



Guião de caracterização e inspeção de Obras de Arte.

Estudo de caso aplicado a Leiria

Mestrado em Engenharia Civil – Construções Civas

Liana Sombrio Ostetto

Leiria, Setembro de 2019



Guião de caracterização e inspeção de Obras de Arte.

Estudo de caso aplicado a Leiria

Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cívicas

Liana Sombrio Ostetto

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor Hugo Filipe Pinheiro Rodrigues, Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação do Doutor Paulo Alexandre Lopes Fernandes, Professor Coordenador da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, Setembro de 2019

Originalidade e Direitos de Autor

A/O presente dissertação/relatório de projeto é original, elaborada/o unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para a/o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado/a o/a Autor/a e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual a/o mesma/o foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Construções Cíveis, no ano letivo 2018/2019, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

Dedicatória

"Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível."

(Charles Chaplin)

Agradecimentos

A Deus primeiramente por me dar forças e saúde para enfrentar todas as situações, estando sempre ao meu lado, iluminando e guiando meus passos.

Agradeço aos professores e orientadores Doutor Hugo Filipe Pinheiro Rodrigues e Doutor Paulo Alexandre Lopes Fernandes, por lançarem este desafio e por todo o apoio, dedicação, disponibilidade e paciência durante o período de estudo e partilha dos ensinamentos, que foram importantes para o desenvolvimento da presente dissertação e resolução das dificuldades encontradas durante o processo.

A Câmara Municipal de Leiria por propor este desafio junto com os orientadores e dar todo suporte para realização de todos os procedimentos necessários, além da intenção de colocar em prática o presente trabalho para a cidade de Leiria.

Aos familiares, que mesmo de longe, me apoiaram e motivaram. Em especial aos meus pais, Sandrá e Lucio, que se tornaram presentes ao longo deste período e me deram incentivo e acreditaram na minha capacidade, nunca deixando desistir de meus sonhos.

Aos amigos que estiveram próximos e que tive o prazer de conhecer nesta jornada, especialmente a amiga e companheira de curso Maria Júlia Bértoli por sempre estar presente desde o início e me incentivar a cursar este mestrado ao seu lado e as amigas companheiras de casa Larissa Henschel e Sara Bona por todo apoio e por tornarem mais fácil a vida em outro país e serem como a minha família cá, aos amigos que estão longe agradeço pelas palavras motivacionais e compreensão e, a todos os que direta ou indiretamente estiveram envolvidos durante este período, o meu muito obrigada.

Resumo

As obras de arte especiais (OAE's) têm funções importantes para o desenvolvimento das cidades. Para garantir sua segurança é necessário a utilização de um sistema de gestão que avalia constantemente o estado de conservação e assim a necessidade de manutenção ou reparação. Esta dissertação possui como objetivo principal propor a Câmara Municipal de Leiria uma metodologia de atividade de caracterização e inspeção em obras de diferentes materiais através de um guia de inspeção. O estudo de caso abrangeu cinco diferentes tipologias de obras pertencentes ao município. Ao fim da análise, foi possível obter a classificação geral do estado de conservação de cada obra, o qual concluiu-se que algumas obtiveram nível de dano médio em patologias, representado pela cor amarela, as quais carecem de inspeções mais específicas, monitoramento e manutenção. Entretanto, todas receberam estado geral de conservação de nível leve, indicando que não é necessário nenhum procedimento com urgência. Além das inspeções, foram realizados ensaios de caracterização dinâmicas em três dessas obras, com aprofundamento específico em uma, a ponte pedonal metálica, pois possui vibrações excessivas e desconforto aos utilizadores, avaliando assim, além de seus modos de vibrações e frequências, as suas acelerações com a passagem de peões em diferentes modos e proporções. Obtiveram-se resultados experimentais comparados com a modelação numérica realizada, assim, concluiu-se de que um dos cabos não está realizando sua funcionalidade corretamente. Através da comparação das acelerações ao guia técnico sobre avaliação do comportamento dinâmico de pontes pedonais da França constatou-se que a ponte em estudo predomina com mínimo conforto e desconforto, dependendo da situação. Por fim, é notável a importância de inspeções e monitoramento no tempo recomendado nas OAE's para assim garantir segurança e bem-estar para toda população. Para além de auxiliar e orientar a Câmara Municipal de Leiria com a gestão de suas obras existentes.

Palavras-chave: “obras de arte especiais”, “inspeções”, “estado de conservação”, “guia de inspeção”, “ensaio de caracterização dinâmica”.

Abstract

The special engineering works (SEW) have an important role on the development of cities. To ensure its safety, it is necessary to use a management system that constantly evaluates the conservation status and therefore the need for maintenance or repair. The main objective of this dissertation is to propose to Leiria City Council a methodology for characterization and inspection of different materials constructions through an inspection guide. The case study covered five different typologies of constructions that belong to the city. At the end of the analysis, it was possible to obtain a general classification of the conservation status of each construction, in which some had medium level of damage in pathologies, represented in yellow, requiring a more specific inspection, monitoring and maintenance. However, all of them received a mild state of conservation, indicating that no urgent procedure is required. In addition to the inspections, dynamic characterization tests were performed in three of these constructions, with further investigation in one of them, the steel pedestrian bridge, because it has excessive vibrations and generates discomfort for the users. This way evaluating, in addition to the vibration modes and frequencies, the acceleration with the passage of pedestrians in different modes and proportions. Experimental results were obtained and compared with the numerical model, leading to the conclusion that one of the cables is not functioning properly. By comparing the accelerations to the French technical guide of “Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading”, it was found that the bridge in question works with the minimum acceptable comfort/discomfort relation, depending on the situation. Finally, it is noteworthy the importance of inspections and monitoring in the recommended time in the SEW to ensure the safety and well-being for the entire population. Furthermore, to assist and guide the Leiria City Council on the management of their existing constructions.

Keywords: “special engineering works”, “inspections”, “conservation status”, “inspection guide”, “dynamic characterization test”.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de Figuras

Figura 1 - Distribuição por distrito das obras de arte rodoviárias da IP ou que interferem suas vias (Póvoa, 2017)	8
Figura 2 - Património de obras de arte rodoviárias da IP (Póvoa, 2017).	9
Figura 3 - Fluxograma do SGOA IP (IP, 2017).	11
Figura 4 - Gráfico referente a situação das estruturas examinadas (DNIT, 2015).	12
Figura 5 - Elementos de uma ponte (Pfeil, 1983).	14
Figura 6 - Esclerómetro Schmidt (Medina, 2013).	31
Figura 7 - Ensaio Pull-Off, superficial e carotagem parcial (Medina, 2013).	32
Figura 8 - Ensaio com ultra-sons, LEBA equipamento.	32
Figura 9 - Pistola de Windsor	33
Figura 10 – Acelerómetros unidireccionais piezoelétricos em um cubo metálico nas três direções.	34
Figura 11 - Proposta de ficha de caracterização.	45
Figura 12 - Ficha de inspeção de betão armado.	48
Figura 13 - Ficha de inspeção alvenaria de pedra.	49
Figura 14 - Ficha de inspeção metálica.	50
Figura 15 - Ficha segunda folha para todos os tipos.	51
Figura 16 - Concelho de Leiria dividido mediante as freguesias (Leiria, 2019).	55
Figura 17 - Localização do Viaduto (Google Earth, 2018).	57
Figura 18 - Vista geral do viaduto.	58
Figura 19 - Fendas transversais e deficiência nas juntas.	59
Figura 20 - Fendas longitudinais.	59
Figura 21 - Delaminação da camada betuminosa.	60
Figura 22 - Patologias nos passeios.	60
Figura 23 - Acessos ao viaduto.	61
Figura 24 - Exposição de armadura e vegetação na junta.	62
Figura 25 - Deficiência na drenagem.	62
Figura 26 - Vigas com manchas e falhas na superfície.	63
Figura 27 – Patologias na mesoestrutura viaduto.	65
Figura 28 - Patologias nos guardas corpo e muros.	66
Figura 29 - Localização da Ponte Afonso Zuquete (Google Earth, 2018).	67

Figura 30 - Vista geral Ponte Afonso Zuquete.....	68
Figura 31 - Monumento Ponte Afonso Zuquete.....	69
Figura 32 - Fendilhamento na faixa de rodagem.....	70
Figura 33 - Desagregações, peladas e tapagem de covas.	70
Figura 34 - Deficiência nas juntas de dilatação.....	71
Figura 35 - Anomalias nos passeios.	71
Figura 36 - Manchas e colonização biológica no tabuleiro.	72
Figura 37 - Deficiência no sistema de drenagem.	73
Figura 38 - Manchas e sinais de restauro na mesoestrutura.	74
Figura 39 - Deficiência nos aparelhos de apoios e encontros.....	75
Figura 40 - Erosão mais relevante em um dos lados da sapata.	76
Figura 41 - Deficiência no guarda corpo e sinais de acidentes.	77
Figura 42 - Localização da ponte pedonal próxima ao Complexo Piscinas Municipais de Leiria (Google Earth, 2018).....	79
Figura 43 - Vista geral da Ponte Pedonal.	80
Figura 44 - Pavimento na parte inferior com manchas e estrutura com deficiência de limpeza.	80
Figura 45 - Patologias encontradas no pavimento, fissuras, delaminação, deficiência nos ligadores.	81
Figura 46 - Deformação do tabuleiro nos últimos tramos.	82
Figura 47 - Deficiência de limpeza.....	83
Figura 48 - Patologias nas ancoragens e elementos de proteção dos cabos.	84
Figura 49 - Localização Ponte Euro 2004 (Google Earth, 2018).	87
Figura 50 - Vista geral da Ponte Euro 2004.	88
Figura 51 - Patologias encontradas na pista de rodagem.....	89
Figura 52 - Vegetações nos passeios.	90
Figura 53 - Deterioração dos passeios.....	90
Figura 54 - Fissuras, estalactites e colonização biológica no tabuleiro.....	92
Figura 55 - Deficiência no sistema de drenagem.	92
Figura 56 - Deficiência de funcionamento do encontro norte.....	94
Figura 57 - Manchas, pichações nos encontros e pilar.	95
Figura 58 - Patologias nos itens de segurança.....	96
Figura 59 - Localização da Ponte Hintze Ribeiro.....	98
Figura 60 - Vista geral do jardim da Ponte Hintze Ribeiro.....	98

Figura 61 - Patologias no revestimento betuminoso.	99
Figura 62 - Patologias nos passeios.	100
Figura 63 - Patologias encontradas no tabuleiro e sistema de drenagem.	101
Figura 64 - Fendilhações e manchas na abóbada.	102
Figura 65 - Patologias observadas na mesoestrutura.	104
Figura 66 - Deficiência nos guarda corpos.	105
Figura 67 - Equipamentos utilizados nos ensaios dinâmico.	110
Figura 68 - Esboço geral do esquema de setups no ensaio do viaduto.	111
Figura 69 - Realização do último setup de ensaio.	112
Figura 70 – Modo de vibração do viaduto com direção transversal.	112
Figura 71 - Esboço geral do esquema de setups no ensaio do Ponte Afonso Zuquete.	114
Figura 72 - Realização do segundo setup de ensaio.	114
Figura 73 - Modo de vibração 1 transversal.	115
Figura 74 - Modo de vibração 2 transversal.	115
Figura 75 - Modo de vibração 3 vertical	116
Figura 76 - Esboço geral do esquema de setups nos ensaios da Ponte Pedonal Metálica.	117
Figura 77 - Ensaios dinâmicos de vibrações ambientais nos diferentes setups.	118
Figura 78 - Posicionamento dos acelerómetros para segunda tipologia de ensaios na Ponte Pedonal Metálica.	119
Figura 79 - Ações pedonais para ensaio dinâmico na Ponte Pedonal Metálica.	120
Figura 80 - Modos de vibração 1 vertical a) Ensaio 1; b) Ensaio 2	121
Figura 81 - Modo de vibração 2 torção, ensaio 2.	121
Figura 82 - Modos de vibrações 3 verticais a) Ensaio 1; b) Ensaio 2.	122
Figura 83 - Tabela com as faixas de aceleração (em m/s ²) para vibrações verticais (SETRA, 2006).	122
Figura 84 - Tabela com intervalos de frequências (Hz) das vibrações verticais e longitudinais relacionadas ao risco de ressonância (SETRA, 2006).	123
Figura 85 - Tabela com intervalos de frequências (Hz) das vibrações horizontais transversais relacionadas ao risco de ressonância (SETRA, 2006).	123
Figura 86 - Gráfico dos valores de acelerações experimentais com passagem de peões. .	124
Figura 87 - Projecção Ponte Pedonal Metálica pelo Software Projecto Galileu.	125
Figura 88 - Deformada Ponte Pedonal modo de vibração 1 modelo original.	126
Figura 89 - Deformada Ponte Pedonal modo de vibração 2 modelo original.	127
Figura 90 - Deformada Ponte Pedonal modo de vibração 3 modelo original.	127

Figura 91 - Deformada Ponte Pedonal modo de vibração 4 modelo original.	127
Figura 92 - Deformada da Ponte Pedonal modo de vibração 1 com modelo cabo fraco. .	129
Figura 93 - Deformada da Ponte Pedonal modo de vibração 2 com modelo cabo fraco. .	129
Figura 94 - Deformada da Ponte Pedonal modo de vibração 3 com modelo cabo fraco. .	129

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Níveis do estado dos danos pavimento de asfalto.	53
Tabela 2 - Ficha de inspeção pavimento viaduto.	61
Tabela 3 - Ficha de inspeção tabuleiro viaduto.	63
Tabela 4 - Ficha de inspeção superestrutura viaduto.	64
Tabela 5 - Ficha de inspeção mesoestrutura viaduto.	65
Tabela 6 - Ficha inspeção segurança viaduto.	66
Tabela 7 - Ficha de inspeção do pavimento Ponte Afonso Zuquete.	71
Tabela 8 - Ficha de inspeção tabuleiro Ponte Afonso Zuquete.	73
Tabela 9 - Ficha de inspeção superestrutura Ponte Afonso Zuquete.	74
Tabela 10 - Ficha de inspeção mesoestrutura Ponte Afonso Zuquete.	75
Tabela 11 - Ficha de inspeção infraestrutura Ponte Afonso Zuquete.	76
Tabela 12 - Ficha de inspeção segurança Ponte Afonso Zuquete.	77
Tabela 13 - Ficha de inspeção pavimento Ponte pedonal.	81
Tabela 14 - Ficha de inspeção tabuleiro Ponte pedonal.	83
Tabela 15 - Ficha de inspeção superestrutura Ponte pedonal.	84
Tabela 16 - Ficha de inspeção mesoestrutura Ponte pedonal.	85
Tabela 17 - Ficha de inspeção segurança Ponte pedonal.	85
Tabela 18 – Ficha de inspeção observações Ponte Pedonal.	86
Tabela 19 - Ficha de inspeção pavimento Ponte Euro 2004.	90
Tabela 20 - Ficha de inspeção tabuleiro Ponte Euro 2004.	93
Tabela 21 - Ficha de inspeção superestrutura Ponte Euro 2004.	93
Tabela 22 - Ficha de inspeção mesoestrutura Ponte Euro 2004.	95
Tabela 23 - Ficha de inspeção segurança Ponto Euro 2004.	97
Tabela 24 - Ficha de inspeção pavimento Ponte Hintze Ribeiro.	100
Tabela 25 - Ficha de inspeção tabuleiro Ponte Hintze Ribeiro.	101
Tabela 26 - Ficha de inspeção superestrutura Ponte Hintze Ribeiro.	103
Tabela 27 - Ficha de inspeção mesoestrutura Ponte Hintze Ribeiro.	104
Tabela 28 - Ficha de inspeção segurança Ponte Hintze Ribeiro.	105
Tabela 29 - Conservação geral das OAE's.	106
Tabela 30 - Resutados das características dinâmicas experimentais da Ponte Afonso Zuquete	115

Tabela 31 - Resultados das características dinâmicas experimentais da Ponte Pedonal. ...	121
Tabela 32 - Características dinâmicas Ponte Pedonal modelação completa.	126
Tabela 33 - Comparação das características dinâmicas experimentais com a modelação original.....	128
Tabela 34 – Comparação das características dinâmicas da Ponte Pedonal Metálica com cabo fraco.	128

Lista de Siglas

CGDESP	Coordenação Geral de Desenvolvimento e Projetos
DNIT	Departamento de Infraestrutura de Transportes
END	Ensaio não destrutivo
IP	Infraestruturas de Portugal
JAE	Junta Autónoma de Estradas
OA	Obras de Arte
OAE's	Obras de Arte Especiais
PROARTE	Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas
SGOA IP	Sistema de Gestão de Obras de Arte da IP

Índice

ORIGINALIDADE E DIREITOS DE AUTOR	II
DEDICATÓRIA	III
AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XIII
LISTA DE SIGLAS	XV
ÍNDICE	XVI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Motivação	2
1.3. Objectivos	3
1.4. Estrutura da dissertação	4
2. OBRAS DE ARTE ESPECIAIS	7
2.1. Gestão das obras de arte em Portugal	8
2.2. Gestão de obras de arte no Brasil	12
2.3. Pontes	13
2.4. Principais Patologias	15
2.4.1. Patologias em estruturas metálicas	15
2.4.2. Patologias em estruturas de betão	17
2.4.3. Patologias em estruturas de alvenaria de pedra	19
2.4.4. Patologias diversas na plataforma rodoviária	20
3. INSPEÇÕES E CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO	21
3.1. Inventário	22
3.2. Inspeção de Rotina	23
3.3. Inspeções Principais ou Detalhada	27
3.3.1. Ensaios em pontes	29
3.4. Inspeções de Danos (extraordinárias ou de acidentes)	34
3.5. Inspeções Especiais	35
3.5.1. Ensaios de cargas	36
3.6. Inspeção Subaquáticas	38

4. PROPOSTA DE GUIA DE INSPEÇÃO	41
4.1. Considerações sobre Manuais e Normas existentes para inspeção de OAEs	41
4.2. Proposta de Guia de inspeção	43
4.3.1. Ficha de caracterização	44
4.3.2. Fichas de inspeção	46
5. ESTUDO DE CASO	55
5.1. Viaduto (Rua Inácio Aires de Azevedo)	57
5.2. Ponte Afonso Zuquete	67
5.3. Ponte Pedonal	78
5.4. Ponte Euro 2004	86
5.5. Ponte Hintze Ribeiro	97
5.6. Classificação geral das OAE's	106
6. MEIOS AUXILIARES DE DIAGNÓSTICO – ENSAIOS DINÂMICOS	109
6.1. Ensaio de caracterização dinâmica - Viaduto	110
6.2. Ensaio de caracterização dinâmica - Ponte Afonso Zuquete	113
6.3. Ensaio de caracterização dinâmica - Ponte Pedonal Metálica	116
6.3.1. Excitação ambiental	120
6.3.2. Passagem de peões	122
6.3.3. Modelação	124
6.3.4. Discussão dos resultados	130
7. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	132
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135
ANEXOS	138

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Em Portugal existe um grande património de pontes e viadutos, conhecidos em engenharia como obras de arte especiais, predominando as obras em alvenaria, seguido das obras em betão armado e uma fatia residual de obras em aço. O aparecimento do betão e do aço fez com que as soluções em alvenaria fossem perdendo progressivamente competitividade, mas qualquer umas das soluções referidas, apresenta degradação com o passar dos anos (Jesus, 2015).

A duração de vida útil das pontes depende de diversos fatores como a deterioração dos materiais constituintes, as anomalias de funcionamento do sistema estrutural e as deficiências nas condições de serviço. Esses fatores são determinantes, em particular para a diminuição dos níveis de qualidade e segurança. Em geral considera-se que a vida útil de uma ponte termina quando os benefícios obtidos da exploração são ultrapassados pelos custos funcionais e de manutenção (Branco, 2001).

Qualquer estrutura, para se manter íntegra e proporcionar aos seus utilizadores conforto e segurança, deve passar por inspeções e manutenções periódicas, as quais permitem que seus problemas sejam detectados logo na fase inicial e sejam tomadas as devidas precauções para que eles sejam corrigidos e não evoluam. Qualquer medida de conservação e manutenção causa menos transtornos e riscos aos usuários e é, sem dúvida, financeiramente menos custosa do que processos de recuperação e reconstrução (Lencioni, 2005).

Atualmente é prática corrente a implementação de sistemas de gestão informatizados de obras de arte, possibilitando às entidades responsáveis, obter um conhecimento detalhado do seu património, quer ao nível do estado de manutenção quer ao nível do estado de conservação, de modo a atribuir-se os trabalhos necessários, garantindo segurança e durabilidade das respectivas estruturas (Jesus, 2015).

No panorama atual, as entidades públicas e privadas responsáveis pela manutenção de pontes de Portugal, como as Infraestruturas de Portugal e restantes entidades responsáveis, apresentam já uma cultura de inspeção e manutenção de pontes que estão sob a sua jurisdição, dispondo para tal de sistemas de gestão de pontes. Presume-se assim que as pontes pertencentes às vias nacionais, à rede de autoestradas e as pontes ferroviárias são objeto de inspeções e manutenções periódicas efetuadas no âmbito dos referidos sistemas de gestão (Graça, 2017).

Ao nível local dos municípios portugueses, de forma geral, verifica-se a existência de uma vasta rede de vias municipais, que estão dotadas de pontes. Entretanto, não é feita uma gestão que implique a realização de inspeções para avaliação do estado de conservação e de segurança de uma forma sistemática e regular e com procedimento uniformizados. Assim existe um problema e uma necessidade para os municípios, pois a perda da funcionalidade de uma determinada obra de arte e a interrupção do serviço por ela desempenhado, devido as anomalias ou falta de segurança, acarretam enormes prejuízos económicos e constrangimentos sociais que devem ser evitados ou minimizados (Graça, 2017).

Com tudo é necessário implementar ao nível municipal uma cultura de gestão de pontes assente em procedimentos uniformizados. O primeiro passo para uma futura realização de gestão das obras diz respeito à organização de inventários sobre as pontes, que permitam a sua atualização constante (Cruz, 2006b). Outro procedimento é a realização de inspeções rotineiras, de forma periódica, para classificação do estado de conservação.

1.2. Motivação

A realização desta dissertação corresponde com o aumento da preocupação na conservação e na manutenção das obras de arte especiais pela Câmara Municipal de Leiria.

A elaboração de um documento orientador e padronizado, torna-se assim indispensável e assume uma importância fundamental para as obras de arte de Leiria, especialmente para as pontes e viadutos. Isto se dá pelo fato que os trabalhos de inspeções são essenciais para

conhecer o real estado da estrutura, assim podendo preconizar os trabalhos de manutenção e reabilitação necessários para garantir uma maior segurança.

Outro motivo que está associado à realização deste trabalho é o estudo de caso com pontes muito solicitadas e importantes pra comunidade, que através do guia de inspeção implantado foram avaliadas para se ter conhecimento do seu real estado de conservação, algumas com a realização de ensaios dinâmicos para uma melhor compreensão.

1.3. Objectivos

A presente dissertação teve como objetivos identificar os sistemas de gestão de obras de arte, assim como identificar as principais anomalias que podem ser observadas nas pontes e nos viadutos nos três principais materiais constituintes, ou seja, alvenaria de pedra, betão armado e estrutura metálica. Ainda assim, através de técnicas de inspeção, perceber o real estado de manutenção e de conservação dos seus componentes.

Pretende-se alertar para a importância de conhecer o real estado de manutenção e de conservação das obras, de modo a poder-se atuar de forma eficaz. Além de prevenir da importância de todos os tipos de inspeções e da forma como elas são realizadas, por pessoas habilitadas e com periodicidade adequada, para assim proporcionar segurança a todos os utilizadores.

É apresentado um guia de inspeção proposto para Câmara de Leiria com as principais diretrizes para a realização do inventário e da inspeção de rotina em pontes e viadutos, salientando as anomalias que podem verificar-se, de acordo com o material constituinte do elemento a ser avaliado.

Para alcance destes objetivos e com a intenção de comprovar a proposta realizada, efetuou-se um estudo de caso em cinco obras de arte da cidade de Leiria. De modo a efetivar os procedimentos de caracterização da obra de arte através do inventário e inspeção rotineira. Isto se dá, por meio de uma ficha de inspeção destinada a cada modelo de ponte ou viaduto. Para a realização desses mecanismos foram elaboradas e utilizadas ferramentas de auxílio como roteiros e tabelas direcionando o modelo de avaliação para cada anomalia encontrada.

Por fim como objetivo final resultou numa avaliação geral do estado de conservação de cada obra de arte inspecionada. Em algumas obras selecionadas, foram realizados ensaios dinâmicos com vibrações ambientais e forçadas por meio de acelerómetros unidirecionais piezoelétricos e os resultados tratados como complemento para obtenção do grau de conservação.

1.4. Estrutura da dissertação

O estudo encontra-se estruturado em sete capítulos em conformidade com os objetivos referidos em subcapítulo anterior.

No presente capítulo é feita uma introdução ao tema da dissertação, o seu enquadramento, a motivação para sua elaboração e objetivos do estudo, expõem-se ainda a forma como o tema será abordado e como o estudo será conduzido.

No Capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica do tema, apresentando o conceito de obras de arte especiais, mostrando a funcionalidade de um sistema de gestão dessas obras em Portugal e no Brasil, ainda assim abordou-se o conceito de pontes. Para finalizar o capítulo foram retradadas quais as principais patologias consideradas em OAEs, diferenciadas por seus materiais constituintes.

