INT).

| TITLE                 | INT                                                                  |       |                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|-------|----------------|
| DESCRIPTION           | Intervenções                                                         |       |                |
| VERSION               | Maio25                                                               |       |                |
| FUNCTION              | Element                                                              |       |                |
| NUMBER PARAMETER      | DO_CodificacaoINT                                                    |       |                |
| DESCRIPTION PARAMETER | DO_DescricaoINT                                                      |       |                |
| NUMBER                | DESCRIPTION                                                          | LEVEL | REVIT CATEGORY |
| INT                   | Intervenções (Maio25)                                                | 1     |                |
| INT_010               | Reforço estrutural e sísmico                                         | 2     |                |
| INT_010_010           | Implementação de tirantes                                            | 3     |                |
| INT_010_020           | Realização de pregagens de blocos                                    | 3     |                |
| INT_020               | Conservação e Restauro                                               | 2     |                |
| INT_020_010           | Aplicação de biocida e herbicida                                     | 3     |                |
| INT_020_020           | Lavagem controlada                                                   | 3     |                |
| INT_020_030           | Remoção de crostas negras                                            | 3     |                |
| INT_020_040           | Remoção de manchas e graffiti                                        | 3     |                |
| INT_020_050           | Remoção de argamassas                                                | 3     |                |
| INT_020_060           | Tratamento de juntas                                                 | 3     |                |
| INT_020_070           | Tratamento de fendas (incluindo fraturas) e colagem de elementos     | 3     |                |
| INT_020_080           | Consolidação e tratamento de áreas fragilizadas                      | 3     |                |
| INT_020_090           | Consolidação e preenchimento de lacunas                              | 3     |                |
| INT_020_100           | Aplicação de microestucagem                                          | 3     |                |
| INT_020_110           | Aplicação de hidrofugante                                            | 3     |                |
| INT_020_120           | Remoção e substituição de elementos metálicos - gatos                | 3     |                |
| INT_020_130           | Limpeza e tratamento de elementos metálicos - gatos                  | 3     |                |
| INT_020_140           | Remoção de elementos metálicos - cunhas                              | 3     |                |
| INT_020_150           | Limpeza e tratamento de elementos metálicos - gradeamentos e portões | 3     |                |
| INT_020_160           | Limpeza, tratamento e pintura de portas de madeira                   | 3     |                |