No Capítulo 3 continuou-se uma revisão bibliográfica focada em inspeções e caracterização da estrutura, apresentando os seis modelos de inspeções, além de que como complemento abordou-se os tipos de ensaios realizados em obras de arte.

O Capítulo 4 propõe o guia de inspeção elaborado para a Câmara de Leiria. A realização desta proposta levou em conta algumas considerações de manuais e normas existentes sobre inspeções em OAEs. Foram apresentadas as propostas de inventário e inspeção rotineira, juntamente com algumas especificações e um roteiro para o seu preenchimento, além de tabelas diferenciadas pelo tipo de elemento e material com a descrição dos níveis do estado dos danos de cada patologia como auxílio na inspeção.

O Capítulo 5 compreende-se no estudo de caso da presente dissertação, o qual baseia-se na aplicação da metodologia proposta do guia de inspeção a casos reais, em cinco pontes

localizadas no concelho de Leiria de diferentes tipologias seleccionadas pela Câmara Municipal de Leiria. Assim neste capítulo é possível verificar o estado de conservação de cada obra estudada.

O Capítulo 6 refere-se a ensaios dinâmicos realizados em três obras inspecionadas, demonstrando o procedimento efetuado e os resultados obtidos, os quais contribuem para a compreensão do estado de cada obra. No entanto, uma das obras foi estudada minimamente para comparações referentes as vibrações excessivas e seu conforto mediante a passagens de peões.

No Capítulo 7, por fim, são apresentadas as conclusões do trabalho quanto aos resultados já mencionados e sugestões para desenvolvimentos futuros.

2. Obras de Arte Especiais

Neste capítulo, serão feitas inicialmente considerações sobre as obras de arte especiais, dando ênfase nos sistemas de gestão dessas obras em Portugal e no Brasil, abordando como o sistema funciona e é gerido. Em seguida, são feitas considerações sobre pontes e suas classificações de acordo com o material predominante. Posteriormente, são apresentadas as principais patologias encontradas em obras de arte diferenciadas pelo tipo de material das estruturas e a plataforma rodoviária.

As obras de arte especiais (OAEs) são estruturas de porte maior utilizadas em travessias de acidentes geográficos ou viários, tais como pontes, viadutos ou túneis. As pontes baseiam-se em obras com a função de transpor obstáculos dando continuidade à via. Geralmente os obstáculos são rios, braços de mar ou vales profundos, porém quando são vias ou obstáculos não constituintes por água essas obras são designadas como viadutos (Pfeil, 1983). Esses modelos de obras são exemplos comuns de infra-estruturas que possuem valor histórico e patrimonial para as localidades ou regiões, algumas vezes podem se tornar símbolos, não apenas pela função que exercem mas também por se tornarem uma parte integrante da paisagem onde se inserem (Maireles, 2010).

Assim pela grande importância para a comunidade em termos de transporte e valores patrimoniais as infra-estruturas requerem uma atenção especial, através de estratégias de conservação que garantem a sustentabilidade da utilização dessas estruturas ao longo do período de vida para o qual foram dimensionadas. A gestão de pontes tem o objetivo de colaborar no planejamento de ações corretivas nas questões de conservação e reforço de pontes, garantindo segurança e qualidade de serviço, otimizando os recursos disponíveis, porém este sistema de gestão não se baseia apenas na fase de serviço, mas também podendo existir desde a fase de concepção e projeto (Poças, 2009).

2.1. Gestão das obras de arte em Portugal

Em Portugal, a maioria das infraestruturas rodoviárias e ferroviárias são geridas pela empresa pública Infraestruturas de Portugal (IP, SA), sendo a maior concessionária rodoviária do país decorrente da união entre a Rede Ferroviária Nacional – REFER, E.P.E. (REFER, E.P.E.) e a EP – Estradas de Portugal, SA (EP, SA) sendo transformada em sociedade anónima e assim denominada como IP, SA. Após essa fusão consagrada no ano de 2015, essas obras passaram a ser geridas por uma única empresa, com estratégias conjuntas, integradas e complementares. A empresa tem por objetivo a conceção, projeto, construção, financiamento, conservação, exploração, requalificação, alargamento e modernização das redes rodoviárias e ferroviárias nacionais e, por fim, inclui o comando e controlo da circulação (IP, 2019). A IP dispõe de um maior número de obras de arte rodoviárias no seu património. De acordo com os dados de dezembro de 2017 do Sistema de Gestão de Obras de Arte da IP (SGOA IP), são 5.328 obras de arte que fazem parte do inventário da IP, porém mais de 472 obras são de outras entidades, mas possuem interferência com estradas pertencentes a IP (Póvoa, 2017). A Figura 1 demonstra a distribuição dessas obras pelo país.

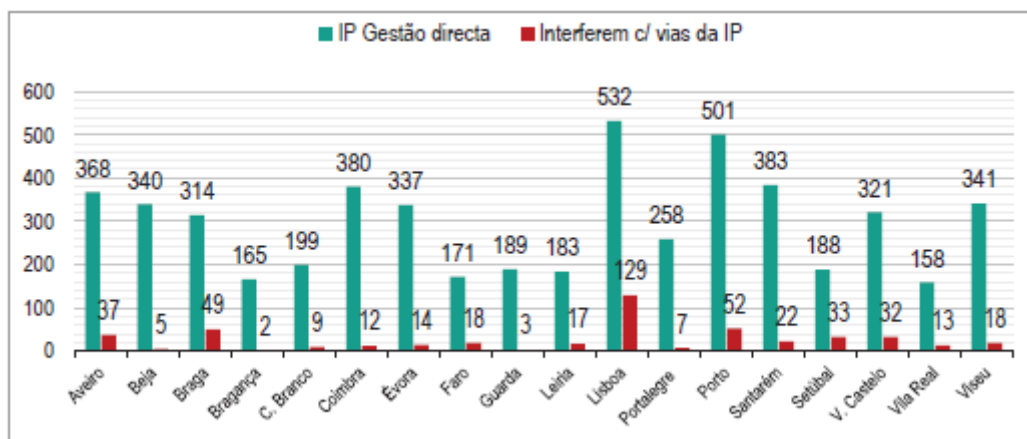


Figura 1 - Distribuição por distrito das obras de arte rodoviárias da IP ou que interferem suas vias (Póvoa, 2017)

Segundo Póvoa (2017) referente as tipologias das obras de arte rodoviárias, nota-se que as obras que predominam são de reduzidas extensões, com o betão como principal material e do tipo de passagens hidráulicas. As pontes correspondem a aproximadamente 19% quanto a tipologia do património, em relação aos materiais as obras de alvenarias possuem grande

influência, cerca de 35%, facto relacionado com a idade da rede rodoviária portuguesa. Porém as obras de grandes extensões relançadas com obras maiores que 100 metros, apresentam apenas 9%. O material como betão armado e betão armado pré-esforçado dispõem do domínio de 58%, isso se apresenta pelo fato da expansão considerável nas redes rodoviárias nos últimos 30 anos. Na Figura 2 é possível observar os três gráficos relacionados ao tipo, material e extensão.



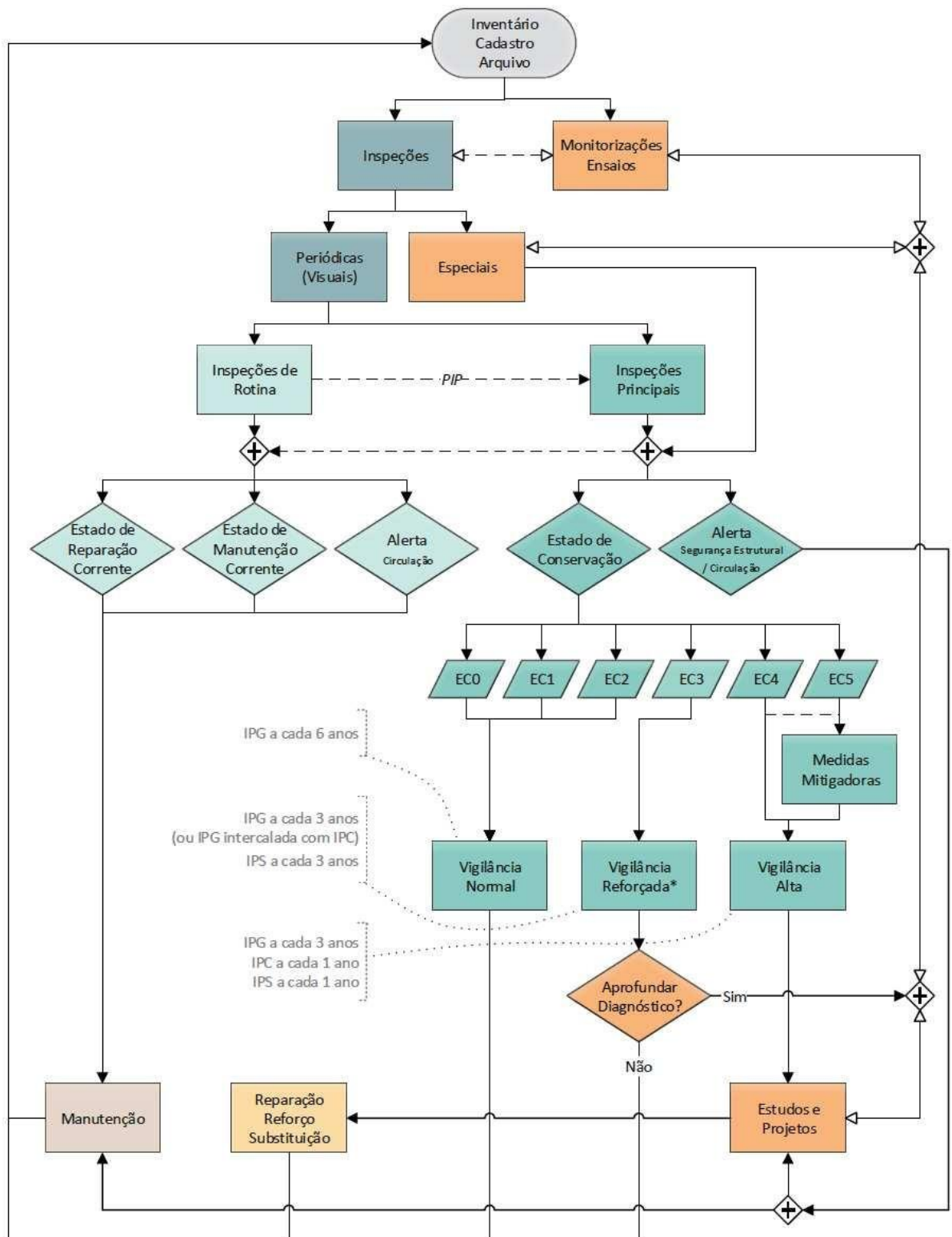
Figura 2 - Património de obras de arte rodoviárias da IP (Póvoa, 2017).

O gerenciamento do património de obras de arte rodoviários tem acontecido mediante um sistema de gestão de obras de arte que iniciou em meados da década de 2000. Desde essa época, este recurso vem sendo fundamental na gestão da conservação, principalmente para organizar e processar todas as informações relativas às obras. Nessa circunstância, foram estabelecidos procedimentos sistemáticos de acompanhamentos periódicos das obras de arte, especialmente na área das inspeções principais. As metodologias e os automatismos de trabalho que foram desenvolvidos nesse sistema aconteceram em sua maioria para as pontes correntes, nomeadamente as estruturas de betão armado ou de betão armado pré-esforçado, intervindo por sua maior relevância no conjunto da rede rodoviária (Pereira, 2018). Um novo sistema de gestão foi criado pela IP, no fim de 2017, que está sendo implementado progressivamente com o intuito da desativação faseada dos anteriores sistemas, os quais eram divididos em três seguimentos distintos: rodoviário, pontes ferroviárias e dos túneis ferroviários. Logo o propósito final é organizar e otimizar processos integrados na atividade principal da empresa sendo a exploração e manutenção das vias, unificar a ferramenta

fundamental de apoio à decisão e harmonizar culturas, linguagens e conceitos de ativos (IP, 2017).

De uma forma geral, o modelo operacional do SGOA IP condiz com quatro grupos de atividades distintas: inventário, inspeção e diagnóstico, estudos e projetos, e manutenção, reparação, reforço e substituição. O inventário trata-se de uma atualização permanente do parque de obra na área de gestão da rede, contendo os registos dos históricos provenientes dos trabalhos realizados nessas obras. De acordo com as inspeções e diagnósticos, a área de gestão de ativos responsabiliza-se por efetuar as inspeções periódicas às estruturas de modo visual. Por outro lado, em questões estruturais, são realizadas as inspeções principais, nas quais estabelecem medidas complementares de diagnóstico ou mitigação de riscos de segurança, ainda assim a determinação das prioridades que precisam ser intervencionadas refentes a reparação, reforço ou substituição. A área de gestão da rede possui a competência da realização das inspeções de rotinas efetuadas com frequências por inspeções visuais, para levantamento e execução das necessidades de manutenção e ainda requisições, caso seja necessária a realização de inspeções principais quando verificado anomalias estruturais relevantes. Para a atividade de estudos e projetos a área responsável é a de engenharia e ambiente, no qual verifica as necessidades detectadas nas inspeções, executando assim os projetos ou especificações de intervenção e estudos de investigação do diagnóstico. E, por fim, a manutenção, reparação, reforço e substituição das estruturas são competentes à área de gestão de rede que asseguram o correto funcionamento estrutural da obras (Pereira, 2018).

O SGOA IP possui diversas tarefas, interdepências operacionais e demanda de informação no seu desenho e operação. O fluxograma apresentado na Figura 3 indica as importantes fases e níveis de atuação associados ao método do SGOA IP. Nele, é resumido esquematicamente a correlação entre os grupos de atividades, porém, vale ressaltar que este sistema de gestão tem vindo a ser ajustado sucessivamente ao longo dos últimos anos.



* Consideram-se sob Vigilância Reforçada todas as O.A. que, tendo $EC \leq 3$, sejam Estruturas Tubulares em Aço, pontes metálicas ou túneis com mais de 100 anos, ou estejam sujeitas a Inspeções Subaquáticas periódicas.

Figura 3 - Fluxograma do SGOA IP (IP, 2017).

2.2. Gestão de obras de arte no Brasil

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) tem como objetivo implementar a política de infraestrutura do sistema federal de viação brasileiro, abrangendo sua operação em manutenção, restauração ou reposição, adequação de capacidade e ampliação mediante construção de novas vias e terminais. Os recursos para execução das obras são da união, ou melhor, o órgão é gestor e executor, sob a jurisdição do Ministério dos Transportes, das vias navegáveis, ferrovias e rodovias federais (DNIT, 2019a).

No Brasil o DNIT é o responsável por criar normas e manuais para gerir e monitorar as pontes, os viadutos e os túneis, em geral todas as obras de arte especiais das rodovias federais. Esses documentos na maioria das vezes também são seguidos por órgãos estaduais e municipais. Além disso, este departamento é encarregado inclusive do Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO) que exerce a função do cadastramento, avaliação e acompanhamento de 5114 estruturas localizadas em rodovias federais. Entre os anos de 2012 e 2015 foram realizadas vistorias para cadastramentos, com o principal objetivo de alimentar o SGO, efetuado este pela Coordenação Geral de Desenvolvimento e Projetos (CGDESP). Ao fim deste processo pode-se concluir que os exames técnicos alcançaram 4020 estruturas, com 14,65% em ótimas condições, 38,23% estão boas e 42,28% apresentam situação regular, como o gráfico da Figura 4 pode identificar.

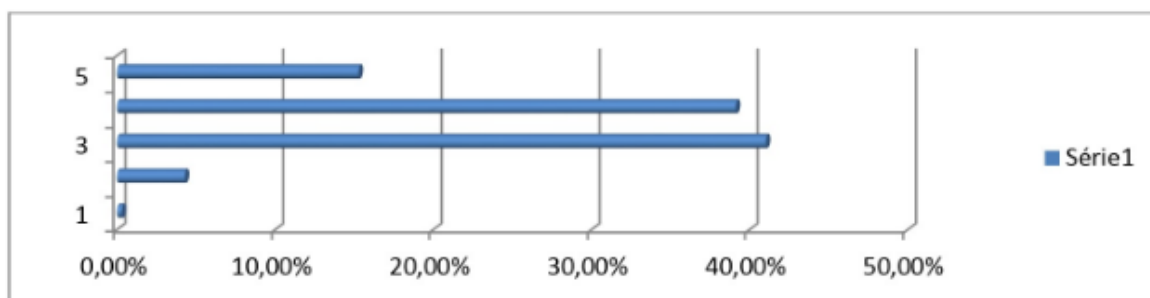


Figura 4 - Gráfico referente a situação das estruturas examinadas (DNIT, 2015).

Os aspectos principais analisados são referentes as especificações geométricas das estruturas, além de seus eventuais problemas estruturais como armaduras expostas, betão desagregado, fissuras, juntas de dilatação, entre outros. Das 4020 obras que receberam

visitas, após uma avaliação foi constatado que 589 delas mereceram nota 5, 1537 foram classificadas com nota 4, 1700 com nota 3, 181 resultaram na nota 2 e 12 estruturas obtiveram nota 1. Sendo que a classificação decorre da nota 5 que apresenta condições boas para nota 1 com avaliação precária. O sistema é composto de três subferramentas: SGO Mobile que reúne as anotações das vistorias de campo considerado “in loco”, SGO Inspetor que permite que o inspetor insira dados das vistorias como por exemplo fotos, croquis e vídeos no sistema por meio de um aplicativo disponível em tablets assim considerado no DNIT e SGO Web que disponibiliza os dados na internet. O SGO é um importante instrumento de gestão operado pelo DNIT para facilitar e ter um grande precisão nos trabalhos de conservação, manutenção e melhoria das rodovias ministradas (DNIT, 2015).

Em 2016, o DNIT implementou o Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas (PROARTE) sendo responsável pela promoção e gerenciamento de serviços de manutenção e de reabilitação das obras de artes integrantes da malha rodoviária federal. Esses serviços compreendem em serviços comuns, bem definidos e passivos de qualificação, segundo as práticas e especificações técnicas correntes estipuladas em normas e manuais pelo DNIT. Por outro lado, os serviços de reabilitação englobam o reforço e/ou alargamento, no caso são procedimentos que necessitam de um projeto executivo para serem realizados, tornam-se serviços um pouco mais complexos. Em 2019, o PROARTE pressupõe a recuperação e/ou manutenção de 1712 estruturas consideradas prioritárias, conforme definido pelos critérios técnicos estabelecidos no Plano Nacional de Manutenção Rodoviária (PNMR) (DNIT, 2019b).

2.3. Pontes

As pontes do ponto de vista funcional, em sua maioria, podem ser divididas em três partes principais: infraestrutura que são as suas fundações, mesoestrutura sendo seus pilares e encontros e a superestrutura sendo suas vigas e lajes. A laje recebe as cargas dos veículos e pedestres e as transfere para as vigas, que as transmitem para os pilares, por sua vez, os pilares recebem as cargas verticais e horizontais da superestrutura, transferindo-as para as fundações, que as transmitem para o terreno (Milani & Kripka, 2012). Desse modo a mesma possui os elementos estruturais, assim como as partes não estruturais, no qual englobam os

elementos utilitários como as barreiras de proteção, pista de rolamento, passeios, guarda corpos, juntas de dilatação, sistema de drenagem e aparelhos de apoio, entre outros. As partes principais constituintes de uma ponte/viaduto são indicadas na Figura 5.

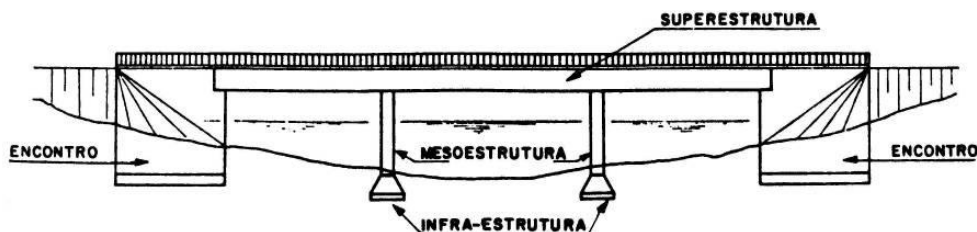


Figura 5 - Elementos de uma ponte (Pfeil, 1983).

Segundo Pfeil (1983) as classificações dessas obras podem ser realizadas de acordo com a sua finalidade, material, período de utilização e tipo estrutural. Ao se referir nos materiais utilizados nas pontes pode-se realizar esta divisão em três categorias principais: alvenaria de pedra, metálica e betão armado.

As pontes de alvenaria de pedra são estruturalmente formadas por abóbadas, muros de tímpano e pegões na maioria dotados de talha-mares. Esta categoria ainda possui obras que são objetos de trabalhos para a rede rodoviária e as demais podem ser consideradas como monumento nacional, sobretudo as ainda utilizáveis encontram-se em mau estado, necessitando sua reabilitação através de reparações, reforço e consolidações (Lobo, 2002).

As pontes metálicas exploram diversos modelos, desde pontes do tipo pênsil sendo no caso as suspensas, em arcos ou mesmo contínuas por um sistema reticulado de barras simples ou compostas com ligações soldadas, aparafusadas ou rebitadas, existem ainda outros esquemas estruturais diferentes, no entanto estes citados são os mais comuns (Meireles, 2010).

As pontes de betão podem ser constituídas por betão armado e/ou pré-esforçado, a categoria desse material atualmente é o principal modelo nas obras de arte. O pré-esforço surgiu como forma de mitigar a fissuração, visto que esta não pode ser suprimida, porque faz parte do fenômeno normal e intrínseco do funcionamento do betão (Santos, 2008).

As principais tipologias utilizadas são de pontes em vigas contínuas, em quadro ou pórticos e em arco ou abóbada. Ainda assim é comum notar atualmente a presença de pontes

suspensas por cabos, chamada de ponte estaiada ou atirantada, o modelo começou a ser construído na Europa na década de 60, sua principal solução é para vencer grandes vãos (Lencioni, 2005).

2.4. Principais Patologias

Uma parte da Engenharia que estuda os sintomas, causas, mecanismos e defeitos nas construções civis pode ser definida como patologia, sendo assim aquela que faz o diagnóstico do problema (Helene, 1992). Segundo Lorenço et al. (2009), em pontes e viadutos são verificadas anomalias de naturezas diversificadas, que se não tratadas adequadamente comprometem a funcionalidade estrutural, como quando ocorrem falhas e incorreções em uma das etapas de construção, o que causa desenvolvimento de patologias nas estruturas.

Souza e Ripper (1998) definem que as causas de deterioração nas estruturas podem surgir do envelhecimento natural da estrutura, dos acidentes, e também da irresponsabilidade de alguns profissionais que preferem utilizar materiais fora das especificações por razões económicas.

Outro motivo que pode gerar manifestações patológicas em uma estrutura é a ocorrência de catástrofes naturais que, devido ao carácter imprevisível, requisita uma capacidade resistente alta, que por sua vez pode ser maior do que a projetada (Lourenço et al., 2009).

Tendo em consideração que as patologias dos componentes das obras de arte variam em função do componente em causa, da sua função e do tipo de material (estruturas metálicas, betão e alvenaria), assim serão abordadas as principais anomalias referentes ao material utilizado.

2.4.1. Patologias em estruturas metálicas

- A corrosão é o principal mecanismo de degradação das pontes metálicas, causada pela interação do aço com o meio ambiente, no caso a água e o oxigênio do ar, e além disso a falta de pintura de proteção desses elementos. A existência de poluição biológica e detritos colabora para a ocorrência da corrosão. Este gênero de anomalia pode afetar de modo geral toda a extensão da estrutura, porém as zonas com mais incidência ao seu aparecimento são nas faces horizontais da estrutura, em lugares propícios a acumulações de água, detritos e em juntas de ligação entre elementos onde a aplicação da pintura de proteção pode ser deficiente (Pereira, 2018).
- A fadiga provoca o aparecimento da fissuração em peças lineares e chapas, e acontece sobretudo em consequência da repetição e alternância de tensões ao longo do tempo, sendo mais frequentes nas zonas de ligações entre elementos pela decorrência da concentração de tensões que a propiciam. Os fatores que contribuem para a ocorrência da rotura por fadiga decorrem do número de ciclos de tensão, amplitude desses ciclos, a intensidade e a orientação das tensões residuais (IP, 2018).
- Os elementos de ligação possuem papel fundamental nas estruturas metálicas pois são eles que transferem os esforços entre barras, as deficiências podem acontecer nas ligações rebitadas, aparafusadas e nas soldaduras. Nas ligações rebitadas a má cravação dos rebites é o fator mais comum de ocorrer, conseqüentemente poderá prejudicar na capacidade resistente da ligação, e assim não garantir a transmissão de esforço adequada. No caso das ligações aparafusadas a deficiência pode decorrer do afrouxamento das porcas e a falta de parafusos resultante de vibrações excessivas ou por montagem deficiente, a rotura dos rebites não é comum em pontes rodoviárias, mas pode acontecer em situações pontuais, principalmente quando a estrutura está com solicitações superiores ou imprevistas. Para as ligações soldadas poderão sofrer fissuração nas zonas localizadas, em virtude da existência de estados de tensão desfavoráveis ou em decorrência de defeitos da própria soldadura (IP, 2018).
- Os defeitos geométricos de peças da estrutura, com sinais de impacto são conseqüências de ações acidentais, causadas sobretudo por embates do tráfego, ocorrendo assim deficiências geométricas nas peças podendo ser locais ou globais. Os sinais de impacto são caracterizados por marcas na pintura e por configuração

geométrica irregulares, porém é importantíssimo averiguar se os danos comprometem elementos estruturais (Pereira, 2018).

- Os defeitos geométricos de peças da estrutura, sem sinais de impacto podem ser resultantes das manifestações de deformações dos elementos, sobretudo devido à encurvatura por esforços de compressão, e à escurvatura lateral, não sendo muito comum. Entretanto com o aumento das sobrecargas rodoviárias, em obras mais antigas, essas situações devem ser investigadas no âmbito da inspeção (IP, 2018). Em alguns casos as vigas metálicas apresentam ligeiros empenos, evidenciando um desalinhamento na ligação aos aparelhos de apoio. Essas ocorrências podem estar associadas a ação sísmica ou a um ligeiro desequilíbrio da superestrutura devido à falta de apoio, por assentamentos diferenciais das fundações dos pilares e/ou encontros ou pela degradação dos aparelhos de apoio (Pereira, 2018).
- A imobilização da translação em apoio móvel metálico pode ser causado pelo bloqueamento do aparelho de apoio móvel por falta de manutenção, no caso sua limpeza e lubrificação ou outro motivo é o deslocamento excessivo da estrutura, superior aquele para que foi concebido e dimensionado o aparelho de apoio, como exemplo as variações de temperaturas elevadas (Pereira, 2018).

2.4.2. Patologias em estruturas de betão

- O destacamento é muito comum no betão armado, pois esta relacionado com a corrosão das armaduras devido à carbonatação do betão e ao ataque dos cloretos. A carbonatação do betão é consequência da combinação do dióxido de carbono presente no ar e as bases do cimento hidratado, que resulta na diminuição do pH e deste modo na redução do efeito protetor das armaduras, assim a corrosão expande as armaduras (Pereira, 2018). Em relação ao ataque dos cloretos, os íons de cloreto têm a capacidade de romper a película passivante de óxido férrico que protege as armaduras. Este gênero de anomalia também pode estar associada à deformações pontuais de cargas excessivas, desagregações internas, impactos, reações expansivas (Souza & Ripper, 1998).
- A caracterização da fissuração como deficiência estrutural dependerá sempre da sua origem, intensidade e magnitude do quadro das fissuras existentes. Como o

betão é um material de baixa resistência à tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas superarem a sua resistência última de tração (Souza & Ripper, 1998). Desta forma essas fissuras estão associadas a tensões instaladas no betão armado, podendo ter várias direções (transversal, longitudinal e oblíqua), consoantes os diferentes tipos de esforços a que o elemento está sujeito (retração, flexão, esforços transversos, entre outros) (Pereira, 2018). Porém as causas para o surgimento dessa anomalia podem ser diversas, tais como deficiências de projeto, contração plástica do betão, assentamento e perda de aderência das armaduras, movimentação de fôrmas e escoramentos, retração do betão, deficiência de execução, reações expansivas, corrosão das armaduras, recalques diferenciais, variação da temperatura e as ações aplicadas (Souza & Ripper, 1998).

- A deterioração do betão pode ser gerada por diversos fatores, sendo os principais a desagregação que ocorre a perda da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento, assim acontecendo a separação física, através de fissurações, movimentação das fôrmas, corrosão do betão, calcinação e ataques biológicos. Outro fator é o desgaste do betão devido á abrasão decorrente por diversos agentes, sendo tráfego de veículos e peões, deslizamentos e impactos de objetos, erosão pela ação do vento, água e gelo, e a cavitação formando pequenas cavidades pelo escoamento de água com elevada velocidade (Souza & Ripper, 1998).
- A presença de vegetação e poluição biológicas evidenciam a falta de manutenção na estrutura, e atribuída a decorrentes infiltrações acarretam ruínas nas juntas de dilatação, desgaste ou tornando-as ineficaz (Ximenes, 2011). Essa patologia pode ser também encontrada em outros elementos da estrutura, como em fissuras e pontos fracos pode levar a deterioração mecânica pela presença e crescimentos de raízes de vegetação, e em superfícies do betão pode acelerar o processo de degradação em zonas com muita humidade ou solos contaminados.
- As eflorescências que se identificam por serem manchas esbranquiçadas, são resultantes da dissolução de alguns constituintes do betão que após a evaporação da água, conduzem ao aparecimento de depósitos de sais na superfície do betão. Outras manchas com diferentes cores e tonalidades que são encontradas na superfície do betão decorrem essencialmente pelas infiltrações, ação de cloretos, presenças biológicas e lixiviação de óxidos de ferro de armaduras oxidadas.

2.4.3. Patologias em estruturas de alvenaria de pedra

- A fendilhação em estruturas de alvenaria é uma anomalia muito presente, através do aparecimento de fendas longitudinais, transversais ou concentradas. Ainda associada a esta patologia poderá verificar-se também a abertura das juntas, o deslocamento ou destacamento dos materiais. No arco essas fendas são decorrentes ao excesso de carregamento ou vibrações na ponte ou à degradação do enchimento, as patologias geram-se devido à falta de capacidade de carga do arco para resistir a estes impulsos superiores, ou à perda de rigidez nas juntas pela sua degradação. Além disso essa anomalia pode estar associada aos assentamentos diferenciais das fundações (Pereira, 2018; C. A. R. e Silva, 2016).
- O arco pode ainda sofrer deformações significativas por efeito dos assentamentos dos apoios e encontros resultando no abatimento do arco e também dos tímpanos que pode assim acarretar abertura e escorregamento das juntas (C. A. R. e Silva, 2016).
- Com os impulsos laterais impostos pelo enchimento e a diminuição da resistência do elemento, como exemplo, através da presença de água e degradação do material, o tímpano pode sofrer diversas patologias como escorregamentos, embarrigamento, inclinação para fora do plano e abertura de junta entre tímpano e o arco. Porém a abertura de junta entre arco e o tímpano gera-se pela má ligação entre os elementos estruturais, causada pelas cargas excessivas nessa zona (C. A. R. e Silva, 2016).
- A degradação da chapa de proteção da base dos pilares deve-se sobretudo à corrosão, que tem como consequência a falta de proteção do material interior da base dos pilares, assim exposto as ações hidrodinâmicas que contribuem para sua erosão e desagregação. Em último caso, esta patologia pode levar à rotura do pilar. Outras anomalias comuns nos quebra-mares são a sua separação dos tímpanos, a fendilhação vertical, a abertura de juntas e perda de blocos (Pereira, 2018; C. A. R. e Silva, 2016).
- Como anomalias de durabilidade se destacam a erosão, desagregação e desgaste das pedras pela ação da chuva e do vento, e das partículas transportadas pelo ar, causando também uma perda de argamassa das juntas, favorecendo ainda outras anomalias como infiltrações. A perda de argamassa ocorre devido a perda de coesão

levando até ao seu desprendimento das pedras, além de serem causadas por fenómenos já mencionados, podem ocorrer pela presença de vegetação, circulação de água e ação dos seres vivos, por outro parâmetro, a qualidade da argamassa pode amenizar estes efeitos. As eflorescências, manchas e presença de vegetação e poluição biológica também se destacam como anomalias de durabilidade (Pereira, 2018).

2.4.4. Patologias diversas na plataforma rodoviária

As patologias mais importantes na plataforma rodoviária estão relacionadas à segurança da circulação do tráfego rodoviário ou pedonal. Nesse ponto de vista é fundamental avaliar a estabilidade dos guarda-corpos e guardas de segurança, assim como as juntas de dilatações e drenagens. Uma impermeabilização ineficaz da via superior e do tabuleiro que a suporta, a aplicação de juntas de dilatação inadequadas ou a má colocação dos elementos de drenagem contribuem para a ocorrência de corrosão na estrutura metálica ou a degradação do betão (Pereira, 2018)

- Os dispositivos de segurança geralmente sofrem danos através de possíveis impactos e a corrosão que propiciam a armaduras expostas e desagregação do betão ou por pintura de proteção deficiente (DNIT, 2011).
- Na pavimentação a abrasão, o impacto e a manutenção inadequada ou inexistente ocasionam o surgimento de buracos e trincas. Na junta de dilatação pode ocorrer sua deficiência devido ao projeto e/ou execução ou ainda ausência de manutenção, assim com infiltrações propiciam ao aparecimento de vegetações (DNIT, 2011).
- No aparelho de apoio pode ocorrer o seu esmagamento, em casos quando os mesmos são de neopreme, ocasionado pela deficiência de projeto e/ou execução (DNIT, 2011).
- A manutenção deficiente propicia ao acúmulo de material flutuante nos pilares, e a deficiência de drenagem nos encontros, acentuando a erosão no aterro de acesso (DNIT, 2011).

3. Inspeções e caracterização do estado de conservação

Neste capítulo são descritos os seis tipos de inspeções realizadas em obras de arte, abordando seus objetivos e importância de cada modelo, bem como, quando se deve realizar cada tipologia e como proceder. Além de apresentar os ensaios que se enquadram nessas obras e nos modelos de inspeções.

O conceito de inspeções em pontes sempre existiu, com a sua efetiva prática variando entre simples inspeções visuais a formas mais complexas. Até meados do século XX, o número reduzido de programas de inspeção estava vinculado ao número reduzido de ponte e à falta de uma estratégia de manutenção regular. Após a primeira guerra mundial este cenário mudou em vários países, principalmente nos Estados Unidos e na Europa com ênfase em novas pontes e em minimizar os custos, mas com pouco esforço voltado para inspeção de ponte e atividades de manutenção. Posteriormente ao colapso da ponte de prata nos Estados Unidos em 1967, a inspeção passou a ganhar foco se tornando papel importante, em como devem ser realizadas e em que frequência (Figueiredo, Moldovan, & Barata Marques, 2013).

Entre os programas existentes de conservação de pontes, as inspeções assumem uma importância crucial, pois permitem obter os dados necessários para conhecer, em cada instante, o seu estado funcional, resistente e até mesmo estético. A manutenção e a conservação de pontes consistem sobretudo nos resultados obtidos nas atividades de inspeção. O recomendado é que as mesmas sejam realizadas por profissionais competentes e experientes para assim garantir uma elevada qualidade nas avaliações efetuadas. Por fim os profissionais devem estar munidos de manuais de inspeção que possuem detalhadamente uma descrição de diversas anomalias, referindo suas causas e as consequências que poderão advir da sua existência (Cruz, 2006a).

Ainda, segundo os autores, os principais objetivos das inspeções de pontes são garantir a sua segurança, identificar qualquer trabalho de manutenção, reparação e reabilitação que careça de ser realizado e assim fornecer uma base para o planejamento e financiamento dos trabalhos necessários. Atualmente, em todo o mundo, as inspeções de pontes são geralmente divididas em cinco categorias, as quais serão descritas nos subcapítulos.

3.1. Inventário

Esta etapa refere-se ao registo da obra, de uma maneira sistemática e organizada, quanto as características dessa ponte que tem a possibilidade de servirem de base ou interessar à sua manutenção e conservação. Dessa forma, o inventário consiste no primeiro passo para a futura realização de todas as atividades de gestão de pontes, o mesmo deve ser elaborado para todas as obras integradas no sistema e para aquelas que entretanto tenham sido objeto de alterações, esta etapa deve preceder a quaisquer trabalho de inspeção, manutenção ou conservação (Cruz, 2006a).

A entidade responsável pela obra tem de acordar quais informações pretende deixar disponíveis para consulta e classificação, uniformizando os critérios de localização, identificação e divisão por componentes das diferentes obras, antes de efetuar o inventário, facilitando, assim, todo o futuro processo de gestão (Cruz, 2006b).

O objetivo geral desta fase consiste, basicamente, na localização, identificação e descrição da ponte, conforme critérios preestabelecidos, de modo de alcançar uma base documentada que possibilite, com eficiência, realizar todos os procedimentos posteriores de gestão de pontes. Apesar que as informações necessárias podem variar com cada ponte, esta deve ser uniformizada o mais possível. Propõe-se, além disso, que seja suficientemente detalhada de forma a evitar situações futuras duvidosas. De maneira geral, o inventário é organizado em três partes: dados administrativos, dados técnicos e dados de constituição (Cruz, 2006b).

Através de todas as informações disponíveis registra-se os dados administrativos que permite localizar e identificar inequivocadamente a ponte, além de complementar com a indicação das entidades intervenientes na sua fase de projeto e construção, pois todo conhecimento poderá ser útil para recolha de outros tipos de dados. Nos dados técnicos devem ser registados a solução estrutural, como o tipo de estrutura, número de vãos, entre outros, e ainda as dimensões gerais, caracterização da via sobre a ponte e do respectivo tráfego e alguns dados sobre o meio em que a ponte se insere. Referente alguns equipamentos utilizados na estrutura, os mesmo devem ser mencionados a marca e o seu modelo, como as juntas de dilatação, aparelhos de apoio, dispositivos anti-sísmico, entre outros, pois essas informações são essenciais para a sua manutenção e conservação, sempre que possível é importante arquivar os certificados de qualidade e manuais de manutenção desses

equipamentos. Em relação aos dados de constituição, estes visam descrever e quantificar os materiais/equipamentos pertencentes as diversas partes da obra. As pontes, de modo geral, são divididas em vários componentes de constituição das partes físicas, que se diferenciam de acordo com a sua funcionalidade. Logo, deve-se identificar os componentes da ponte estudada e em seguida em cada componente realizar o registro de todos os materiais/equipamentos que o constituem, bem como quantificar. Essas informações podem ser obtidas pela consulta dos projetos de execução ou se caso não existir, através de uma recolha de dados em campo (Cruz, 2006b).

Contudo, é importante salientar que um inventário deve conter a data referente ao projeto da ponte, bem como as datas de construção e de intervenções ocorridas na estrutura, tais como reforço, ampliação, reparação e reconstrução (Graça, 2017).

Uma vez na posse de um inventário adequado e após a consulta da documentação de arquivo pertinente da obra a ser avaliada, pode-se passar para as etapas posteriores, nomeadamente à inspeção (Graça, 2017).

3.2. Inspeção de Rotina

Nas inspeções de rotina recomenda-se uma periodicidade de cerca de quinze meses, para permitir avaliar a influência das estações do ano no funcionamento geral da obra de arte e na degradação da mesma (Brito, 2001). O objetivo desta inspeção é analisar o estado de manutenção da ponte, o qual representa a boa ou má execução regular dos trabalhos de manutenção. O inspetor avaliará a qualidade da manutenção anterior realizada, bem como a necessidade de se realizarem trabalhos complementares. A manutenção difere-se dos trabalhos de reparação/conservação pela sua natureza, extensão e especificidade técnica, pois podem ser efetuados por pessoal menos especializado e sem recurso a equipamentos especiais (Cruz, 2006b).

Este modelo de inspeção baseia-se quase exclusivamente na observação visual, assim não é esperado encontrar qualquer anomalia estrutural importante na inspeção. A inspeção corrente deve ser planejada antecipadamente de maneira a obter melhor proveito de

determinadas circunstâncias como tráfego, condições meteorológicas, entre outros, que podem ajudar na detecção das anomalias (Brito, 2001).

De acordo com FHWA (2004) a inspeção de rotina não deve exceder um intervalo de tempo de vinte e quatro meses.

As inspeções de rotina são inspeções planejadas regularmente consistindo em avaliações para determinar a condição física e funcional da ponte, afim de observar quaisquer variações das condições iniciais ou previamente registradas, para assim garantir que a estrutura continue a satisfazer as condições de serviços cabíveis (FHWA, 2012).

A inspeção visual deve ser realizada por técnicos experientes e com formação adequada, sendo o método de inspeção mais econômico e importante, ainda assim fornece rapidamente uma visão geral da condição da estrutura, sendo o modelo de inspeção mais barato e mais confiável. Verifica-se que em torno de 80% das informações relevantes podem ser obtidas por inspeções visuais para aproximadamente 20% do total de custos da inspeção (CEB-FIB, 2002).

Segundo o mesmo autor, até o momento não foi comprovado ser rentável a substituição de inspeções visuais parciais ou totais por outros métodos de inspeção, pois os outros tipos disponíveis não são simples e tendem a ser caros se usados extensivamente, além de que o processamento de dados e a análise dos resultados podem ser complexas. Por conseguinte, tais métodos são normalmente utilizados em inspeções especiais e destinam-se a obter dados específicos, os quais não é possível detectar por avaliação visual.

De acordo com a norma do DNIT (2004b), as inspeções visuais na maioria das vezes incluem o uso de equipamentos para auxiliar a visão, como binóculos, lupas, câmaras fotográficas, fissurômetro, paquímetro entre outros, o uso deles conseqüentemente melhora o resultado final da inspeção; o registro fotográfico serve, além de caracterizar as manifestações patológicas e mapeá-las, no caso de dúvida com relação em algum item da vistoria, para evitar que o engenheiro precise voltar a campo, a norma afirma precisar no mínimo de seis fotos para registrar vista superior, vista inferior, vistas laterais e detalhes de apoios, articulações, juntas, entre outras.

Refente aos requisitos do inspetor, o mesmo deve-se aumentar de acordo com o nível de sofisticação da inspeção, a relevância desse fator não deve ser subestimada. A falta de experiência e de formação adequada implicam, por normas, num registro incorreto dos dados.

Uma inspeção eficiente exige uma preparação apropriada, incluindo revisão da documentação existente. E ainda impõe que os resultados das inspeções sejam devidamente e sistematicamente documentados e armazenados (CEB-FIB, 2002).

Segundo o DNIT (2004b), a inspeção deve incluir as seguintes observações, mas não ficar limitada a essas:

- Geometria e condições viárias

Verificar o alinhamento da obra, se o trânsito flui livremente e com segurança, quanto as vibrações e deformações excessivas, se há passeio para trânsito de pedestres. Em casos de pontes curvas verificar a superelevação e a superlargura. Em pontes de rios navegáveis verificar os gabaritos horizontais e verticais, se são satisfatórios e se há proteção, junto aos pilares, para choques de veículos e embarcações;

- Acessos

O estado da pavimentação dos acessos deve ser examinado para analisar a existência de irregularidades, como assentamentos ou asperezas incomuns, estes defeitos podem causar impactos indesejáveis de veículos na entrada da ponte. Apontar a existência ou não de placas de transição e seu estado de funcionamento. Devem também ser examinadas as juntas entre os acessos e a ponte, bem como, as saias de aterro, a drenagem e a continuidade das barreiras, na rodovia e na ponte;

- Cursos d'água

Deve ser avaliada se a seção de vazão disponível é suficiente, verificando se detritos e materiais flutuantes escoam livremente nos períodos de cheia e se há manifestação ou indícios de erosão. Havendo assoreamento ou retenção de materiais por apoios intermediários, deve ser solicitada a desobstrução do curso d'água. Havendo enrocamentos ou outras proteções nas margens e nos apoios intermediários, devem ser verificados sua integridade e funcionamento. Em todas as travessias, mas principalmente nas mais importantes, deve ser criado ou mantido um registro atualizado do regime dos cursos d'água;

- Encontros e fundações

Nas fundações diretas e superficiais deve ser verificado se há evidências de erosões ou descalçamentos. Um exame adequado somente poderá ser efetuado em época de águas baixas. Nas fundações em estacas devem ser anotados os comprimentos livres,

sem confinamento, e o estado das estacas, principalmente no trecho de variação do nível d'água. As paredes dos encontros devem ser examinadas para verificar a possível existência de trincas resultantes de assentamentos, desalinhamentos ou desaprumos provocados por pressões dos aterros de acesso. Anomalias no concreto e corrosão de armaduras devem ser pesquisadas;

- Apoios intermediários

Os pilares, maciços, paredes ou isolados, bem como as vigas de contraventamento, devem ser examinados para verificar a possível existência de sinais de degradação do concreto e corrosão de armaduras. Particularmente importantes e perigosas são as trincas e quebras de cantos nos topos dos pilares e uma possível degradação do concreto e das armaduras nas bases dos pilares;

- Aparelhos de apoio

Todos os aparelhos de apoio devem ser cuidadosamente examinados para verificação de seu estado e de seu funcionamento. Os aparelhos de apoio, que sofrem o reflexo de anomalias estruturais, tais como recalques de apoios, mau funcionamento de certos tipos de juntas de dilatação, movimentação de estrados esconsos, choques de materiais flutuantes nas grandes cheias, devem ser examinados para verificar se estão bem posicionados e alinhados, se podem mover-se livremente ou se a falta de conservação ou a presença de detritos também são causas de restrição. Os aparelhos de apoio metálicos devem estar isentos de ferrugem, bem lubrificados e com seus chumbadores em bom estado e os aparelhos de apoio elastoméricos não devem estar achatados, com faces abauladas e muito distorcidos;

- Superestrutura

- Em vigas e lajes maciças: verificar e anotar anomalias no concreto, tais como fissuras, trincas, deslocamentos, desagregações, disgregações, infiltrações e eflorescências, identificando suas causas prováveis, tais como drenagem deficiente, ausência de pingadeiras e trincas na laje. Verificar e anotar a existência de cobrimento deficiente, de armaduras expostas e de armaduras corroídas;

- Em caixão: as inspeções em estruturas em caixão somente serão completas e confiáveis se houver fácil e seguro acesso ao seu interior; se este acesso não existir, deve ser providenciada a execução de uma abertura na laje inferior, em posição adequada e, posteriormente, complementada a inspeção. Além de todas as

verificações relacionadas no item anterior, deve ser comprovada a existência de drenos em número suficiente e localizados em pontos baixos da laje inferior;

- Pista de rolamento

A pista de rolamento deve ser inspecionada para verificar se proporciona um tráfego fluente e seguro, se está íntegra ou incompleta, desgastada e trincada, se as declividades e a drenagem são satisfatórias, se há acúmulo de água na sua superfície e se a pista é escorregadia;

- Juntas de dilatação

As juntas de dilatação devem ser cuidadosamente inspecionadas, anotando-se seu tipo, sua integridade e capacidade de vedação e se está funcionando livremente, não prejudicadas por acúmulos de detritos; devem ser medidas suas aberturas, simultaneamente com o registo da temperatura ambiente;

- Barreiras e guarda-corpos

Inspecionar as barreiras para verificar se são as padronizadas, ou se são similares e oferecem proteção suficiente; registrar possíveis anomalias no alinhamento, no estado do concreto e no cobrimento e estado das armaduras;

- Sinalização

Verificar e registrar a existência ou não de placas de sinalização na entrada da ponte e de sinalização da pista;

- Instalações de utilidade pública

Existindo dutos de utilidade pública, quase sempre de execução posterior ao projeto e construção da ponte, verificar se os dutos estão bem fixados, se há vazamentos de água ou gás e se os dutos de eletricidade estão bem isolados.

3.3. Inspeções Principais ou Detalhada

Esse modelo de inspeção é utilizado para analisar defeitos estruturais com intuito visual pormenorizado e normalmente tem uma periodicidade de cinco anos, podendo, em casos

particulares ser inferior para ter em conta as características de uma determinada ponte, substituindo as inspeções correntes que com elas coincidam. Tendo em vista que nesse tipo de avaliação convém uma experiência e qualificação técnica dos inspetores, os sistemas de gestão de pontes incluem, em geral, um manual de anomalias onde estão identificadas as deficiências detectadas pelas várias equipas de inspeção ao longo dos anos. Deste modo, com base nos conhecimentos das diversas anomalias e com base nos critérios de classificação pré-definidos, é possível, uniformizar a avaliação por parte dos diversos inspetores. Em caso que geram incertezas referentes as causas, extensão ou gravidade da patologia deve ser solicitada a efetuação de uma inspeção especial, como será apresentado no subcapítulo seguinte (Cruz, 2006b; Graça, 2017).

A médio e longo prazo os danos menores, associados a um deficiente estado de manutenção, podem prejudicar a durabilidade dos materiais e equipamentos e, assim, comprometer a longevidade da própria estrutura. Estes correspondem a situações que estão relacionadas a procedimentos que podem ser realizados facilmente, de forma a melhorar o estado de funcionamento dos vários componentes da ponte, sendo assim, estando diretamente associados com trabalhos de manutenção. Em contrapartida os danos mais relevantes correspondem, basicamente, a um estado mais avançado de degradação, propriamente dito estado de conservação dos materiais/equipamentos, sendo em partes associados da má concepção ou da deficiente execução dos componentes das pontes, estas situações podem comprometer a curto e médio prazo a segurança estrutural e/ou a de tráfego, ou ainda ter uma evolução originando a custos elevados de reparação que podem ser evitáveis (Cruz, 2006b).

Nesta inspeção ficam identificadas as patologias mais graves que comprometem o bom desempenho dos diversos componentes da ponte, quer a nível de durabilidade quer ao nível da segurança. Na realização desta etapa é de especial importância que os registos dos dados sejam efetuados de maneira organizada e com base em procedimentos bem definidos, para evitar ambiguidades entre os diversos inspetores. Outro fator importante durante a realização desta inspeção, é que deve-se efetuar o registo completo, por componente, de todos os danos visíveis ou situações de funcionamento inadequado, conhecer as causas, prever a evolução da anomalia, conhecer os tipos e métodos de reparação e estimar os custos. Em caso de incerteza em relação à causa, extensão ou gravidade da anomalia deve-se solicitar a realização de uma inspeção especial, logo é possível efetuar análises técnicas específicas que permitem avaliar com segurança o real estado do componente e propor o serviço mais

aconselhável para solucionar a sua correção. Podendo haver casos de má concepção/execução que os custos de reparação dos materiais/equipamentos podem exceder os de substituição do próprio componente (Cruz, 2006b).

Segundo o mesmo autor, os serviços de reparação e conservação são geralmente definidos nos sistemas de gestão de pontes com custos unitários e têm associado um caderno de encargos, onde são, frequentemente, descritos todos os procedimentos para a correta execução dos trabalhos.

Por fim, é necessário, qualificar e quantificar, por componente, o estado de manutenção e o estado de conservação. Em relação ao estado de conservação este pretende traduzir o estado de deterioração, desgaste, má execução, má concepção, danificação, entre outros. Assim entende-se que o estado de conservação ótimo corresponde a componentes acabados de construir, com boas condições de concepção e execução, enquanto que o pior estado de conservação corresponde a situações que podem pôr em risco a segurança estrutural e de tráfego da ponte (Cruz, 2006b).

Os resultados obtidos através da inspeção detalhada, sob a forma de relatórios, serão uma base técnico/econômica relevante para planejar as atividades de gestão das pontes, individualmente ou no seu conjunto. Essas informações permitirão calendarizar as atividades para o momento mais oportuno, fornecendo ao dono da obra um base para fazer orçamento preliminar dos trabalhos de reparação a realizar num período de cinco anos e para ordenar a lista das pontes que requerem intervenção, através das prioridades estabelecidas pelo dono da obra. Esses relatórios poderão, inclusive, ser empregados para a elaboração de estudos estatísticos e outros tipos de análise que interessem às boas práticas de gestão do parque de pontes (Cruz, 2006b).

Na inspeção detalhada para além da observação visual direta pormenorizada, recorre-se a ensaios *in situ* não destrutivos de fácil e rápida execução para investigar todos os detalhes que, numa análise prévia, possam ser suscetíveis de causar problemas. Também tem a possibilidade de utilizar de meios de acesso especiais, se tal for considerado indispensável (Graça, 2017).

3.3.1. Ensaios em pontes

Os ensaios em pontes são considerados um complemento importante às inspeções e uma fonte de informação quantitativa valiosa, reduzindo a subjetividade inerente às inspeções. Os ensaios disponíveis podem ser classificados em três grandes grupos: ensaios não destrutivos, ensaios parcialmente destrutivos e ensaios destrutivos. Na inspeção detalhada têm ênfase os ensaios não destrutivos, que são os mais usuais na avaliação em pontes. Os ensaios não destrutivos (END) são realizados sem danificar o betão, e permitem avaliar após a construção se a estrutura está em condições de desempenhar as funções para as quais foi concebida e permitem também a monitorização contínua da estrutura ao longo do seu tempo de vida útil (Medina, 2013).

Esse tipo de ensaio é um campo multidisciplinar com o desenvolvimento de medições técnicas para caracterizar os materiais, componentes e estruturas sem danificar a sua integridade, o END está incluído em inspeções de ponte como um meio de avaliação da condição estrutural. Normalmente, as técnicas de medição são baseadas no visual, ultrassom, radiografia, termográfica, eletromagnético, e métodos ópticos (Figueiredo et al., 2013)

Ainda, o número de tecnologias de inspeção tem aumentado rapidamente nas últimas décadas, algumas das técnicas atuais já estão sendo utilizadas, podendo dividi-las por categorias de avaliações:

- END utilizados para caracterização não estrutural

Esses ensaios são baseados nos três principais, os fissurômetros que avaliam as medidas e evoluções das larguras das fissuras, a termografia infravermelha que realiza a identificação de pontes térmicas por imagens de infravermelha e avaliação da umidade dos materiais por condutividade elétrica.

- END utilizados para caracterização estrutural

Esta categoria pode ser dividida em três ramos, ensaios para caracterização geométrica, ensaios relacionados com a caracterização de propriedades mecânicas e detecção de defeitos e os ensaios de cargas.

Entre os ensaios para caracterização da geométrica, o ensaio que se destaca é o pacómetro que efetua a detecção de armaduras pela alteração dos campos magnéticos causado pela presença de aço, identificando a localização e direção das armaduras, além de permitir

avaliar o diâmetro e recobrimento. Entretanto possui o teste radar de impulso conhecido como GPR (Ground Penetrating Radar), sendo um método que emite e recebe ondas eletromagnéticas para o subsolo, e, por conseguinte, para detectar a posição das barras de reforço ou dutos no betão protendido, além de fissuras, vazios, recobrimento. Porém esse método não é simples e torna seu uso oneroso (Medina, 2013).

Os ensaios relacionados a caracterização das propriedades mecânicas e defeitos são diversos, porém serão mencionados os mais usuais e ativos nos trabalhos da inspeção (Figueiredo et al., 2013; Medina, 2013):

- Extração e ensaio de carotes, é basicamente realizada para determinar a qualidade do betão ou observar os materiais constituintes. As amostras são ensaiadas posteriormente em laboratórios. Apresentando como vantagem a relação de ser um dos ensaios mais fiáveis;
- Esclerómetro Schmidt (Figura 6), utilizado principalmente para avaliar a dureza da superfície, assim correlacionando com a resistência do betão. Porém pode ainda ser usado com o objetivo de detectar a existência de betão delaminado;



Figura 6 - Esclerómetro Schmidt (Medina, 2013).

- Teste *pull-off* (Figura 7), conhecido como ensaio de arrancamento que consiste na extração de um pequeno disco de betão mediante a aplicação de uma força de arranque, sendo que a força indica a resistência à tração do betão;

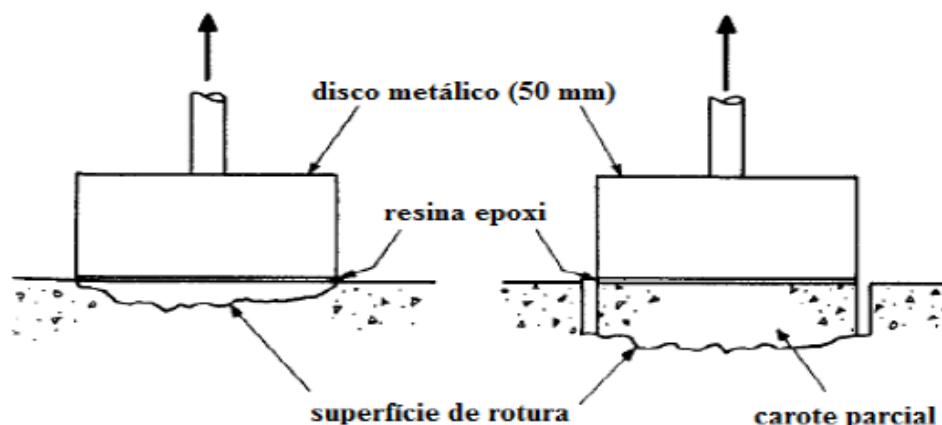


Figura 7 - Ensaio Pull-Off, superficial e carotagem parcial (Medina, 2013).

- Ensaios ultra-sônicos conhecido como Pundit Lab (Figura 8), baseiam-se em um equipamento gerador de ultra-sons ligado a um emissor e um receptor que através do tempo e distância percorrida calcula-se a velocidade média da onda que correlacionam com a resistência do betão;



Figura 8 - Ensaio com ultra-sons, LEBA equipamento.

- Resistência de penetração ou Pistola de Windsor (Figura 9) - usado para medir a dureza da superfície, portanto o ensaio baseia-se na sua correlação com a profundidade de penetração e a resistência do betão e das camadas superficiais próximas do betão, ocasionado por acionamento por pólvora;



Figura 9 - Pistola de Windsor

- Teste de medição da profundidade da carbonatação, usado para determinar se a umidade atingiu a profundidade das barras de reforço, o que provocaria a corrosão;
- Teste de permeabilidade é utilizado para medir o fluxo da água através do betão;
- Teste radiográfico usado para detectar defeitos em injeções de cabos de pré-esforço, localizar fissuras e vazios no betão, consiste num emissor de raios-x acoplados em geral a um veículo, a medida que se move pode-se analisar as imagens em tempo real pelo monitor;
- Termografia por Infravermelho já mencionado anteriormente pode ser usado para detectar vazios, delaminação, e outras anomalias no betão, bem como para detectar os pontos de entrada de água em edificações; e,
- Método de potencial elétrico (half-cell): usado para detectar o potencial de corrosão das barras de reforço no betão.

As avaliações não destrutivas estão se tornando cada vez mais popular, assim aumentando o campo na área de inspeções visuais, cada técnica tem suas vantagens e desvantagens, com a combinação de vários métodos pode produzir um melhor resultado e com mais eficiência (Figueiredo et al., 2013).

Os ensaios de cargas são usados com o objetivo de caracterizar o comportamento da estrutura como um todo, existem fundamentalmente dois tipos de ensaios, os de diagnóstico que incluem os estáticos, pseudo-dinâmicos e os dinâmicos e o outro tipo são os ensaios de provas de carga (Medina, 2013).

Para o modelo de inspeção detalhada, o mais adequado é o ensaio de diagnóstico através de ensaios dinâmicos por ações ambientais, por ser considerado o mais simples e não exigir um equipamento para a introdução de força de excitação.

Nos ensaios dinâmicos usam-se acelerômetros (Figura 10) criteriosamente posicionados ao longo da estrutura, que permitem medir a resposta da estrutura e determinar parâmetros dinâmicos, tais como frequência e a configuração dos modos de vibração e os coeficientes de amortecimento.



Figura 10 – Acelerômetros unidirecionais piezoelétricos em um cubo metálico nas três direções.

Este ensaio, trata-se do mais usual em pontes, medindo a resposta da estrutura às ações dinâmicas que normalmente estão sujeitas como a ação do vento e tráfego. Além disso o ensaio é efetuado com a ponte em serviço, o que se torna uma principal vantagem.

O resultado deste ensaio consiste no princípio de que as frequências e os modos de vibrações de uma estrutura são funções da massa e de rigidez da mesma, caso sejam introduzidos danos numa estrutura a massa permanece a mesma, caso contrário da rigidez que altera, logo alterando também as frequências e os modos de vibrações.

3.4. Inspeções de Danos (extraordinárias ou de acidentes)

Este modelo de inspeção não é programada, esta fora de um plano de inspeções, dependendo de um evento que a estrutura tenha se submetido, pode-se chamar de extraordinária pelo fato

de apenas realizar-se quando acontecem danos estruturais repentinos. As inspeções de danos consistem em avaliar os danos estruturais resultantes de causas ambientais, como inundações, vendaval, sismos, entre outros, ou acidentais por grande impacto em determinados componentes afetados (Silva, 2016).

Estas inspeções têm as mesmas características das inspeções principais e seu alcance deve permitir a necessidade de intervenções de emergência, por exemplo a restrição de introdução à carga ou o encerramento da ponte ao tráfego, condicionando a estrutura (Cruz, 2006b).

Qualquer obra que tenha sido sujeita a um sismo ou uma cheia de grandes proporções, ou outro acidente potencialmente danificador deve ser imediatamente objeto de uma inspeção principal extraordinária (Cruz, 2006b).

3.5. Inspeções Especiais

A inspeção especial é requisitada quando necessária, posteriormente a uma inspeção principal, ou raramente, de uma inspeção de rotina. Este tipo de inspeção não possui caráter sistemático ou periódico, pois não corresponde a uma estratégia estudada com antecedência. Este modelo é proposto quando se verifica uma anomalia cuja causa, extensão ou gravidade se desconhece, ou se conhece com um grau de incerteza, mas sua avaliação é considerada fundamental para garantir a segurança e/ou durabilidade da estrutura (Cruz, 2006b).

Pode-se dizer que, potencialmente, todos os métodos de diagnóstico *in situ* podem vir a ser utilizados, ainda que uma cuidadosa limitação de custos deva ser encorajada. Como é óbvio pela sua definição, esta inspeção não é periódica e não pode ser prevista a longo prazo. O que a origina é detecção de anomalias que possam pôr em causa a segurança estrutural ou a capacidade da estrutura de realizar a função para qual foi concebida. Portanto, uma avaliação estrutural pode ser a maneira de controlar o comportamento global da estrutura após um acontecimento fora do vulgar (Brito, 1992).

De acordo com Brito (1992), uma avaliação estrutural é, em geral, o resultado da detecção de uma anomalia estrutural ou funcional grave durante um inspeção visual ou detalhada. Ainda sim, pode vir a ser necessária se estiver a considerar as hipóteses de reforçar a estrutura ou

alargar o tabuleiro. Os resultados esperados desta inspeção são a caracterização das anomalias estruturais, uma estimativa de vida útil residual da obra e uma estimativa da sua capacidade resistente atual.

Os objetivos de uma inspeção especial podem ser múltiplos e dependem do que for solicitado. Deseja-se conhecer com rigor o estado de conservação dos componentes de uma ponte, de maneira a propor, com uma base sólida, os trabalhos, ou o projeto de reparação, mais prudente. Para adquirir este melhor conhecimento, poderão ser realizados alguns trabalhos, conhecidos como ensaios de cargas, conforme será apresentado no próximo subcapítulo 3.5.1., além de outros ensaios mais complexos. O tipo e número de ensaio deve ser definido em função dos resultados pretendidos, a precisão exigida, a extensão da estrutura, as condicionantes de tempo e a verba disponível, podendo a sua aplicação ser generalizada ou restrita a alguns elementos da estrutura. Dados os elevados custos envolvidos neste tipo de inspeção, é indispensável uma escolha racional dos testes a realizar e equipamentos a utilizar. Optando por ensaios e equipamentos mais indicados para cada tipo de caso, por forma que a inspeção especial seja conclusiva, em relação ao que se pretende avaliar, entretanto sua escolha sempre deverá ser aceita pelo consentimento do dono da obra (Cruz, 2006b).

Através dos resultados obtidos neste tipo de inspeção, deverá ser definida uma estratégia de reparação ou acompanhamento da obra, que poderá proceder pela execução de um projeto de reabilitação ou pela monitorização das anomalias e do comportamento estrutural (Cruz, 2006b).

A equipa de inspeção deve ser comandada por um técnico superior especialista com largos conhecimentos do tipo estrutural da obra de arte a inspecionar, das técnicas de construção e materiais utilizados na mesma. O restante do pessoal deve ter um grau muito elevado de especialização, em função dos ensaios previstos (Brito, 1992).

3.5.1. Ensaios de cargas

Os ensaios de cargas são utilizados para analisar o comportamento da estrutura como um todo, são diferenciados em dois modelos de ensaios, os de diagnóstico que incluem os

estáticos, pseudo-dinâmicos e os dinâmicos e o outro tipo são os ensaios de provas de carga, como mencionado anteriormente (Medina, 2013).

De acordo com Medina (2013), os ensaios de diagnóstico realizam-se com cargas conhecidas e consistem basicamente em comparar os resultados previstos numericamente com os resultados obtidos durante o ensaio. Entretanto os ensaios de provas de cargas são menos usuais e destinam-se a determinar a carga máxima que a ponte pode suportar, compatível com seu funcionamento em regime linear. Por tanto, segue uma breve descrição dos ensaios:

- Ensaios de diagnóstico

Nos ensaios estáticos recorrem-se a veículos com peso conhecido, criteriosamente dispostos no tabuleiro com a intuito de gerar esforços ou deslocamentos máximo nas seções críticas. Para os ensaios pseudo-dinâmicos é utilizado um veículo que se move lentamente ao longo da ponte, com objetido de obter linhas influências reais. Por fim os ensaios dinâmicos, já apresentado no subcapítulo 3.3.1.

Contudo existem basicamente três tipos de ensaios para caracterização dinâmica das estruturas, os ensaios de vibração forçada, com controle das forças de excitação, os ensaios em regime livre e ensaios da estrutura às ações ambientais, que correspondem às condições normais do seu uso. O primeiro tipo de ensaio é mais usual em estruturas de pequenas dimensões por exige o uso de equipamentos geradores de vibrações que, no caso de pontes de dimensões apreciável, são dispendiosos. No ensaio de regime livre é imposto um deslocamento à estrutura, geralmente por cabo repentinamente libertado, medindo assim a resposta da estrutura após a libertação do cabo, ou seja, em regime livre. Logo trata-se de um ensaio adequado para a avaliação dos coeficientes de amortecimento, apesar de que os outros tipos também permitam fazer. No último modelo de ensaio, trata-se do mais usual em pontes, este mede a resposta da estrutura às ações dinâmicas que normalmente estão sujeitas como a ação do vento e tráfego, dessa forma sendo mais simples comparado com os anteriores, pois não exige o uso de equipamentos para introdução de forças de excitação. Além disso o ensaio é efetuado com a ponte em serviço, o que se torna uma principal vantagem. Os métodos para determinação dos modos de vibração neste tipo de ensaio, são usualmente designados por métodos de identificação modal estocáticas.

O conceito destes ensaios baseia-se no mesmo princípio do ensaio dinâmico já apresentado anteriormente, de que com a alteração da frequência e dos modos de vibrações consegue-se analisar os danos na estrutura.

- Ensaio de provas de carga

As provas de carga são feitas sempre que se deseja determinar por via experimental a sobrecarga máxima que uma ponte pode suportar em condições de segurança, ou seja, que a mesma não sofra danos algum, especialmente poderão ser úteis em casos que haja falta substancial de informação da estrutura. Porém se consiste em um ensaio muito delicado pois pode introduzir danos irreversíveis, assim são realizados cuidadosamente. Sendo basicamente descrito por ser um ensaio que consiste em carregar a ponte com uma carga de valor crescente até que haja sinais de que a estrutura está a entrar em regime não linear. No decorrer do ensaio deve-se medir as deformações decorrentes das cargas. Assim a ponte é devidamente monitorizada à medida que a carga aumente, interrompendo-se o ensaio logo que se cumpra o critério de paragem previamente estabelecido. Levantamentos topográficos de precisão antes e depois do ensaio permitirão avaliar eventuais deformações residuais não recuperadas. Contudo o princípio deste ensaio baseia-se na medição de deformações impostas a estrutura pela introdução de cargas, permitindo avaliar o desempenho e obter valores com confiabilidade para pontes antigas sem projetos, além de permitir avaliar os efeitos da fadiga durante os ciclos de cargas e descargas, sendo aplicados de forma controlada.

3.6. Inspeção Subaquáticas

Uma inspeção subaquática representa a avaliação da parte submersa da infraestrutura de uma ponte que não pode ser inspecionada visualmente no período de vazão mais baixa ou por sondagem, requerendo geralmente mergulhos ou outros procedimentos adequados. As inspeções subaquáticas são parte integrante de um plano total de inspeção de pontes (FHWA, 2012).

Segundo Cruz (2006b), vários fatores influenciam o critério de seleção das pontes, que devem ser submetidas a inspeções subaquáticas, bem como a frequência que elas devem ser

executadas. Este tipo de inspeção deve ser realizado num intervalo de tempo de cinco anos no máximo para pontes supostamente, em bom estado e situadas em ambientes não particularmente agressivos, outra periodicidade de menor intervalo poderá ser definida em face do estado de conservação da obra ou da ocorrência de situações excepcionais indicando alterações geométricas ou estruturais detectados em outro tipo de inspeção. Alguns dos fatores a considerar na fixação dos intervalos das inspeções subsquáticas e os níveis em que estas inspeções devem ser conduzidas são referentes a sua idade, material, sistema estrutural global e da infraestrutura, existência de construções próximas, como barragens, diques e marinas, que podem alterar o regime de escoamento, probabilidade de erosões no leito das linhas de água ou albufeiras, ambientes agressivos, tal como águas marinhas ou poluídas e eventuais danos provocados por embarcações ou materiais flutuantes. Nas obras que necessitem uma vigilância especial, pode fixar-se uma periodicidade inferior como mencionado anteriormente, temos como exemplo os seguintes casos: fundações muito expostas à ação do escoamento; alterações significativas do leito do rio em resultado de modificações das condições hidráulicas do curso de água; existência de obras na zona de influência da ponte, que fazem temer uma evolução desfavorável para a estabilidade dos apoios; construção de barragens a montante da ponte; entre outros.

As inspeções subaquáticas são divididas por níveis, obedecendo três padrões reconhecidos internacionalmente, como nível I sendo a inspeção visual e tátil, nível II a inspeção detalhada e com limpeza parcial e por fim nível III referente a inspeção altamente detalhada e com testes não destrutivos (Cruz, 2006b).

As inspeções subaquáticas, devido às características de natureza pluridisciplinar, envolvendo a análise estrutural, hidráulica, geotécnica e geológica, devem ser planejadas, programadas, supervisionadas e interpretadas por Engenheiros com experiência e competência comprovadas no domínio das pontes e estruturas especiais. Logo estas dever ser efetuadas com o rigor e o profissionalismo necessários para que, após sua concretização, nenhuma dúvida possa ser levantada sobre as reais condições dos elementos imersos ou imersíveis. Em princípio, é conveniente, por razões económicas, que este tipo de inspeção seja realizado em época de estiagem. Por fim, sempre que os elementos estruturais de uma ponte, mesoestrutura e infraestrutura, fiquem permanentemente submersos, devem ser previstas este modelo de inspeção, assim devem realizar-se com particular preparação e cuidado considerando que o estado aparentemente normal da obra pode ocultar certas falhas (Cruz, 2006b).

De acordo com Cruz (2006b), recomenda-se não dissociar a inspeção das fundações submersas do restante da ponte, pois os danos na estrutura são por vezes imputáveis a anomalias na sua fundação. A existência destas patologias poderá, eventualmente, ser detectada pelos danos que aparecem na estrutura, por exemplo, em questão dos assentamentos e deslocamentos. Por esta razão, é necessário que as equipas responsáveis pela observação das fundações tenham conhecimento prévio dos relatórios das inspeções realizadas para o resto da obra e vice-versa.

4. Proposta de Guia de Inspeção

No presente capítulo serão feitas considerações sobre alguns manuais e normas já existentes sobre inspeção de pontes e viadutos, os quais foram importantes para criação da proposta de guia de inspeção. As fichas propostas para a realização do inventário e de inspeções de rotinas das Obras de Arte Especiais são apresentadas, assim como a forma de utilização e preenchimento, sendo descrito detalhadamente cada item da folha de acordo com seu material e a consideração de cada patologia para cada nível como maneira de auxiliar no preenchimento. Observações são realizadas quanto a alguns detalhes que não devem ser esquecidos no momento da inspeção. No próximo capítulo, é comentada e avaliada a aplicação da metodologia proposta a casos reais.

4.1. Considerações sobre Manuais e Normas existentes para inspeção de OAEs

Existem diversos manuais e normas internacionais, para inspeção de estruturas e, mais especificamente, para inspeção de pontes e viadutos. Apesar da grande diversidade encontrada, foram selecionados alguns mais tradicionais para serem analisados com mais cuidado, e assim após a consideração mais aprofundada, aplicar os itens mais importantes na metodologia proposta. Sendo possível considerar que nos últimos tempos, uma mudança significativa vem ocorrendo nesses manuais e normas.

Em análise foi considerada a metodologia americana de avaliação ao nível dos elementos, National Bridge Elements (NBEs) e Bridge Management Elements (BMEs), o manual de inspeção americano “Bridge Inspector`s Reference Manual” (FHWA, 2012) apresenta grande relevância pelo fato de estar testado e revisto, o mesmo foi criado no ano de 2002 e revisto em 2006 e 2012. Trata-se de um manual que se encontra em fase de utilização, está disponível e, que provem de um país que tem uma larga tradição e experiência na gestão de pontes com tudo o que isso envolve: existência de inventários e de bases de dados das pontes

nacionais (National Bridge Inventory, NBI); inspeções periódicas realizadas de forma sistemáticas às pontes, relatórios de inspeção e existência de *software* específico para apoio à gestão da informação e à tomada de decisão (FHWA, 2012; Graça, 2017).

Com vista à classificação da condição dos elementos da ponte, para além do manual “Bridge Inspector’s Reference Manual” (FHWA, 2012), foi também analisado o manual “Caltrans Bridge Element Inspection Manual” do estado da Califórnia (Caltrans, 2017). Este manual estipula quatro estados de conservação possíveis para avaliação de cada elemento, sendo associadas por cores que são representadas no cabeçalho das fichas. Assim para cada elemento existem tabelas com os diversos materiais possíveis e por fim outra tabela específica para esse dado elemento com um conjunto de anomalias possíveis de ocorrer e a descrição de cada grau de conservação a considerar.

Em relação a metodologia brasileira foi considerada a Norma DNIT 010/2004 PRO que dispõe sobre “Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento” sendo editada pelo Departamento Nacional de Infra-estrutura de transportes (DNIT). Ainda, considerou-se o “Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias” em sua segunda edição publicado pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias do DNIT, a presente revisão segue, principalmente, as orientações de uma vasta bibliografia do Federal Highway Administration (FHWA) e da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), onde pontifica o Bridge’s Inspector Training Manual / 90, editado pelo FHWA em 1991 e revisado em 1995. O presente manual tem dois objetivos principais, treinar engenheiros e profissionais de nível médio para realização de inventários e inspeção de rotina de pontes rodoviárias e servir de padrão de uniformização de procedimentos e práticas para determinar as condições de estabilidade, as necessidades de manutenção e a capacidade de carga das pontes rodoviárias. As pontes objetos deste manual poderão ser de alvenaria de pedra, de betão armado, betão pré-esforçado e de aço. O documento também apresenta fichas de inventário e de inspeção de rotina como base, além de instruções para atribuição das notas de avaliação (DNIT, 2004a, 2004b).

Em relação à metodologia europeia, considerou-se os regulamentos franceses, através do método de avaliação estrutural de obras de arte gerido pelo (Service d’Etudes Techniques des Routes et Autoroutes, SETRA) em questão da qualidade de imagem das Obras de Arte (IQA), a avaliação do IQA faz parte de um método de gestão de estruturas da rede rodoviária nacional não concedida, sendo que dois principais documentos orientam o

sistema, a “Classification des Ouvrages” (SETRA, 1996a) que fornece um indicador do estado médio de um conjunto de OA, a partir de uma avaliação de cada obra e o “Guide de Visite en Subdivision” (SETRA, 1996b) que ajuda nas visitas das pontes para a sua avaliação, para uma boa compreensão do sistema os dois documentos tem que trabalharem juntos. Além desses dois documentos, que tem o objetivo de organizar as avaliações, para cada tipo de obra tradicional possui um guia padrão que ajuda no ato das inspeções com uma lista dos danos mais comuns, para obras de tipologia diferentes que os guias não cobrem, a visita a obra deve ser efetuada por um especialista em obras de arte. O processo de avaliação divide a ponte em três partes constituintes que são estrutura, elementos de proteção e equipamentos, ou seja, a estrutura refere-se as partes de uma ponte que recebe cargas e as transmite para o solo de fundação, os elementos de proteção são dispositivos relacionados a obra que foram projetados para protegê-la contra agressões físicas e agentes externos e os equipamentos são os dispositivos adicionados à estrutura de suporte destinados a permitir a utilização pelo utilizador em condições satisfatórias de conforto e segurança, facilitar seu monitoramento e manutenção e ainda melhorar sua estética, como exemplo de equipamentos pode-se considerar, a camada de rolamento, passeios, dispositivos de drenagem, iluminação, entre outros. O objetivo final da IQOA é classificar cada obra em uma das cinco categorias designadas pelas seguintes denominações: classe 1, classe 2, classe 2E, classe 3 e classe 3U e avaliar adicionalmente se é urgente intervir para garantir a segurança do usuário com a marcação “S”. Sendo classe 1 obras em bom estado aparente, em contrapartida, a classe 3U corresponde a trabalhos que requerem intervenção urgente na estrutura de apoio. Logo destina-se as obras ao tipo de manutenção necessária para cada classe. As avaliações são analisadas e compreendidas pela “Cellule Départementale des Ouvrages d’Art” (C.D.O.A.) (SETRA, 1996a, 1996b).

Em análise à metodologia portuguesa, os manuais e normas referentes às inspeções em OAE’s se encontram em formação, a empresa pública Infraestruturas de Portugal (IP, SA) está em fase de desenvolvimento, assim, ainda não foi definido nenhum documento formalmente ao público, no entanto as empresas portuguesas, de modo geral, baseiam-se na metodologia francesa já mencionada.

4.2. Proposta de Guia de inspeção

A proposta de guia de inspeção é dividida em duas etapas, o inventário que é representado por uma ficha de caracterização e a inspeção de rotina pela ficha de inspeção diferenciada de acordo com o material principal da estrutura, os quais são apresentados por folhas.

As tabelas propostas foram elaboradas compilando-se informações tanto dos manuais e normas, quanto com a colaboração de profissionais com experiência em inspeções, além de que foram realizados testes durante o processo de elaboração das tabelas nas pontes que serão estudadas, assim os profissionais puderam fazer algumas considerações quando a necessidade de observação de alguns itens que necessitavam alterar ou adicionar nas fichas.

De modo geral, são propostas quatro fichas, sendo a 1ª ficha de caracterização podendo ser utilizada por todas as OAE, 2ª ficha de inspeção para estruturas em betão armado, 3ª ficha de inspeção para estruturas metálicas e a 4ª ficha de inspeção para estruturas em alvenaria de pedra.

4.3.1. Ficha de caracterização

A ficha de caracterização proposta é apresentada na figura 11. Na sequência um roteiro para o preenchimento das informações solicitadas nessa ficha também é apresentado.

O inventário é o registo sistemático e organizado da obra de arte, como já mencionado anteriormente. Assim inicia-se o preenchimento do mesmo pelos dados básicos, nomeadamente a identificação e localização da OAE. O código da obra é sugerido pela entidade responsável para uma melhor organização, em seguida são inseridos os dados tradicionais de qualquer obra, seu nome de projeto ou como a mesma é conhecida, aonde está localizada, como sua freguesia, lugar que refere-se a um local próximo, entidade que é responsável, o que essa ponte ou viaduto atravessa referindo-se por exemplo a um rio ou rua, a função da obra (podendo ser pedonal, rodoviária ou ferroviária) e por fim em relação ao seu projeto, se esta disponível para consulta, assim indica-se o projetista e o local onde o projeto está acessível.

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS

DATA: __/__/__

1- DADOS BÁSICOS	
IDENTIFICAÇÃO/LOCALIZAÇÃO	
Código da Obra: _____	
Nome (Ponte/Viaduto): _____	
Freguesia: _____	Lugar: _____
Entidade Responsável: _____	Atravessamento: _____
Função: _____	
Possui Projeto: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Projetista: _____ Arquivo: _____

2- DADOS SOBRE O TIPO DE ESTRUTURA E MATERIAIS	
Tipologia de ponte: _____	
Tabuleiro: _____	Estrutura: _____ Revestimento: _____
Superestrutura: _____	
Mesoestrutura: _____	Pilares: _____ Encontros: _____
Infraestrutura: _____	Fundação: _____ Muro ala: _____

3- DADOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS E ESTRUTURAIS	
Características da Pista	
Comprimento total (m): _____	Espessura da laje: _____
Largura total da pista (m): _____	Largura da faixa de rodagem (m): _____
Vias _____ Sentidos: _____	Aparelhos de apoio: _____
Berma: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Passeio: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Revest.: _____
Largura Berma (m): _____	Passeio (m): _____
Drenos: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Guarda Corpo: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Material: _____
Pingadeira <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Defensas: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Material: _____
Pré-esforço <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Tipo: <input type="checkbox"/> Pré <input type="checkbox"/> Pós Observação: _____

Número total de juntas: _____
Tipo de vedação: <input type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Tipo: _____
Número de tramos: _____ Tramo 1 (m): _____ Tramo 2 (m): _____ Tramo 3 (m): _____ Tramo 4 (m): _____
Tramo 5 (m): _____ Tramo 6 (m): _____ Tramo 7 (m): _____ Tramo 8 (m): _____
Extremidades: <input type="checkbox"/> Encontro <input type="checkbox"/> Balanço <input type="checkbox"/> Laje de aproximação
Estrutura em contato com a água: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Tipo: <input type="checkbox"/> Doce <input type="checkbox"/> Salgada

4- OBSERVAÇÕES	
IDADE/SERVIÇO (ano)	INSPEÇÕES (data)
Construção: _____	Reparação: _____ Rotina: _____ Especial: _____
Reforço: _____	Reconstrução: _____ Principal: _____ Frequência (anos): _____
Ampliação: _____	Evento Extremo: _____ Sem informação <input type="checkbox"/>
CARGAS	
Projeto tipo _____: _____ (_____)	Ponte condicionada: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Frequências (Hz)	Ponte fechada: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Modos de vibração: 1: _____ 2: _____ 3: _____	

Observações: _____

Figura 11 - Proposta de ficha de caracterização.

Os próximos dados a inserir são sobre o tipo de estrutura e materiais que a obra possui, a tipologia refere-se ao tipo da estrutura da obra, por exemplo, se a mesma é suspensa atirantada e simétrica, em arco de alvenaria de pedra, em pórtico entre outros. Por seguinte, referem-se aos elementos da estrutura, seu respectivos materiais e tipos, tendo como exemplo tipos pré-fabricados, pré-esforçados, caso seja metálico o tipo do perfil, entre outros.

O próximo item refere-se aos dados sobre as características funcionais e estruturais da OAE. A respeito das características do pavimento são descritas suas dimensões, assim como em relação a quantidade das vias e sentidos, e ainda se a mesma possui berma, passeio, guarda corpos, drenos e pingadeira e suas respectivas dimensões e tipos, caso a estrutura tenha um sistema de pré-esforço, refere-se o seu tipo. Além de identificar qual aparelho de apoio a estrutura possui, os dados a seguir estão relacionadas as juntas, suas quantidades e tipologia, relativamente se as mesmas são abertas ou fechadas, caso fechadas se são de asfalto, compressão, com fitas elastoméricas (neoprene) ou denteadas. Além disso referencia-se o número de tramos que compõe a estrutura e suas respectivas dimensões, por fim indicar o modelo das extremidades que a estrutura apresenta, e se caso a estrutura esteja em contato com a água, assim indica-se qual o tipo desta água.

No último item do inventário além das observações que podem ser inseridas a acrescentar o seu registo, constam alguns dados pertencentes a idade e serviços que a obra já obteve, inserindo o ano dos mesmos e as inspeções já realizadas na estrutura designando os tipos e inserindo as datas, caso obtenham informações sobre as mesmas. Além disto, insere-se a carga de projeto estipulada, indicando seu tipo de carga, valor e unidade, e as frequências nos seus três primeiros modos de vibrações caso conste no projeto. Para encerrar registra-se se a obra está condicionada ou fechada.

4.3.2. Fichas de inspeção

As fichas de inspeções propostas foram diferenciadas de acordo com o material/sistema contrutivo predominante na estrutura, portanto serão apresentadas três modelos de fichas, sendo destinadas as OAEs predominantes em betão armado ou pré-esforçado, alvenaria de

pedra e estruturas metálicas, as mesmas se modificam dos itens 1 ao 4, a partir do item 5 que corresponde a infraestrutura são equivalentes para os três modelos de fichas. Na sequência das três fichas (figura 12, 13, 14 e 15), um roteiro para o preenchimento das informações solicitadas nestas planilhas também será apresentado, acompanhado por tabelas diferenciadas por elemento e material, indicando as anomalias predominantes e sua classificação de acordo com os níveis do estado dos danos. Assim as inspeções possuem um padrão de avaliação.

Como referido anteriormente o objetivo desta inspeção é ter um indicador relativo sobre o estado de conservação/manutenção da ponte, assim a partir da inspeção visual é fornecido rapidamente uma visão geral da condição da estrutura e sua respectiva conservação.

As planilhas apresentadas estão divididas por itens que representam os elementos da estrutura, cada elemento está descrito por um conjunto de patologias possíveis de ocorrer. Três aspectos mais importante de cada patologia devem ser inseridos na ficha, referentes ao seu nível de dano na estrutura, o local que a anomalia se encontra ou alguma referência breve que ajude a identificar o dano e por fim o peso de importância relativa que essa patologia possui para o elemento, esse peso é designado com a colaboração de profissionais com experiência em inspeções e estruturas.

A metodologia proposta apresenta quatro estados para o nível de dano, que estão associados por cores, por ordem crescente do verde, azul, amarelo ao vermelho respectivamente sem dano, leve, moderado e grave. A classificação do grau de conservação do elemento é depois obtida em função do enquadramento de cada anomalia, na através de uma fórmula em que a soma da multiplicação dos níveis de dano com o peso de cada patologia dividida pela soma dos níveis de cada anomalia considerando o pior caso. É de salientar que caso o elemento em análise tenha dois níveis graves em patologias automaticamente o seu grau de conservação já se enquadra em nível de dano médio, porque quando o elemento apresenta nível médio a grave já é considerado como se o mesmo necessite de manutenção e uma atenção especial.

FICHA DE INSPEÇÃO DE PONTES E VIADUTOS BETÃO

Equipa técnica:

DATA: __/__/__

Legenda: Níveis ■ 0-Sem dano ■ 1-Leve ■ 2-Médio ■ 3-Grave

1 - PAVIMENTO (Asfalto e BA)	CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Fendilhamento			0,2
Fissuras			0,1
Exsudação			0,1
Desagregação/Desgaste			0,15
Delaminação/Destacamento			0,1
Deficiência da Junta de Dilatação			0,15
Manchas/Subida dos finos			0,1
Deformação			0,15
Passaios			0,1
Acesso a obra			0,05
Grau de conservação do elemento			0,00

2 - TABULEIRO	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras			0,15
Desagregação do Betão/Desgaste			0,1
Delaminação/Destacamento			0,1
Armadura Exposta/Cabos expostos			0,15
Manchas/Eflorescências			0,05
Deficiência na Junta de Dilatação Est.			0,15
Vegetações/Colonização biológica			0,05
Deficiência do Recobrimento			0,05
Deficiência do Sistema de drenagem			0,15
Danos devido ao impacto			0,05
Grau de conservação do elemento			0,00

3 - SUPERESTRUTURA (Vigas)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras			0,2
Armadura Exposta/Cabos Expostos			0,2
Desagregação do Betão/Desgaste			0,15
Delaminação/Destacamento			0,15
Manchas/Eflorescências			0,1
Deficiência do Recobrimento			0,15
Danos devido ao impacto			0,05
Grau de conservação do elemento			0,00

4 - MESOESTRUTURA (Pilares)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras			0,1
Desagregação do Betão/Desgaste			0,05
Delaminação/Destacamento			0,05
Armadura Exposta/Cabos expostos			0,05
Manchas/Eflorescências			0,05
Deficiência nos Encontros			0,1
Deficiência do Recobrimento			0,05
Deficiência no Aparelho de Apoio			0,15
Desaprumo/Distorção			0,1
Assentamento			0,2
Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento			0,05
Danos devido ao impacto			0,05
Grau de conservação do elemento			0,00

Figura 12 - Ficha de inspeção de betão armado.

FICHA DE INSPEÇÃO DE PONTES E VIADUTOS ALVENARIA DE PEDRA

Equipa técnica:

DATA: __/__/__

Legenda: Níveis ■ 0-Sem dano ■ 1-Leve ■ 2-Médio ■ 3-Grave

1 - PAVIMENTO (asfalto e BA)	CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Fendilhamento			0,2
Fissuras			0,1
Exsudação			0,1
Desagregação/Desgaste			0,15
Delaminação/Destacamento			0,1
Deficiência da Junta de Dilatação			0,15
Manchas/Subida dos finos			0,1
Deformação			0,15
Passeios			0,1
Acesso a obra			0,05
Grau de conservação do elemento			0,00

2 - TABULEIRO (Pedra ou BA)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fendilhação/Perda de Argamassa			0,2
Fissuras			0,15
Delaminação			0,15
Erosão/Desagregação			0,2
Deslocamento pedras/Escorregamento do tímpano			0,2
Armadura exposta			0,15
Manchas/Eflorescência			0,05
Deficiência da Junta de Dilatação Est.			0,15
Vegetações/Colonização biológica			0,05
Deficiência no Recobrimento			0,05
Deficiência do Sistema de drenagem			0,1
Danos devido ao impacto			0,05
Grau de conservação do elemento			0,00

3 - SUPERESTRUTURA (Abóbadas)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fendilhação/Perda de Argamassa			0,2
Delaminação			0,15
Erosão/Desagregação da Pedra			0,2
Deslocamento das Pedras/Deformação			0,2
Manchas/ Eflorescência			0,1
Vegetações/Colonização biológica			0,1
Danos devido ao impacto			0,05
Grau de conservação do elemento			0,00

4 - MESOESTRUTURA (Pilares/Quebra-m)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fendilhação/Perda de Argamassa			0,15
Delaminação			0,1
Erosão/Desagregação da Pedra			0,15
Deslocamento das Pedras/Deformação			0,1
Manchas/Eflorescência			0,05
Vegetações/Colonização biológica			0,05
Deficiência nos Encontros			0,1
Assentamento			0,15
Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento			0,1
Danos devido ao impacto			0,05
Grau de conservação do elemento			0,00

Figura 13 - Ficha de inspeção alvenaria de pedra.

FICHA DE INSPEÇÃO DE PONTES E VIADUTOS METÁLICOS

Equipa técnica:

DATA: __/__/__

Legenda: Níveis ■ 0-Sem dano ■ 1-Leve ■ 2-Médio ■ 3-Grave

1 - PAVIMENTO (asfalto, BA, Madeira e chapas metálicas)	CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Fendilhamento			0,2
Fissuras			0,15
Exsudação			0,1
Desagregação/Desgaste			0,15
Delaminação/Destacamento			0,15
Deficiência da Junta de Dilatação			0,15
Manchas/Subida dos finos			0,1
Deformação/Distorção			0,15
Esmagamento			0,1
Afrouxamento/ Deficiência nas ligações			0,15
Corrosão			0,15
Passeios			0,1
Acessos a Ponte			0,05
			0,00

2 - TABULEIRO (est. Metálica e Madeira)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras			0,15
Corrosão			0,15
Afrouxamento/Deficiência nas ligações			0,2
Distorção			0,1
Desagregação/Desgaste			0,1
Delaminação/Destacamento			0,1
Esmagamento			0,05
Manchas			0,05
Deficiência da Junta de Dilatação Est.			0,15
Deficiência do Sistema de drenagem			0,15
Deficiência na limpeza			0,05
Danos devido ao impacto			0,05
Grau de conservação do elemento			0,00

3 - SUPERESTRUTURA (Vigas)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras			0,25
Corrosão			0,25
Afrouxamento/Deficiência nas ligações			0,25
Distorção			0,15
Deficiência na limpeza			0,05
Danos devido ao impacto			0,05
Grau de conservação do elemento			0,00

4 - MESOESTRUTURA (Pilares) (Metálica)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras			0,1
Corrosão			0,15
Afrouxamento/Deficiência nas ligações			0,15
Distorção			0,05
Desagregação/Desgaste			0,05
Delaminação/Destacamento			0,05
Armadura exposta			0,05
Manchas			0,05
Deficiência nos Encontros			0,1
Deficiência no Aparelho de Apoio			0,15
Assentamento			0,2
Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento			0,05
Danos devido ao impacto			0,05
Grau de conservação do elemento			0,00

Figura 14 - Ficha de inspeção metálica.

Legenda: Níveis ■ 0-Sem dano ■ 1-Leve ■ 2-Médio ■ 3-Grave

5 - INFRAESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Deslocamento de Fundação	■		0,4
Erosão Terreno de Fundação	■		0,3
Estacas Desenterradas	■		0,3
Grau de conservação do elemento			0,00

6 - SEGURANÇA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Deficiência no Guarda-corpo	■		0,35
Deficiência na Defesa	■		0,2
Deficiência de Iluminação	■		0,15
Deficiência de Sinalização	■		0,15
Marcas de Acidentes na via	■		0,15
Grau de conservação do elemento			0,00

7 - OBSERVAÇÕES	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Condições de estabilidade	■		0,5
Desconforto do tabuleiro	■		0,5
Grau de conservação do elemento			0,00

GRAU DE CONSERVAÇÃO GERAL DA ESTRUTURA	
---	--

Necessita de uma inspeção especial ou ensaio específico? Observações adicionais: _____
ENSAIOS REALIZADOS: NOME: _____ DATA: __/__/__ OBSERVAÇÕES: RESULTADOS OBTIDOS:
NOME: _____ DATA: __/__/__ OBSERVAÇÕES: RESULTADOS OBTIDOS:
NOME: _____ DATA: __/__/__ OBSERVAÇÕES: RESULTADOS OBTIDOS:

Figura 15 - Ficha segunda folha para todos os tipos.

Por considerar-se importante o item 7, relativo a outras observações, onde se avalia as condições de estabilidade e ao desconforto da estrutura. No final da toda avaliação pode estabelecer-se o grau de conservação geral da estrutura, cada elemento possui um percentagem de importância para obra de arte, os quais foram com base no conhecimento empírico, em que será associado ao grau de conservação obtido por cada item e assim resultará no grau geral da obra de arte especial, porém as cores dos danos são mais relevantes do que seu próprio valor em questão, porque se dois elementos indicarem cor amarela automaticamente seu resultado final terá esta cor indicando nível médio e caso algum elemento receber cor vermelha no seu grau de conservação, o grau final imediatamente já indicará cor vermelha, demonstrando urgência. Por fim, o inspetor deve mencionar se existe necessidade de uma inspeção especial ou algum ensaio não-destrutivo auxiliar específico, caso ocorra, logo no final da planilha consta um espaço para a descrição dos ensaios realizados, com nome, data, observações e os resultados obtidos.

São descritos detalhadamente os níveis do estado dos danos de cada patologia associado ao material e elemento. Foram desenvolvidas ao todo 17 tabelas, compilando informações do manual “Caltrans Bridge Element Inspection Manual” do estado da Califórnia (Caltrans, 2017), do “Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários” de Portugal (EP, 2008). Essas tabelas possuem a função de auxiliar o inspetor no momento da inspeção visual para padronizar os resultados, assim conseguindo uma melhor avaliação da obra, principalmente em relação ao tempo, pois nem sempre essas inspeções rotineiras são realizadas pelos mesmos inspetores, assim minimizando as divergências de opiniões. Sendo assim de acordo com o item a ser analisado e o material do elemento recorre-se a um tipo de tabela. A seguir será apresentado uma tabela como exemplo, mas todas as tabelas podem ser consultadas no anexo A.

Tabela 1 - Níveis do estado dos danos pavimento de asfalto.

Elemento: Pavimento

Descrição: Todos os pavimentos em camadas betuminosa

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fendilhamento	Nenhuma.	Fenda inferior a 2 mm. Malha superior a 20 cm.	Fenda entre 2 e 4 mm. Malha inferior a 20 cm e fenda menores 2 mm; fenda entre 2 e 4 mm para qualquer malha; fenda superior a 4 mm e malha superior a 40 cm.	Fendas graves, de grande dimensão, ramificada com perda de material acompanhada com deformações e desagregações. Malha inferior 40 cm e fendas maiores a 4 mm.
Exsudação	Nenhuma.	Exsudação com largura inferior a 30 cm.	Exsudação com largura entre 30 cm a 100 cm.	Exsudação com largura superior a 100 cm.
Desagregação/ Desgaste/ Peladas	Nenhuma.	Desagregação com largura inferior a 30cm.	Desagregação com largura entre 30cm e 100cm.	Desagregação com largura superior a 100cm.
Deficiência da junta de dilatação	Nenhuma.	Um quarto das juntas sem selagem. Desagregação dos bordos das juntas, afetando um quarto ou com largura inferior a 10cm.	Metade das juntas sem selagem ou com produto envelhecido separado dos bordos. Desagregação em metade da junta ou numa largura entre 10 e 20 cm.	Totalidade das juntas sem selagem ou com produto envelhecido separado dos bordos e com fendas. Desagregação na totalidade da junta ou numa largura superior a 20 cm.
Manchas/Subida dos finos	Nenhuma.	Finos apenas presentes nos bordos das fendas existentes.	Finos abrangendo a zona de passagem dos rodados dos veículos.	Finos abrangendo mais de 75% da largura da via afetada.
Deformação	Nenhuma.	Diferença de nível inferior a 10 mm.	Diferença de nível compreendida entre 10mm e 30mm.	Diferença de nível superior a 30 mm.
Passeios	Boas condições	Pavimento levemente degradado, com condição de passagem.	Pavimento degradado, com condição de passagem.	Totalmente degradado, sem condição de passagem.
Acesso a obra	Boa condição, sem desconforto.	Desfasamento perceptível. Desnível inferior a 0,5 cm.	Desfasamento incómodo. Desnível entre 0,5 cm e 1 cm.	Desfasamento muito incómodo. Desnível superior a 1 cm.

5. Estudo de caso

Neste capítulo é apresentada a aplicação da metodologia proposta a um conjunto de casos reais. O estudo de caso foi realizado em cinco obras de arte do concelho de Leiria, todas localizadas na cidade de Leiria, com diferentes tipologias e materiais, procurando utilizar e validar o maior número de fichas de caracterização e inspeção desenvolvidas.

O concelho de Leiria situa-se na beira litoral de Portugal, considerado habitualmente como centro de Portugal. Possui uma área de 565,09 km² atravessada pelos rios Lis e Lena, importantes para a região e organizando-se em 18 freguesias onde habitam mais de 126.897 pessoas (Leiria, 2019). Na Figura 16 apresenta-se a organização territorial do concelho de Leiria por freguesias.

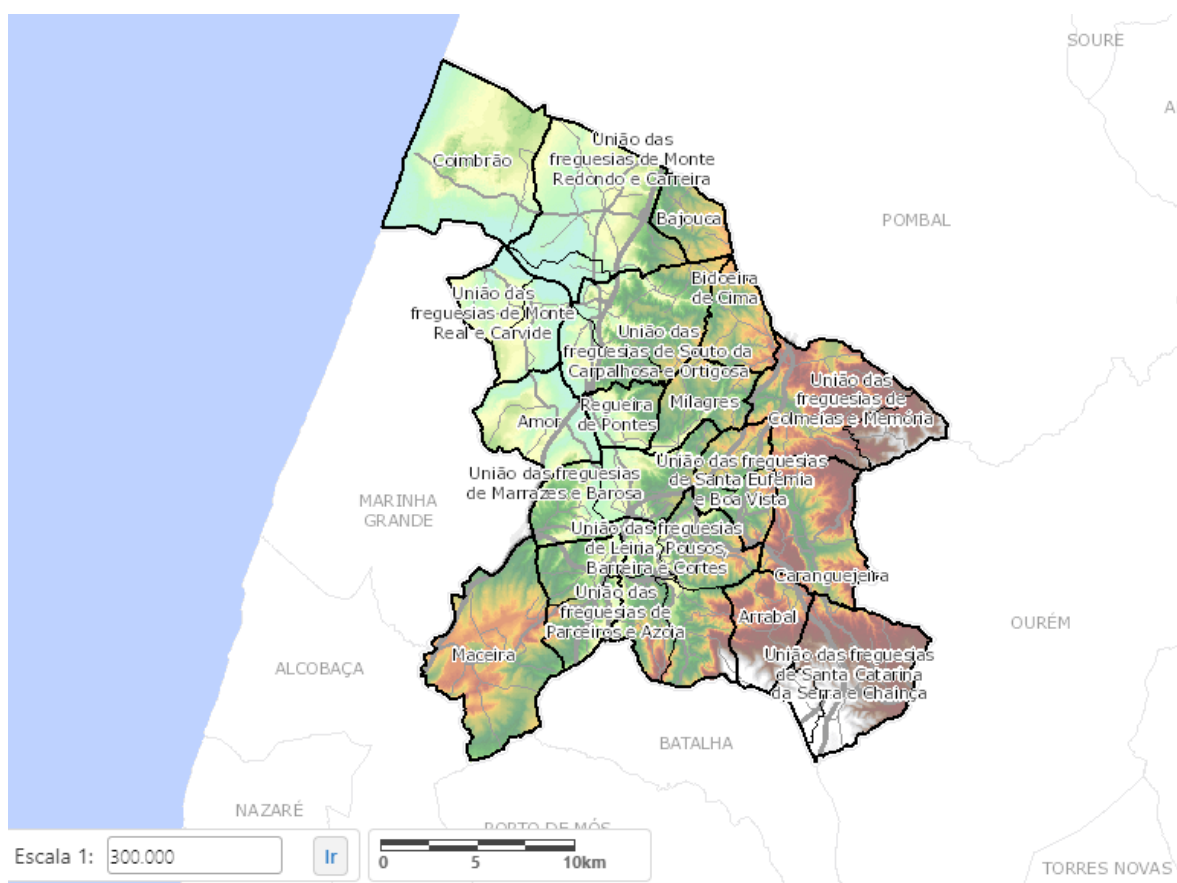


Figura 16 - Concelho de Leiria dividido mediante as freguesias (Leiria, 2019).

Leiria é o principal centro urbano da unidade estatística Pinhal Litoral e da comunidade urbana de Leiria, assim como um relevante centro de comércio, serviços e indústria.

O reconhecimento da necessidade de implementar ao nível municipal uma cultura de gestão das obras de arte assente em procedimentos uniformizados foi a principal motivação do desenvolvimento do presente trabalho. Idealizou-se um sistema que permitisse a identificação e caracterização das obras de arte do Concelho, tornasse possível a sua consulta por algumas das suas principais características e suportasse o registo de informação relativamente ao seu estado de conservação e/ou necessidade de reparação ou reabilitação. A metodologia previa ainda a validação pela sua aplicação a um conjunto de casos reais do concelho.

Foi neste contexto que os serviços da Câmara Municipal de Leiria em conjunto com os autores deste trabalho selecionaram cinco obras de arte, todas localizadas na cidade de Leiria, com características, idades e estado de conservação muito diferentes, para validação da metodologia proposta.

Em cada uma dessas obras de arte foi realizada uma ou mais sessões de inspeção visual para preenchimento das fichas de caracterização e inspeção, devidamente acompanhadas do respetivo registo documental fotográfico. Face aos recursos relativamente limitados não foi possível nalgumas desses equipamentos efetuar uma melhor inspeção da parte inferior deles, por exigirem equipamento de elevação de pessoas em grande altura ou camiões com grua de inspeção “*underbridge*”.

A inspeção foi realizada com base em observações visuais e respetivo registo fotográfico, complementado em algumas obras de arte com ensaios dinâmicos. As inspeções foram todas realizadas no período da manhã por ser a parte do dia mais vantajosa para a realização de registos fotográficos das anomalias face a existência de mais luz solar.

O registo foi realizado nas fichas propostas em anexo. Em cada um dos itens analisados classificaram-se os níveis de conservação, numa escala entre 0 e 3, significando respectivamente, sem dano, nível leve, médio e grave de dano, com o objetivo de quantificar a gravidade dos problemas existentes para suportar a decisão da necessidade de intervenção em manutenção.

5.1. Viaduto (Rua Inácio Aires de Azevedo)

A obra de arte em estudo encontra-se na freguesia de Leiria, situada sobre a Avenida da Comunidade Europeia e perpendicular as ruas Luis Braille e Dr. Luis Tito São Pereira Bandeira. A rua inserida sobre o viaduto denomina-se por Inácio Aires de Azevedo como demonstra a Figura a seguir. A sua função principal é assegurar a ligação rodoviária e pedonal entre duas urbanizações de prédios de habitação, assegurando ainda uma das ligações entre as duas partes da cidade seccionadas pela Avenida da Comunidade Europeia.

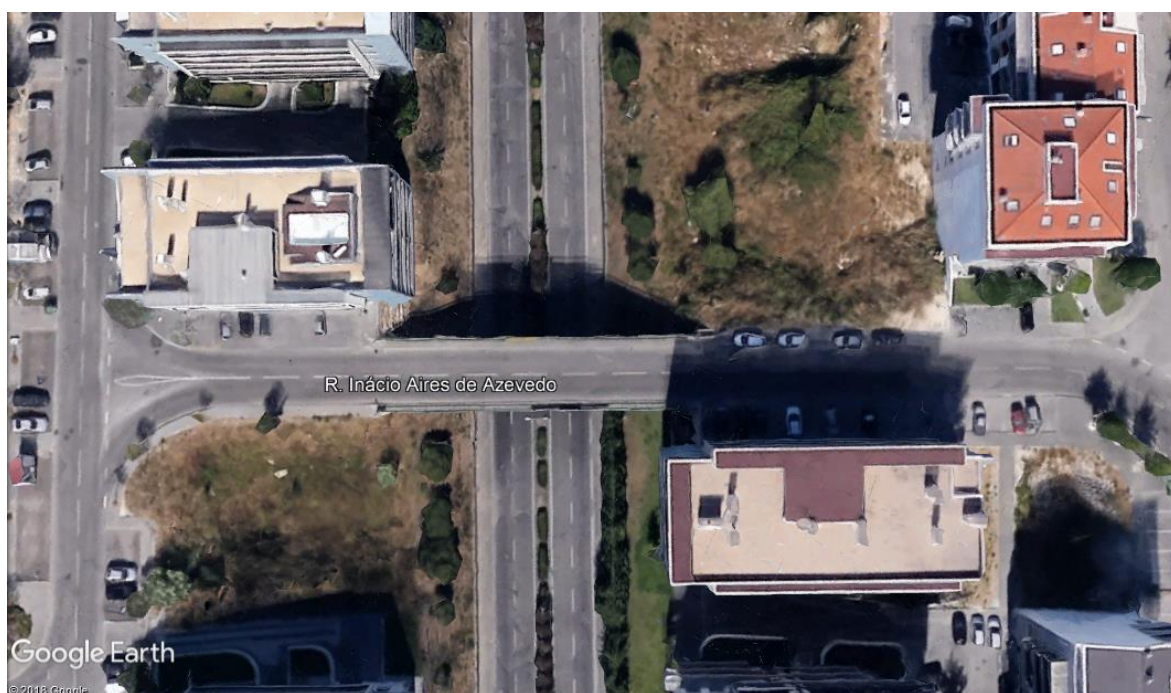


Figura 17 - Localização do Viaduto (Google Earth, 2018).

A sua estrutura é do tipo porticada pré-fabricada, com pilares pré-fabricados em betão armado de um e de outro lado do arruamento inferior, sobre as quais se apoiam duas transversinas que dão apoio a 6 longarinas pré-fabricadas em betão pré-esforçado. Sobre estas apoia-se o tabuleiro em betão armado, revestido por camada betuminosa. A estrutura tem um desenvolvimento longitudinal em três tramos de 10,89 metros, 21,16 metros e 10,95 metros. A continuidade das longarinas nos apoios sobre os pilares é assegurada por cabos de

pré-esforço pós-tensionados após a betonagem do tabuleiro e travamento das vigas longitudinais.

De acordo com o projeto de execução a obra foi construída no ano de 1996, não havendo qualquer registo de alterações ou inspeções. Em sede de projeto a obra foi classificada como de classe I, resultando uma força máxima transmitida aos aparelhos de apoio de 710 kN. Outras informações e características da obra podem ser consultadas no anexo B.



Figura 18 - Vista geral do viaduto.

A visita ao viaduto foi efetuada no dia 27 de junho de 2019, no período da manhã. Dando seguimento a ficha de inspeção, o primeiro elemento avaliado foi o pavimento. O viaduto encontra-se orientado no alinhamento Norte-Sul, respectivamente entre a Rua Luis Braille e a Rua Dr. Luis Tito São Pereira Bandeira.

O pavimento do viaduto exhibe diversas patologias. A camada betuminosa possui fendilamentos transversais (Figura 19) e longitudinais, as transversais observam-se predominantemente próximo das juntas, referindo-se a deficiência das juntas nos apoios, apesar de no meio do viaduto também serem observadas algumas fendas. A fendilhação

longitudinal (Figura 20) é mais prevalente do meio do comprimento da faixa de rodagem para o lado sul.



Figura 19 - Fendas transversais e deficiência nas juntas.

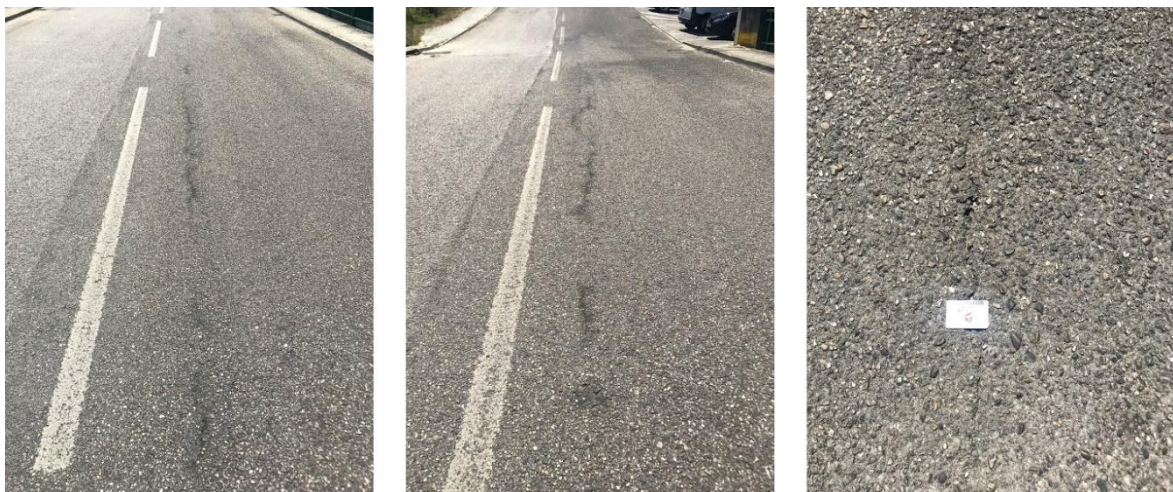


Figura 20 - Fendas longitudinais.

Em um único local, do lado sul do viaduto, observou-se delaminação (Figura 21) da camada betuminosa, deixando exposto o tabuleiro.

Os passeios (Figura 22) possuem desagregações ao longo da via, além de possuírem grandes aberturas, vegetações e desníveis nas regiões das juntas, por conta de sua deficiência.

Os acessos ao viaduto possuem um desfasamento perceptível (Figura 23).



Figura 21 - Delaminação da camada betuminosa.



Figura 22 - Patologias nos passeios.



Figura 23 - Acessos ao viaduto.

A avaliação sobre o primeiro elemento analisado foi descrita na ficha de inspeção, a partir das patologias encontradas, assim concluiu-se o estado de conservação do pavimento classificado como nível leve de gravidade, identificado na tabela a seguir.

Tabela 2 - Ficha de inspeção pavimento viaduto.

1 - PAVIMENTO	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Fendilhamento	1	Horizontais e verticais	0,2
Fissuras	0		0,1
Exsudação	0		0,1
Desagregação/Desgaste	0		0,15
Delaminação/Destacamento	2	Lado sul	0,1
Deficiência da Junta de Dilatação	3	Apoios	0,15
Manchas/Subida dos finos	0		0,1
Deformação	0		0,15
Passeios	2	Revestimento com degradação e abertura na região da junta.	0,1
Acesso a obra	1	Nos dois lados	0,05
Grau de conservação do elemento			0,92

O próximo elemento a ser inspecionado é o tabuleiro, as patologias encontradas são referentes a deficiência da junta estrutural que é visível nos apoios, com exposição de armadura e vegetação (Figura 24) do lado norte, além da deficiência na drenagem do tabuleiro com a ausência de grelhas de proteção e tubos de queda, permitindo com que esco sobre os pilares provocando manchas, e ainda a valeta do talude do terreno envolvente do lado norte esta descontinua, acarretando acumulo de água no decorrer dos pilares e movimentação do muro de contenção do talude (Figura 25).



Figura 24 - Exposição de armadura e vegetação na junta.



Figura 25 - Deficiência na drenagem.

A avaliação perante a ficha de inspeção das patologias encontradas no tabuleiro obteve classificação de nível leve, identificada na tabela 3.

Tabela 3 - Ficha de inspeção tabuleiro viaduto.

2 - TABULEIRO	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,15
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,1
Delaminação/Destacamento	0		0,1
Armadura Exposta/Cabos expostos	0		0,15
Manchas/Eflorescências	1		0,05
Deficiência na Junta de Dilatação Est.	2	Apoios	0,15
Vegetações/Colonização biológica	0		0,05
Deficiência do Recobrimento	0		0,05
Deficiência do Sistema de drenagem	2	Drenagem do tabuleiro; Falta de tubos de queda e grelhas; Valetas descontínuas	0,15
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,65

Na sequência da inspeção o elemento a ser avaliado é a superestrutura, foram encontradas poucas patologias nesse elemento, apenas falhas na superfície do betão provocadas provavelmente por descofragem ou erros de betonagem e presença de manchas nas vigas, pode-se visualizar na Figura 26.



Figura 26 - Vigas com manchas e falhas na superfície.

A tabela a seguir identifica a ficha de inspeção da superestrutura do viaduto, de acordo com as patologias encontradas a classificação deste elemento obteve nível leve.

Tabela 4 - Ficha de inspeção superestrutura viaduto.

3 -SUPERESTRUTURA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,2
Armadura Exposta/Cabos Expostos	0		0,2
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,15
Delaminação/Destacamento	0		0,15
Manchas/Eflorescências	1		0,1
Deficiência do Recobrimento	1	Falha na superfície do betão, provocada provavelmente por erros de betonagem ou descofragem.	0,15
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,25

A mesoestrutura é o seguinte elemento a ser inspecionado, os pilares estão em boas condições apenas apresentam algumas manchas em suas bases. Os apoios já possuem mais patologias, além das manchas analisou-se desagregação, delaminação, armadura exposta, deficiência no recobrimento e fissuras. O apoio com possível acessibilidade era do lado norte, com passagem pela vegetação conseguiu-se observar mais de perto essas anomalias. A fissura de grau elevado encontra-se no encontro ao lado sul, aparente rotação devido ao assentamento do solo.



Figura 27 – Patologias na mesoestrutura viaduto.

A avaliação referente as patologias observadas na mesoestrutura do viaduto estão relatadas na ficha de inspeção na tabela 5. Este elemento classificou-se com nível leve.

Tabela 5 - Ficha de inspeção mesoestrutura viaduto.

4 - MESOESTRUTURA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	2	Apoios.	0,1
Desagregação do Betão/Desgaste	1	Apoios.	0,05
Delaminação/Destacamento	1	Apoios.	0,05
Armadura Exposta/Cabos expostos	1	Apoios.	0,05
Manchas/Eflorescências	1	Apoios e na base dos pilares.	0,05
Deficiência nos Encontros	0		0,1
Deficiência do Recobrimento	1	Apoio.	0,05
Deficiência no Aparelho de Apoio	0		0,15
Desaprumo/Distorção	0		0,1
Assentamento	1	Apoio sul.	0,2
Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento	0		0,05
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,65

A parte de segurança da obra é o próximo item a ser observado que consta anomalias, as patologias identificadas referem-se aos guardas corpos e muros. Os guarda corpos estão em estado de corrosão com as ligações enferrujadas, os suportes de fixação lateral das tubagens se encontram em mesmo estado, além disso as guardas estão com degradação da pintura. Os muros estão com alguns pontos com armaduras expostas, por erros de execução. Logo, sua classificação da ficha de inspeção resultou em nível leve, demonstrado na tabela 6.



Figura 28 - Patologias nos guardas corpo e muros.

Tabela 6 - Ficha inspeção segurança viaduto.

6 - SEGURANÇA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Deficiência no Guarda-corpo	1	Parafusos com corrosão e em alguns pontos da estrutura, com degradação da pintura. Armatura exposta.	0,35
Deficiência na Defesa	0		0,2
Deficiência de Iluminação	0		0,15

Deficiência de Sinalização	0		0,15
Marcas de Acidentes na via	0		0,15
Grau de conservação do elemento			0,35

5.2. Ponte Afonso Zuquete

A Ponte Afonso Zuquete situa-se no centro de Leiria junto a rotunda do sinaleiro ao leste, a obra atravessa o Rio Lis e por ela passa a Rua Conde Ferreira com duas vias e ambas no mesmo sentido, de oeste para leste (Figura 29). A ponte tem função rodoviária e possui memoriais de execução da Junta Autónoma de Estradas (JAE) nos arquivos do IP.

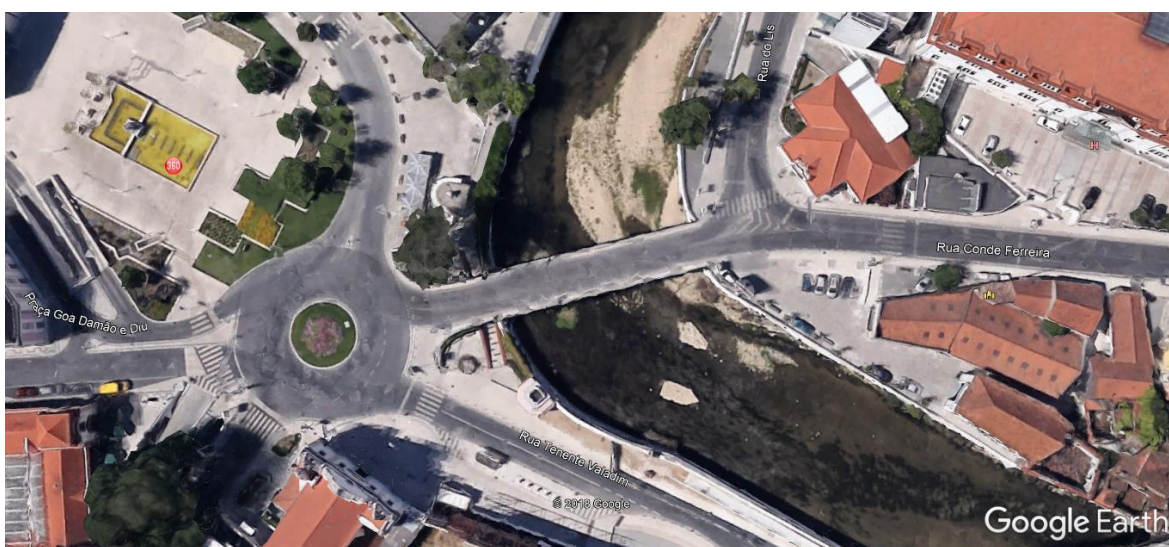


Figura 29 - Localização da Ponte Afonso Zuquete (Google Earth, 2018).

A referida obra de arte corresponde a uma ponte em betão armado com um comprimento total de aproximadamente 40,0 metros, constituída por um tabuleiro apoiado sobre cinco vigas rectas com três tramos, sendo o primeiro e último com 11,6 metros e o vão intermédio com 16,3 metros. As vigas estão apoiadas num muro de pedra, nos encontros e em dois grupos de cinco pilares. Estes pilares, descarregam os esforços em fundações diretas, sapatas.

O pavimento é revestido por betão betuminoso, a faixa de rodagem possui 6,3 metros e os passeios possuem 1,15 metros de largura, sendo com um tipo de revestimento denominado calçada portuguesa. Os guardas corpos são de estruturas metálicas com pintura da cor verde escura e aparentemente o aparelho de apoio é do tipo de chumbo e aço, porém esta informação não consta no memorial existente.



Figura 30 - Vista geral Ponte Afonso Zuquete.

A construção da Ponte Afonso Zuquete remonta ao ano de 1936. Em 1976 efetuou-se uma ampliação na ponte com alargamento da faixa de rodagem e substituição dos guardas corpos, inicialmente, a faixa de rodagem possuía 5,2 metros e os passeios 1,5 metros de cada lado e os guardas corpos eram constituídos de betão com 0,2 metros de largura. Visivelmente foi realizado uma reparação na mesoestrutura e carlingas, porém não foi possível encontrar documentos que o confirmem, apesar de a ponte possuir uma placa informando o ano de 2003 (Figura 31), ano em que possivelmente pode ter ocorrido essa reparação.



Figura 31 - Monumento Ponte Afonso Zuquete.

Em 27 de junho de 2019, numa quinta feira na parte da manhã, foi realizado a visita de inspeção rotineira a ponte em estudo, o primeiro elemento a ser verificado foi o pavimento, no qual foram encontradas diversas patologias, como uma delas o fendilhamento em diferentes formas, horizontais, verticais, diagonais e em blocos, com aberturas medianas, porém em grandes quantidades por toda faixa de rodagem principalmente localizadas em ambos os lados de acesso (Figura 32). Outra anomalia vista são desagregações e peladas na faixa de rodagem, em muitos locais observou-se que as mesmas já haviam sido realizadas tapagens das covas como pode-se analisar na figura 33. A respeito das juntas de dilatação observou-se que as mesmas não estão realizando suas devidas funções pois foram avistadas aberturas transversais próximas que indicam a falta de funcionalidade das mesmas (Figura 34). Em relação os passeios de modo geral apresentam-se em boas condições, porém em específicos locais são analisadas desagregações com presença de vegetação no acesso pedonal do lado leste e armaduras expostas numa possível antiga caixa de inspeção betonada na junção dos tramos, como pode-se observar na figura 35.



Figura 32 - Fendilhamento na faixa de rodagem.



Figura 33 - Desagregações, peladas e tapagem de covas.



Figura 34 - Deficiência nas juntas de dilatação.



Figura 35 - Anomalias nos passeios.

Em relação ao item do pavimento as patologias encontradas foram indicadas na ficha de inspeção como aponta a tabela a seguir, demonstra-se a avaliação das patologias identificadas, assim como o estado de conservação do item da Ponte Afonso Zuquete.

Tabela 7 - Ficha de inspeção do pavimento Ponte Afonso Zuquete.

1 - PAVIMENTO	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Varição: 0 - 1
Fendilhamento	2	Horizontais, verticais, diagonais e em blocos.	0,2

Fissuras	0		0,1
Exsudação	0		0,1
Desagregação/Desgaste	1	Com tapagem de covas.	0,15
Delaminação/Destacamento	0		0,1
Deficiência da Junta de Dilatação	2	Apoios	0,15
Manchas/Subida dos finos	0		0,1
Deformação	0		0,15
Passeios	1	Desagregações com presença de vegetação acesso lado leste e armadura exposta junção dos tramos.	0,1
Acesso a obra	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,79

O próximo item inspecionado foi o tabuleiro, o qual observou-se manchas e presença de colonização biológica como demonstra a figura 36. Ainda o elemento apresentou deficiência no sistema de drenagem, com detritos impedindo seu funcionamento e os tubos são demasiados curtos originando patologias localizadas na zona do tabuleiro e vigas. (Figura 37).



Figura 36 - Manchas e colonização biológica no tabuleiro.



Figura 37 - Deficiência no sistema de drenagem.

A ficha de inspeção do tabuleiro descreve a avaliação das patologias encontrando assim resulta ao estado de conservação do elemento, o qual foi de nível leve como demonstra a tabela 8.

Tabela 8 - Ficha de inspeção tabuleiro Ponte Afonso Zuquete.

2 - TABULEIRO	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,15
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,1
Delaminação/Destacamento	0		0,1
Armadura Exposta/Cabos expostos	0		0,15
Manchas/Eflorescências	1		0,05
Deficiência na Junta de Dilatação Est.	0		0,15
Vegetações/Colonização biológica	1		0,05
Deficiência do Recobrimento	0		0,05
Deficiência do Sistema de drenagem	2	Detritos impedindo seu funcionamento e tubagem curta.	0,15
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,40

A superestrutura por inspeção visual apenas apresentou sinais de manchas como patologia identificada, por dificuldade de distância e acessibilidade quando o Rio Lis esta com a maré

alta pode ter prejudicado um pouco a inspeção. A ficha de inspeção da superestrutura avalia como nível leve o elemento.

Tabela 9 - Ficha de inspeção superestrutura Ponte Afonso Zuquete.

3 -SUPERESTRUTURA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,2
Armadura Exposta/Cabos Expostos	0		0,2
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,15
Delaminação/Destacamento	0		0,15
Manchas/Eflorescências	1		0,1
Deficiência do Recobrimento	0		0,15
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,10

Na mesoestrutura são observadas manchas e sinais de restauro como mencionados anteriormente, os encontros possuem grandes degradações nos dois apoios e por fim os aparelhos de apoio estão bastante deteriorados e aparentemente são muito antigos.



Figura 38 - Manchas e sinais de restauro na mesoestrutura.



Figura 39 - Deficiência nos aparelhos de apoios e encontros.

A ficha de inspeção da mesoestrutura descreve a avaliação das patologias encontrando assim resulta ao estado de conservação do elemento, o qual foi de nível leve como demonstra a tabela 10.

Tabela 10 - Ficha de inspeção mesoestrutura Ponte Afonso Zuquete.

4 - MESOESTRUTURA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,1
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,05
Delaminação/Destacamento	0		0,05
Armadura Exposta/Cabos expostos	0		0,05
Manchas/Eflorescências	1		0,05
Deficiência nos Encontros	2	Com grandes degradações dos dois apoios	0,1
Deficiência do Recobrimento	0		0,05
Deficiência no Aparelho de Apoio	1	Deteriorados	0,15
Desaprumo/Distorção	0		0,1

Assentamento	0		0,2
Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento	0		0,05
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,40

Referente a infraestrutura, verifica-se que num dos pilares a sapata possui mais erosão em um dos lados como demonstra a figura 39, devido a fisionomia do rio.



Figura 40 - Erosão mais relevante em um dos lados da sapata.

A ficha de inspeção da infraestrutura refere-se à avaliação das patologias identificadas e resulta no estado de conservação do elemento.

Tabela 11 - Ficha de inspeção infraestrutura Ponte Afonso Zuquete.

5 - INFRAESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Deslocamento de Fundação	0		0,4
Erosão da Fundação	1	Mais predominante em um dos lados da sapata.	0,3

Estacas Desenterradas	0	0,3
Grau de conservação do elemento		0,30

O item relacionado a segurança da ponte aponta deficiência nos guardas corpos, os quais apresentam degradação da pintura e corrosão iniciada, além de estarem deformados devido a impacto por acidentes como pode-se observar na figura 41.



Figura 41 - Deficiência no guarda corpo e sinais de acidentes.

Tabela 12 - Ficha de inspeção segurança Ponte Afonso Zuquete.

6 - SEGURANÇA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Deficiência no Guarda-corpo	1	Deformados por impacto de acidentes, degradação da pintura e corrosão iniciada.	0,35
Deficiência na Defesa	0		0,2

Deficiência de Iluminação	0		0,15
Deficiência de Sinalização	0		0,15
Marcas de Acidentes na via	1		0,15
Grau de conservação do elemento			0,50

Por fim como última análise referente a ponte estudada observou-se que com a movimentação do tráfego na via sentia-se um desconforto do tabuleiro com vibrações perceptíveis de nível leve, em contrapartida as condições de estabilidade da Ponte Afonso Zuquete estão boas.

7 - OBSERVAÇÕES	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Condições de estabilidade	0		0,5
Desconforto do tabuleiro	1		0,5
Grau de conservação do elemento			0,50

5.3. Ponte Pedonal

A ponte pedonal metálica sobre o Rio Lis localiza-se no centro do concelho de Leiria junto ao Complexo Piscinas Municipais de Leiria, a qual abrange atualmente a passagens de pedestre para o lado norte onde situa-se o recém inaugurado Jardim da Almuinha Grande (Figura 42). O projeto ativo da obra foi realizado pelo Eng. Filipe Bandeira e foi consultado no Arquivo Municipal de Leiria.



Figura 42 - Localização da ponte pedonal próxima ao Complexo Piscinas Municipais de Leiria (Google Earth, 2018).

A ponte é atirantada, assimétrica suspensa, vencendo o vão livre de 29 metros e com um tabuleiro esbelto em estrutura metálica com apenas 0,22 metros de espessura, constituído por cinco plataformas, de ligação rotulada entre si, sendo sua estrutura formada por apenas duas vigas em perfil metálico U, onde apoiam carlingas e outros elementos secundários.

O pavimento é feito de tábuas em pinho tratado, com 0,45 metros de espessura e largura de 2,5 metros com pequenos espaços para drenagem da água e evitar acúmulos de detritos. O pilar de seção retangular está localizado na margem sul com 12 metros de altura contraventado por duas cruces de Santo André em tubo circular, deste pilar saem os cabos de suspensão, em aço galvanizado. O pilar e a plataforma da margem norte possuem sapatas em betão armado como fundação direta, além do maciço de ancoragem em betão armado do lado sul para equilíbrio dos cabos principais de tração. As guardas metálicas são compostas por redes metálicas formando painéis. Todos os elementos metálicos contêm galvanização por imersão em tanque de zinco fundente como proteção anti-corrosiva.

A ponte não possui contato com a água, como pode-se observar pela figura 43 na sua vista geral. A construção desta obra ocorreu no ano de 1992 e até os dias de hoje estima-se que não aconteceu reparação de acordo com sua aparência, porém não obtivemos informação de atividades ligadas a ponte nem por reparações quanto por inspeções.



Figura 43 - Vista geral da Ponte Pedonal.

A ponte foi visitada no dia 28 de junho de 2019, no período da manhã, outra visita realizada a essa ponte foi no dia 11 de agosto devido ao fato da cota da água do rio estar alta na primeira inspeção, dificultando a inspeção da parte inferior da ponte.

O primeiro elemento a ser analisado é o pavimento constituído por tábuas em pinho tratado, no qual foram encontradas diversas patologias, como fissuras, delaminação, manchas na parte inferior, deficiência nos ligadores, alguns frouxos e outros em falta. Uma das tábuas da ponte possui uma fissura muito relevante necessitando urgência na sua troca, pois com a passagem de pessoas sobre ela ocorre uma maior abertura ocasionando desconforto e perigo da sua ruptura.



Figura 44 - Pavimento na parte inferior com manchas e estrutura com deficiência de limpeza.



Figura 45 - Patologias encontradas no pavimento, fissuras, delaminação, deficiência nos ligadores.

Tabela 13 - Ficha de inspeção pavimento Ponte pedonal.

1 - PAVIMENTO	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Fendilhamento	0		0,2
Fissuras	2	Algumas tábuas	0,15
Exsudação	0		0,1
Desagregação/Desgaste	0		0,15
Delaminação/Destacamento	2	Algumas tábuas	0,15
Deficiência da Junta de Dilatação	0		0,15
Manchas/Subida dos finos	2	Parte inferior	0,1
Deformação	0		0,15
Esmagamento	0		0,1

Afrouxamento/ Deficiência nas ligações	2	Falta de ligadores	0,15
Corrosão	0		0,15
Passeios	0		0,1
Acessos a Ponte	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,65

O tabuleiro apresenta uma deformação de nível médio visível no último cabo de suspensão, de norte para sul, no quarto e quinto tramo. Nota-se deficiência de limpeza nos encaixes dos cabos e na parte inferior da ponte. Pelo preenchimento da ficha de inspeção demonstrado na tabela 15 o elemento recebeu uma avaliação de nível leve para o estado de conservação deste item.



Figura 46 - Deformação do tabuleiro nos últimos tramos.



Figura 47 - Deficiência de limpeza.

Tabela 14 - Ficha de inspeção tabuleiro Ponte pedonal.

2 - TABULEIRO	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,15
Corrosão	0		0,15
Afrouxamento/Deficiência nas ligações	0		0,2
Distorção	2	Grande visibilidade no último cabo de suspensão.	0,1
Desagregação/Desgaste	0		0,1
Delaminação/Destacamento	0		0,1
Esmagamento	0		0,05
Manchas	0		0,05
Deficiência da junta de dilatação est.	0		0,15
Deficiência do Sistema de drenagem	0		0,15
Deficiência na limpeza	1	Encaixes dos cabos e parte inferior	0,05
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,19

A superestrutura está em boas condições aparentemente, a única questão analisada é a deficiência da limpeza já apresentado em figuras anteriores, as vigas estão com muita sujeira acumulada na parte inferior da ponte, com o tempo pode acarretar novos problemas para a estrutura, por isso é essencial a limpeza e manutenção da obra.

Sobre a mesoestrutura o pilar metálico está em ótimas condições, as patologias encontradas estão no elemento de ancoragem em betão armado do lado sul que possui a função de equilíbrio dos cabos principais de tração, além dos elementos de proteção dos cabos, os

mesmo possuem corrosão, desagregação, manchas e deficiência do recobrimento com as armaduras expostas demonstradas na figura 48. A ficha de inspeção da mesoestrutura está apresentada na tabela 17 com o estado de conservação resultante.

Tabela 15 - Ficha de inspeção superestrutura Ponte pedonal.

3 -SUPERESTRUTURA (Vigas)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,25
Corrosão	0		0,25
Afrouxamento/Deficiência nas ligações	0		0,25
Distorção	0		0,15
Deficiência na limpeza	1	Com muita sujeira acumulada na parte inferior da ponte.	0,05
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,05



Figura 48 - Patologias nas ancoragens e elementos de proteção dos cabos.

Tabela 16 - Ficha de inspeção mesoestrutura Ponte pedonal.

4 - MESOESTRUTURA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,1
Corrosão	2	Ancoragem, elementos de proteção do cabo	0,15
Afrouxamento/Deficiência nas ligações	0		0,15
Distorção	0		0,05
Desagregação/Desgaste	3	Ancoragem	0,05
Delaminação/Destacamento	0		0,05
Manchas	2	Ancoragem	0,05
Deficiência do Recobrimento	2	Ancoragem	0,05
Deficiência nos Encontros	0		0,1
Deficiência no Aparelho de Apoio	0		0,15
Assentamento	0		0,2
Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento	0		0,05
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,54

Em questão da segurança os guardas metálicos se encontram em bom estado, a única anomalia encontrada é sobre a iluminação da ponte, no período noturno observou-se que a lâmpada da luminária do lado norte estava queimada, necessitando assim de um troca, pois no período noturno a passagem pela ponte e em volta dela é muito escuro tonando perigoso a falta de iluminação.

Tabela 17 - Ficha de inspeção segurança Ponte pedonal.

6 – SEGURANÇA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Deficiência no Guarda-corpo	0		0,35
Deficiência na Defesa	0		0,2
Deficiência de Iluminação	2	Troca de lâmpada, passagem escura a noite	0,15
Deficiência de Sinalização	0		0,15
Marcas de Acidentes na via	0		0,15
Grau de conservação do elemento			0,30

Sobre a ponte pedonal atribuiu a condição de estabilidade em nível leve de dano visto que a estrutura possui vibrações admissíveis. Desse modo o desconforto no tabuleiro recebeu nível grave referente as excessivas vibrações observadas pelos utilizadores. Assim, tornamos considerável a realização de ensaios de caracterização dinâmica para assim poder observar a dimensão dos valores de vibração que a obra possui.

Tabela 18 – Ficha de inspeção observações Ponte Pedonal.

7 - OBSERVAÇÕES	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Condições de estabilidade	1		0,5
Desconforto do tabuleiro	3		0,5
Grau de conservação do elemento			2,00

5.4. Ponte Euro 2004

A Ponte Euro 2004 situa-se no concelho de Leiria oferecendo a travessia sobre o Rio Lis, com principal função de ligação viária ao Estádio Municipal de Leiria – Dr Magalhães Pessoa, tendo como alvo o acesso de pessoas e veículos de fora de Leiria, utilizadores da A19, IC2 e N109, porém depois do EURO 2004 acabou por ter um tráfego muito abaixo do projetado para sua capacidade. Em termos de vias é composta por duas faixas de rodagem em ambos sentidos, fazendo ligação entre a Avenida Bernardo Pimenta a uma rotunda que dá acesso à Avenida 22 de maio, autoestrada e nacional. A entidade responsável pela obra é a Câmara Municipal de Leiria e seus memoriais e projetos estão disponíveis no Arquivo Municipal de Leiria para consultas.

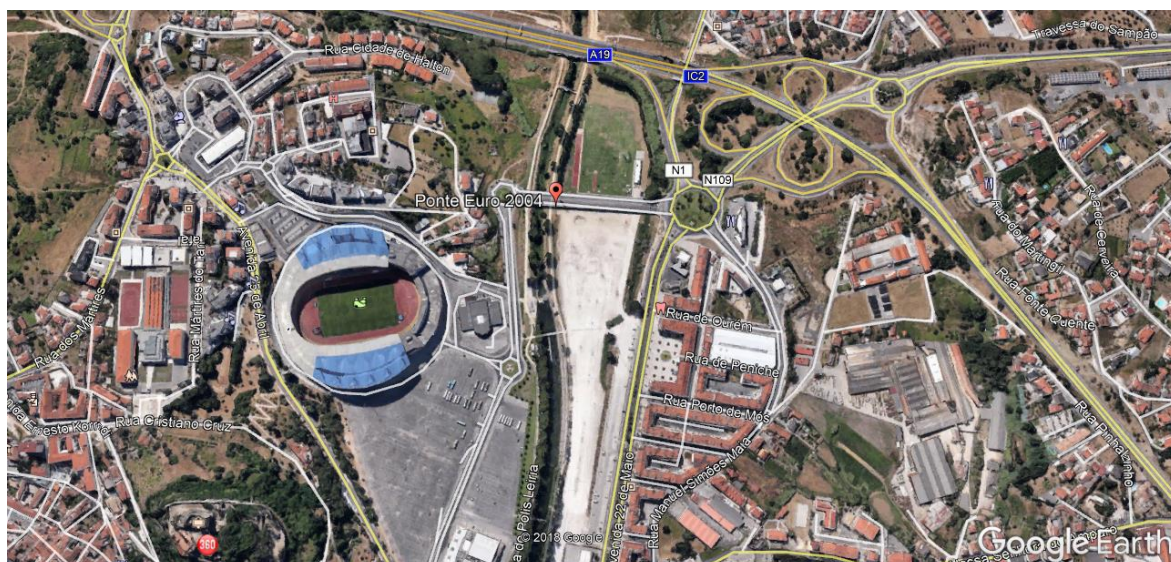


Figura 49 - Localização Ponte Euro 2004 (Google Earth, 2018).

A tipologia da obra corresponde em uma estrutura de betão armado com tramo principal atirantado por 18 cabos ao todo com suspensão axial. A obra de arte é formada por um tabuleiro único em betão armado desenvolvido em sete tramos, pré-esforçado longitudinalmente e transversalmente, o revestimento do pavimento é constituído por betão betuminoso. A superestrutura é composta por betão armado pré-esforçado, a mesoestrutura constituída por pilares e encontros, em betão armado e as fundações são indiretas através de estacas moldadas com profundidade variada, aproximadamente 30 metros, fundadas em solos de argila margosa com abundante concentração de gesso ou salgema.



Figura 50 - Vista geral da Ponte Euro 2004.

A ponte possui grande extensão comparando com as outras obras estudadas, 195,5 metros de comprimento por 20,5 metros de largura sendo duas faixas de rodagem acomodando cada faixa duas vias de tráfego, separador central e passeios dos dois lados. Como segurança guarda corpos metálicos e defensas metálicas no separador central. A estrutura possui duas juntas do tipo expansiva transflex, aparelhos de apoios do modelo Tetron CD Mechanical Pot-bearings e amortecedores sísmicos oleodinâmicos da marca Transpec Sha 2000 com ligação do tabuleiro aos encontros.

A obra começou a ser analisada em 2001, mas foi concluída e entregue em 2004. Não possui nenhum serviço como alterações ou reparações por ser uma ponte relativamente nova com apenas 15 anos de uso e sem informações referentes a inspeções.

No dia 11 de agosto deste ano foi realizada a visita a ponte em estudo, o primeiro item a ser analisado como o roteiro indica é o pavimento, a respeito da pista de rodagem a mesma está em boas condições, de modo geral, ao contrário dos passeios que apresentam muitas patologias. O pavimento possui fendilhamentos próximo a junta de dilatação ao lado sul da ponte com fendas transversais e fendas longitudinais e transversais na passadeira ao lado norte, a presença de exsudação é encontrada ao meio da pista em poucos lugares,

desagregações são encontradas também na passadeira ao lado norte, em alguns poucos locais ao decorrer da pista de rodagem e junto as juntas. Delaminação pode ser observada na deterioração avistada na passadeira norte. Em relação a deficiência da junta de dilatação observou-se que a junta ao lado sul não está realizando suas devidas funções pois foi detectada uma fenda transversal próxima que indica a falta de funcionalidade da junta.

Os passeios estão em nível grave, com grandes degradações no revestimento, manchas e vegetações em alguns locais com alturas relevantes (Figura 52), nos locais das juntas possuem chapas metálicas que estão com falta de ligantes e deformações visíveis (Figura 53).



Figura 51 - Patologias encontradas na pista de rodagem.



Figura 52 - Vegetações nos passeios.



Figura 53 - Deterioração dos passeios.

Tabela 19 - Ficha de inspeção pavimento Ponte Euro 2004.

1 - PAVIMENTO	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Fendilhamento	1	Próximo a junta ao lado sul transversalmente e na passarela ao lado norte.	0,2
Fissuras	0		0,1
Exsudação	1	Poucos lugares, na maioria no meio da faixa de rodagem	0,1
Desagregação/Desgaste	1	Passadeira ao lado norte e muito leve na pista e próximo das juntas.	0,15

Delaminação/Destacamento	1	Passadeira ao lado norte.	0,1
Deficiência da Junta de Dilatação	1	Apoio Sul, falta de funcionalidade.	0,15
Manchas/Subida dos finos	0		0,1
Deformação	0		0,15
Passeios	3	Desagregações e manchas no revestimento, nas juntas as chapas metálicas estão com ligantes faltantes e deformadas em alguns locais, muitas vegetações e alguma com alturas relevantes.	0,1
Acesso a obra	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,83

O tabuleiro possui fissuras de nível leve avistadas pela parte inferior, foram encontradas também estalactites em locais próximos das pingadeiras, colonizações biológicas são vistas nas marcas de descofragem do tabuleiro. A respeito das deficiências de drenagens as sarjetas estão a maioria obstruídas por detritos e vegetações consideráveis, as valas localizadas nas laterais dos encontros estão com detritos e ainda, provável que com a velocidade do escoamento está causando erosão no solo ao redor, por conta da água que escoar por fora da vala. Na parte inferior da estrutura é possível observar tubulações interrompidas, sem seguimento ou tubos de queda, demonstrado na figura 55.



Figura 54 - Fissuras, estalactites e colonização biológica no tabuleiro.



Figura 55 - Deficiência no sistema de drenagem.

A ficha de inspeção esta descrita na tabela 22 referente ao tabuleiro, o qual foi avaliado com estado de conservação de nível leve.

Tabela 20 - Ficha de inspeção tabuleiro Ponte Euro 2004.

2 - TABULEIRO	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	1	Fissuras avistadas na parte inferior	0,15
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,1
Delaminação/Destacamento	0		0,1
Armadura Exposta/Cabos expostos	0		0,15
Manchas/Eflorescências	1	Estalactites em locais próximos as pingadeiras.	0,05
Deficiência na Junta de Dilatação Est.	0		0,15
Vegetações/Colonização biológica	1	Leve colonização biológica nas marcas de descofragem.	0,05
Deficiência do Recobrimento	0		0,05
Deficiência do Sistema de drenagem	2	Sarjetas obstruídas com detritos e vegetações relevantes, valas localizadas nas laterais dos encontros com detritos e causando erosão do solo ao redor.	0,15
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,55

A superestrutura esta em ótimo estado de conservação apenas foram observadas pequenas colonizações biológicas nas marcas de descofragem.

Tabela 21 - Ficha de inspeção superestrutura Ponte Euro 2004.

3 - SUPERESTRUTURA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,2
Armadura Exposta/Cabos Expostos	0		0,2
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,15
Delaminação/Destacamento	0		0,15
Manchas/Eflorescências	1	Leve colonização biológica nas marcas de descofragem.	0,1
Deficiência do Recobrimento	0		0,15

Danos devido ao impacto	0	0,05
Grau de conservação do elemento		0,10

Em contrapartida na mesoestrutura pode-se observar muitas patologias em relação aos encontros, no lado norte os encontros estão com armaduras expostas e delaminações consideráveis, provalmente estas patologias são provenientes de deficiências no seu funcionamento, com grande nível de preocupação. Além de que nos encontros possuem manchas referente a drenagens, e ao lado sul especificamente o encontro possui pichações, assim como no pilar ao lado norte.



Figura 56 - Deficiência de funcionamento do encontro norte.



Figura 57 - Manchas, pichações nos encontros e pilar.

Tabela 22 - Ficha de inspeção mesoestrutura Ponte Euro 2004.

4 - MESOESTRUTURA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,1
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,05
Delaminação/Destacamento	3	Encontro Norte	0,05
Armadura Exposta/Cabos expostos	3	Encontro Norte	0,05
Manchas/Eflorescências	1	Pichações pilar norte e encontro sul, manchas nos encontros da drenagem.	0,05
Deficiência nos Encontros	3	No funcionamento do encontro norte, causando destacamento e armadura exposta.	0,1
Deficiência do Recobrimento	0		0,05

Deficiência no Aparelho de Apoio	0		0,15
Desaprumo/Distorção	0		0,1
Assentamento	0		0,2
Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento	0		0,05
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,65

Sobre os itens de segurança na Ponte Euro 2004 os guardas corpos se encontram com presença de colonização biológica, ferrugem já iniciada nas guardas e ligações, e ainda é possível observar marcas de acidentes tanto nos guardas corpos ao lado norte junto a passadeira como nas defensas com deformações ao longo da via sentido norte-sul, demonstrado na figura 58.



Figura 58 - Patologias nos itens de segurança.

Tabela 23 - Ficha de inspeção segurança Ponto Euro 2004.

6 - SEGURANÇA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Deficiência no Guarda-corpo	1	Presença de colonização biológica, ferrugem nas guardas e ligações. Marcas de acidentes	0,35
Deficiência na Defesa	1	Deformações devido a acidentes.	0,2
Deficiência de Iluminação	0		0,15
Deficiência de Sinalização	0		0,15
Marcas de Acidentes na via	1	Lado norte marcas no guarda corpo, juntas e defesa sentido norte-sul.	0,15
Grau de conservação do elemento			0,70

5.5. Ponte Hintze Ribeiro

Uma obra de arte conhecida por ser uma ponte com história, com vista para o jardim e arte urbana espetacular, um local no qual pode-se apreciar o Castelo de Leiria, avaliada como uma ponte simples e bonita que com a correria do dia a dia alguns nem percebem sua beleza. A Ponte Hintze Ribeiro é muito utilizada pela população Leiriense, situa-se ao centro do concelho de Leiria próximo do Jardim da Vala Real, oferecendo a travessia sobre o Rio Lis. A via que atravessa a ponte é denominada por Rua Tenente Valadim com uma única faixa e sentido que se dá para a Rua de Tomar, a qual tem saída para duas direções, como demonstra a localização na figura 59.

A ponte tem uma tipologia em arco com estrutura em alvenaria de pedra, seu pavimento é betuminoso, possui guardas em pedra e calçadas a portuguesa com lajetas de pedra. Constituída por um único tramo com extremidades em encontros e diretamente em contato com a água do Rio Lis. Sua construção foi realizada em 1904 pelo comando da Direção das Obras Públicas como consta na ponte através de um monumento presente com informações.



Figura 59 - Localização da Ponte Hintze Ribeiro.



Figura 60 - Vista geral do jardim da Ponte Hintze Ribeiro.

No dia primeiro do mês de agosto deste ano realizou-se uma visita a Ponte Hintze Ribeiro, a acessibilidade inferior a esta ponte possui dificuldades, assim foi possível observar apenas do ângulo superior da obra de arte, por ser uma ponte de comprimento reduzido e apenas uma via a visualização pode ser considerável.

O pavimento foi o primeiro item a ser inspecionado, como o roteiro da ficha de inspeção dispõe, nele pode-se analisar muitas patologias como fendilhamentos do modelo pele de crocodilo de nível grave, desagregação do betuminoso, pelada que corresponde ao desprendimento da camada de desgaste que ocorre junto as fendilhações e deformações nomeadas por rodeiras que estão presentes ao longo da passagem dos rodados. Os passeios possuem desagregações no revestimento e irregularidades por ser dois tipos de revestimentos.



Figura 61 - Patologias no revestimento betuminoso.



Figura 62 - Patologias nos passeios.

Tabela 24 - Ficha de inspeção pavimento Ponte Hintze Ribeiro.

1 - PAVIMENTO	CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Fendilhamento	3	Pele de Crocodilo	0,2
Fissuras	0		0,1
Exsudação	0		0,1
Desagregação/Desgaste	2	Desgaste do betuminoso pela via	0,15
Delaminação/Destacamento	2	Peladas	0,1
Deficiência da Junta de Dilatação	0		0,15
Manchas/Subida dos finos	0		0,1
Deformação	2	Rodeiras, ao longo da passagem dos rodados	0,15
Passeios	2	Desagregações e irregularidades	0,1
Acesso a obra	0		0,05
Grau de conservação do elemento			1,33

O próximo item é referente ao tabuleiro e o tímpano, no tabuleiro analisou-se a presença de betão armado pelo facto de conter armaduras expostas logo abaixo da tubagem presente em grandes quantidades e com destacamentos visivelmente relevantes, assim estima-se que já ocorreu uma reparação no tabuleiro e via, porém, a tempos atrás. No tímpano foram avistadas algumas patologias como a perda de argamassa entre as pedras, erosão, manchas escuras consideráveis e presença de vegetações. Em relação ao sistema de drenagem, mesmo com grelhas nos dois existentes, os mesmos estavam com detritos e vegetações obstruindo a passagem.



Figura 63 - Patologias encontradas no tabuleiro e sistema de drenagem.

Tabela 25 - Ficha de inspeção tabuleiro Ponte Hintze Ribeiro.

2 - TABULEIRO e Tímpano	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fendilhação/Perda de Argamassa	1	Perda de Argamassa	0,2
Fissuras			0,15
Delaminação	2	Destacamento do betão ao lado esquerdo	0,15
Erosão/Desagregação da Pedra	1	Erosão	0,2
Deslocamento pedras/Esco regamento do tímpano	0		0,2
Armadura exposta	2	Grande exposição ao lado esquerdo	0,15
Manchas/Eflorescência	2	Manchas escuras	0,05
Deficiência da Junta de Dilatação Estrutural	0		0,15
Vegetações/Colonização biológica	1	Vegetações	0,05
Deficiência no Recobrimento	0		0,05
Deficiência do Sistema de drenagem	1	Detritos e vegetações obstruindo as duas drenagens existentes	0,1
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,83

Nas abóbadas observou-se fendilhações finas e manchas em grandes quantidades que podem ser analisadas na figura 64. O item resultou com grau de conservação de nível leve, como demonstra da tabela 26.



Figura 64 - Fendilhações e manchas na abóbada.

Tabela 26 - Ficha de inspeção superestrutura Ponte Hintze Ribeiro.

3 -SUPERESTRUTURA (Abóbadas)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fendilhação/Perda de Argamassa	1	Fendilhações finas	0,2
Delaminação	0		0,15
Erosão/Desagregação da Pedra	0		0,2
Deslocamento das Pedras/Deformação	0		0,2
Manchas/ Eflorescência	2	Manchas em grande quantidade	0,1
Vegetações/Colonização biológica	0		0,1
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,40

Em relação a mesoestrutura da Ponte Hintze Ribeiro, apesar da distância do elemento foi possível observar patologias existentes, como erosão, manchas e pichações consideráveis, grande presença de vegetações e descalçamento na base. A causa do descalçamento pode estar relacionada ao escoamento do rio e, ainda, tem o facto de ao lado da ponte ter a presença de uma mini cachoeira, podendo assim, intensificar a patologia, como é possível observar na figura 65.



Figura 65 - Patologias observadas na mesoestrutura.

Tabela 27 - Ficha de inspeção mesoestrutura Ponte Hintze Ribeiro.

4 - MESOESTRUTURA (Pilares e Quebra-mares)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fendilhação/Perda de Argamassa	0		0,15
Delaminação	0		0,1
Erosão/Desagregação da Pedra	1	Erosão	0,15
Deslocamento das Pedras/Deformação	0		0,1
Manchas/Eflorescência	2	Manchas e pichações	0,05
Vegetações/Colonização biológica	2	Vegetações presentes consideráveis	0,05
Deficiência nos Encontros	0		0,1

Assentamento	0		0,15
Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento	2	Descalçamento	0,1
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,55

No item de segurança a deficiência considerada foi na questão dos guarda corpos, os mesmos apresentam fissuras, desagregações e manchas de nível médio, como é possível observar na figura 66. Assim na ficha de inspeção este item obteve um grau de conservação do elemento de nível de dano leve.



Figura 66 - Deficiência nos guarda corpos.

Tabela 28 - Ficha de inspeção segurança Ponte Hintze Ribeiro.

6 - SEGURANÇA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Deficiência no Guarda-corpo	2	Fissuras, desagregações e manchas	0,35
Deficiência na Defesa	0		0,2

Deficiência de Iluminação	0		0,15
Deficiência de Sinalização	0		0,15
Marcas de Acidentes na via	0		0,15
Grau de conservação do elemento			0,70

5.6. Classificação geral das OAE's

As obras de arte estudadas receberam a classificação geral do grau de conservação através da percentagem do grau de cada elemento descrito nas fichas, como mencionado no subcapítulo 4.2.2, os elementos em sua maioria obtiveram a percentagem de 15%, apenas o item 7 referente a estabilidade e o desconforto recebeu 10%. Na tabela 29 são demonstrados os resultados extraídos de todas as fichas, para uma melhor visualização e conclusão do estado de conservação das obras inspecionadas.

Tabela 29 - Conservação geral das OAE's

		Item	Grau	Grau final
Viaduto		1	0,92	0,42
		2	0,65	
		3	0,25	
		4	0,65	
		5	0,00	
		6	0,35	
		7	0,00	
		Ponte Afonso Zuquete		
2	0,40			
3	0,10			
4	0,40			
5	0,30			
6	0,50			
7	0,50			

Ponte Pedonal Metálica	Item	Grau	Grau final
	1	0,65	0,46
	2	0,19	
	3	0,05	
	4	0,54	
	5	0,00	
	6	0,30	
	7	2,00	
Ponte Euro 2004	Item	Grau	
	1	0,83	0,43
	2	0,55	
	3	0,10	
	4	0,65	
	5	0,00	
	6	0,70	
	7	0,00	
Ponte Hintze Ribeiro	Item	Grau	
	1	1,33	0,57
	2	0,83	
	3	0,40	
	4	0,55	
	5	0,00	
	6	0,70	
	7	0,00	

Os itens de cor amarela merecem uma atenção especial, pois apontam um nível de dano médio considerado como um alerta para manutenção, reparações e inspeções mais específicas nos elementos e patologias identificados.

Na Ponte Pedonal Metálica o item que merece atenção refere-se à estabilidade e ao desconforto do tabuleiro, em inspeção foi visível e perceptível as vibrações excessivas que a ponte possui, no capítulo seguinte serão apresentados os ensaios realizados e as conclusões obtidas, ainda assim foi proposto uma alternativa de reparação para diminuição destas anomalias.

A Ponte Euro 2004 apesar de ser a ponte mais nova em relação as outras obras, já possui um elemento que requer atenção. Na mesoestrutura o encontro do lado norte possui deficiência no seu funcionamento, assim causou destacamento com armaduras expostas, presume-se que o encontro tenha sofrido um deslocamento na direção y não previsto, causando essas patologias mais visíveis. Porém a reparação a nível interior é relativamente mais difícil, comparado com a reparação das patologias expostas, porém possui chances de se repetir se não reparado interiormente.

Na Ponte Hintze Ribeiro as patologias e deficiências encontradas não possuem caráter estrutural, o alerta descrito como nível médio foi basicamente para uma manutenção e reparação do pavimento que se encontra relativamente muito degradado, como pode-se analisar nas figuras apresentadas no subcapítulo 5.5, o indicado é a realização da fresagem e execução de uma nova capa de alcatrão.

De modo geral, todas as pontes obtiveram nível leve de estado de conservação, assim não necessitam de nenhuma intervenção ou reparação urgente, vale ressaltar que os elementos com os níveis médio na cor amarela demonstram um alerta, porém é indicado que os mesmo sejam monitorados e realizados manutenções e reparações a curto prazo. Assim consegue-se minimizar os danos futuros e garantir a segurança necessária a todos os utilizadores.

6. Meios Auxiliares de Diagnóstico – Ensaios Dinâmicos

No presente capítulo são descritos os ensaios de caracterização dinâmicas de três das obras de arte em estudo, apresentando o procedimento de cada ensaio dinâmico e os resultados obtidos. As estruturas foram selecionadas de acordo com a necessidade e disponibilidade dos equipamentos, e ainda, para aquelas obras de arte que poderiam fornecer resultados interessantes e comparativos no futuro, nomeadamente comparação das frequências e modo de vibração ao longo do tempo e calibração de modelos numéricos.

Para a realização dos ensaios dinâmico efetuados nas três obras, foram necessários a utilização de diversos equipamentos descritos a seguir:

- 2 cubos metálicos utilizados para o posicionamento dos acelerómetros nas direções desejadas, em casa cubo são fixos por imanes 3 acelerómetros, 1 em cada direção, transversal, longitudinal e vertical;
- 6 acelerómetros unidirecionais piezoelétricos, da marca *PCB Piezotronics*, modelo 393A03;
- Placas de aquisição de dados com 8 canais.
- 1 UPS;
- 1 computador portátil com o software desenvolvido para o controle e aquisição dos dados do ensaio.

Na figura 67 é possível observar os equipamentos utilizados nos ensaios.



Figura 67 - Equipamentos utilizados nos ensaios dinâmico.

6.1. Ensaio de caracterização dinâmica - Viaduto

A obra de arte em estudo foi escolhida para a realização de ensaios pelo fato de já conter valores de frequências de projecto, e poderem ser utilizadas para comparações com os valores experimentais.

No dia 27 de junho de 2019 foi realizado o ensaio de caracterização do comportamento dinâmico, com recurso a 4 setups (Figura 68) .

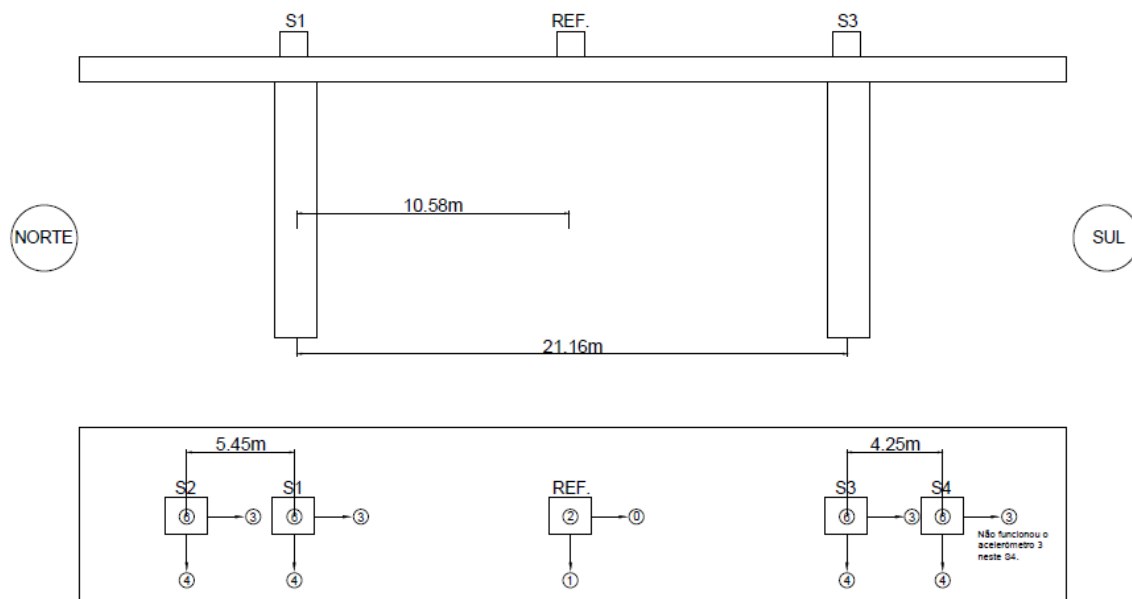


Figura 68 - Esboço geral do esquema de setups no ensaio do viaduto.

O ponto de referência situou-se no meio do viaduto em relação a comprimento e largura, o primeiro setup foi realizado com posicionamento de eixo nos pilares ao norte com duração de 10 minutos em vibração ambiental, o segundo setup foi realizado no meio do primeiro tramo, a uma distância de 16,0 metros do ponto referencial com as mesmas condições do setup anterior. O terceiro setup localiza-se para o lado sul da referência situado no eixo dos pilares com duração de 10 minutos e vibração ambiental, já o último setup posiciona-se a 14,8 metros do ponto de referência por conta do comprimento dos cabos, em mesmas condições.



Figura 69 - Realização do último setup de ensaio.

Realizado o ensaio, obtiveram-se os resultados que foram posteriormente tratados para obtenção das frequência e modos de vibrações. Assim foi possível obter a frequência experimental principal da estrutura, que possui sua direção transversal como demonstra a figura 70.

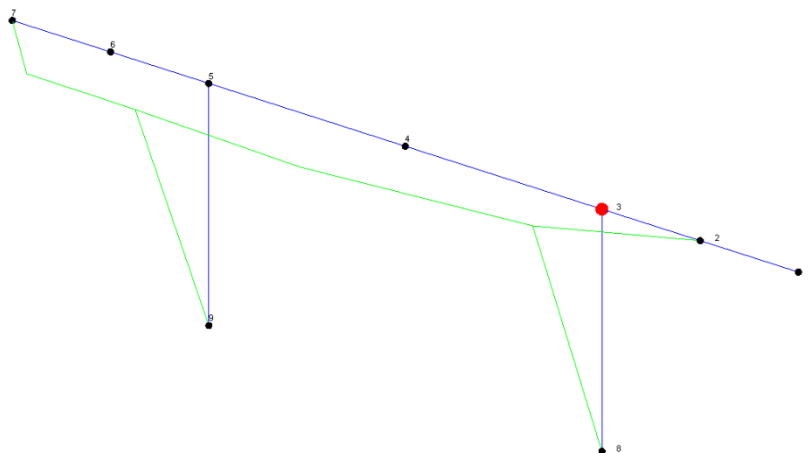


Figura 70 – Modo de vibração do viaduto com direção transversal.

O resultado encontrado possui o valor de 6,71 Hz, enquanto o projecto demonstra uma frequência transversal de 0,877 Hz, entrando o valor experimental não coincide com o valor

numérico descrito, assim não é possível realizar uma comparação com respostas conclusivas ou relativamente informativa. O indicado nesta situação é a realização de uma modelação da estrutura em estudo, pois são diversos fatores que podem ocasionar essa diferença brusca entre os valores, como por exemplo uma ação sísmica ou as próprias ligações, e assim através da modelação é possível trabalhar essas questões e obter resultados coerentes.

6.2. Ensaio de caracterização dinâmica - Ponte Afonso Zuquete

A Ponte Afonso Zuquete foi selecionada para a realização de ensaios por ser uma ponte muito movimentada desde a sua construção, a sua localização é central e assim importante para população, a obra é antiga e já passou por obras de reparação e ampliação. Afim da inspeção de rotina observou-se um desconforto do tabuleiro com vibrações perceptíveis de nível leve com a passagem dos veículos, e ainda o seu aparelho de apoio está visualmente degradado e com aspecto antigo. Logo surgiu o interesse de analisar as vibrações da estrutura ambientalmente.

Os ensaios ocorreram no dia 18 de julho deste ano, inicialmente foi realizado um esboço de como seriam posicionados os setups do ensaio de vibração ambiental na estrutura (Figura 71), observou-se que seriam necessários dois setups.

Os acelerómetros de referência definidos foram colocados no meio da ponte em relação a comprimento e largura. O primeiro setup está localizado ao leste do referencial, próximo a rotunda do sinaleiro, no meio do tramo com uma distância de 13,95 metros do ponto de referência, com a duração de 5 minutos em vibração ambiental. O segundo setup está ao lado oeste com a mesma distância e mesmas condições. A dificuldade neste ensaio foi na questão do tráfego, pois só foi possível a execução com a ajuda da polícia interrompendo o trânsito, e ainda pelo facto de não causar tanto transtorno optamos por setups de menores durações.

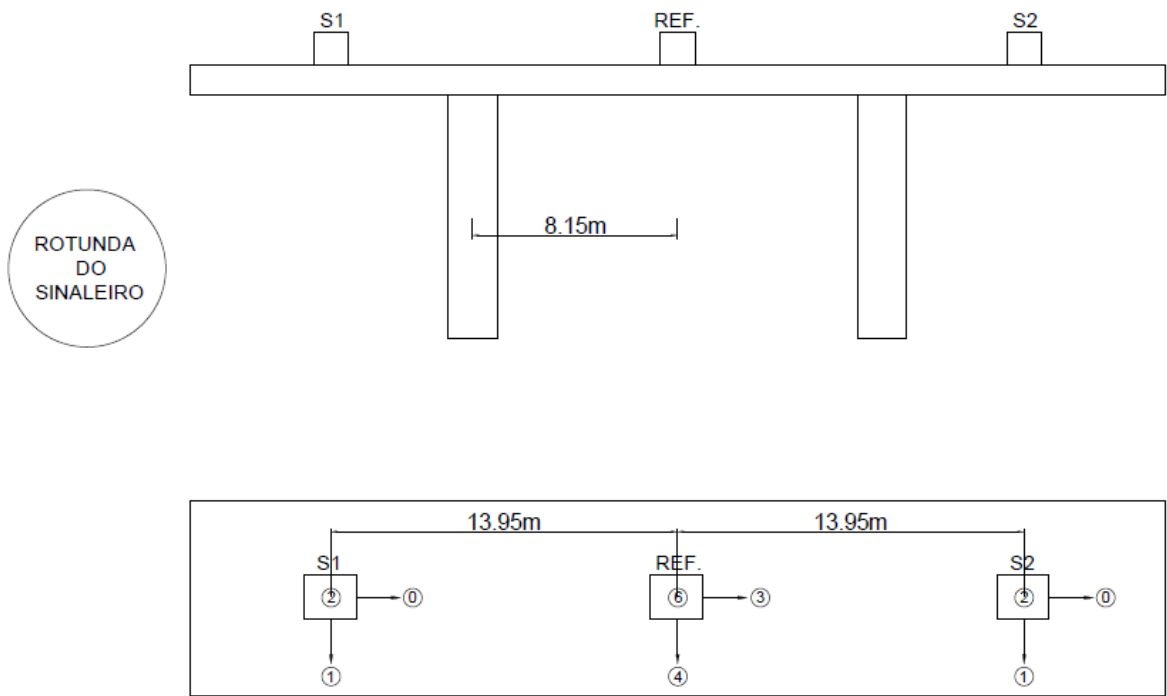


Figura 71 - Esboço geral do esquema de setups no ensaio do Ponte Afonso Zuquete.



Figura 72 - Realização do segundo setup de ensaio.

Realizado o ensaio, obtiveram-se os resultados que foram posteriormente tratados. Assim foi possível obter as frequências naturais da estrutura nos três primeiros modos de vibração, como pode ser observado na tabela 30. Nas figuras 73, 74 e 75 são demonstradas as excitações da ponte descritas na tabela.

Tabela 30 - Resultados das características dinâmicas experimentais da Ponte Afonso Zuquete.

<i>VIBRAÇÃO AMBIENTAL</i>		
<i>Modos</i>	<i>Tipo</i>	<i>Valores experimentais f(Hz)</i>
1	Transversal	5,34
2	Transversal 2ª	7,20
3	Vertical	9,74

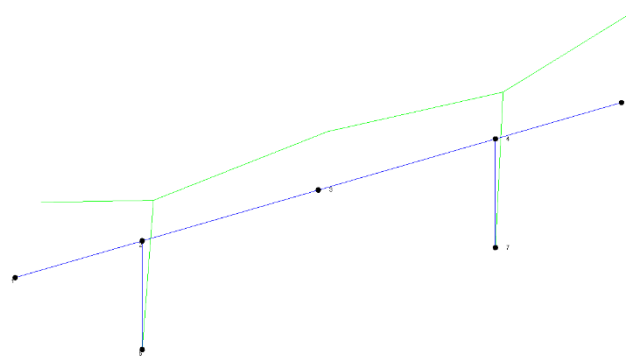


Figura 73 - Modo de vibração 1 transversal.

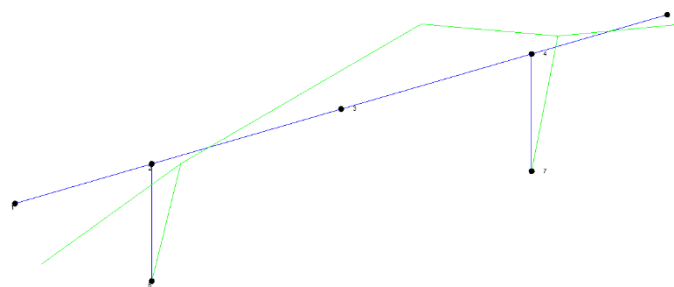


Figura 74 - Modo de vibração 2 transversal

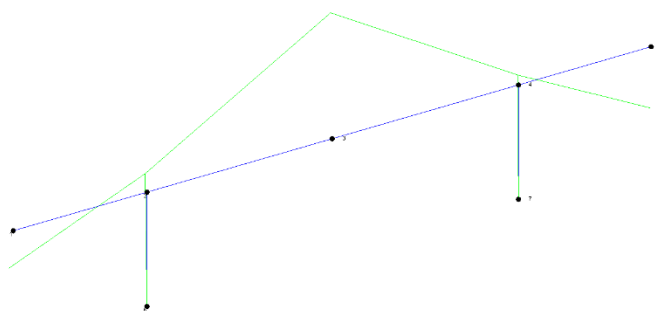


Figura 75 - Modo de vibração 3 vertical

Os valores encontrados experimentalmente devem ser comparados a valores numéricos, através de uma modelação estrutural. Porém não foi possível a realização desta modelação para esta dissertação, mas é o indicado para esta situação, pois assim será possível obter resultados conclusivos e coerentes do atual estado da estrutura em estudo.

6.3. Ensaio de caracterização dinâmica - Ponte Pedonal Metálica

A Ponte Pedonal Metálica sobre o Rio Lis foi escolhida para execução de ensaios de caracterização dinâmica pelo fato de que com a inauguração do Jardim da Almuinha Grande, o fluxo de pedestres e utilizadores da obra obteve um considerável aumento e assim tem reportado desconforto no tabuleiro com vibrações excessivas pela passagem de peões, o que foi verificado na visita de inspeção.

O ensaio de caracterização dinâmica realizou-se no dia 28 de junho de 2019 e como esta ponte é pedonal e possui vibrações relevantes optou-se pela realização de dois tipos de ensaios: um primeiro ensaio com vibrações ambientais de forma a caracterização as frequências e modos de vibração da ponte e um segundo ensaio com disposição dos acelerómetros diferentes com vibrações ambientais e forçada, imposta pessa passagem de peões em diversas situações para comparações em relação ao conforto do utilizador.

Assim para uma melhor percepção de como seria a disposição dos setups criou-se um esboço (Figura 76) representando um esquema e a numeração das diferentes situações realizadas, com o intuito de facilitar o posterior processamento de sinais e fazer corresponder corretamente as acelerações ao respectivo local medido.

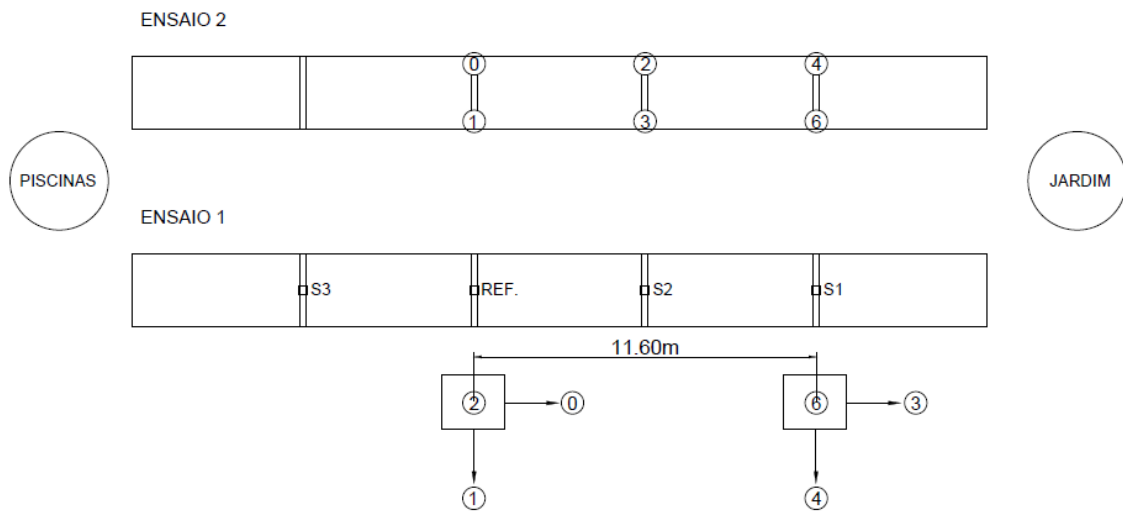


Figura 76 - Esboço geral do esquema de setups nos ensaios da Ponte Pedonal Metálica

No primeiro ensaio apenas com excitação ambiental foram realizados três setups, o ponto de referência foi posicionado na segunda ligação entre os tramos no meio da ponte em relação a sua largura. O primeiro setup foi disposto na última ligação de tramos a uma distância de 11,6 metros do referencial, com duração de 10 minutos em vibração ambiental, o segundo setup cumpriu as mesmas condições a uma distância de 5,8 ao lado norte. O terceiro setup e último relacionado as vibrações ambientais, foi colocado ao lado sul do referencial a uma distância de 5,8 metros, com duração de 10 minutos.

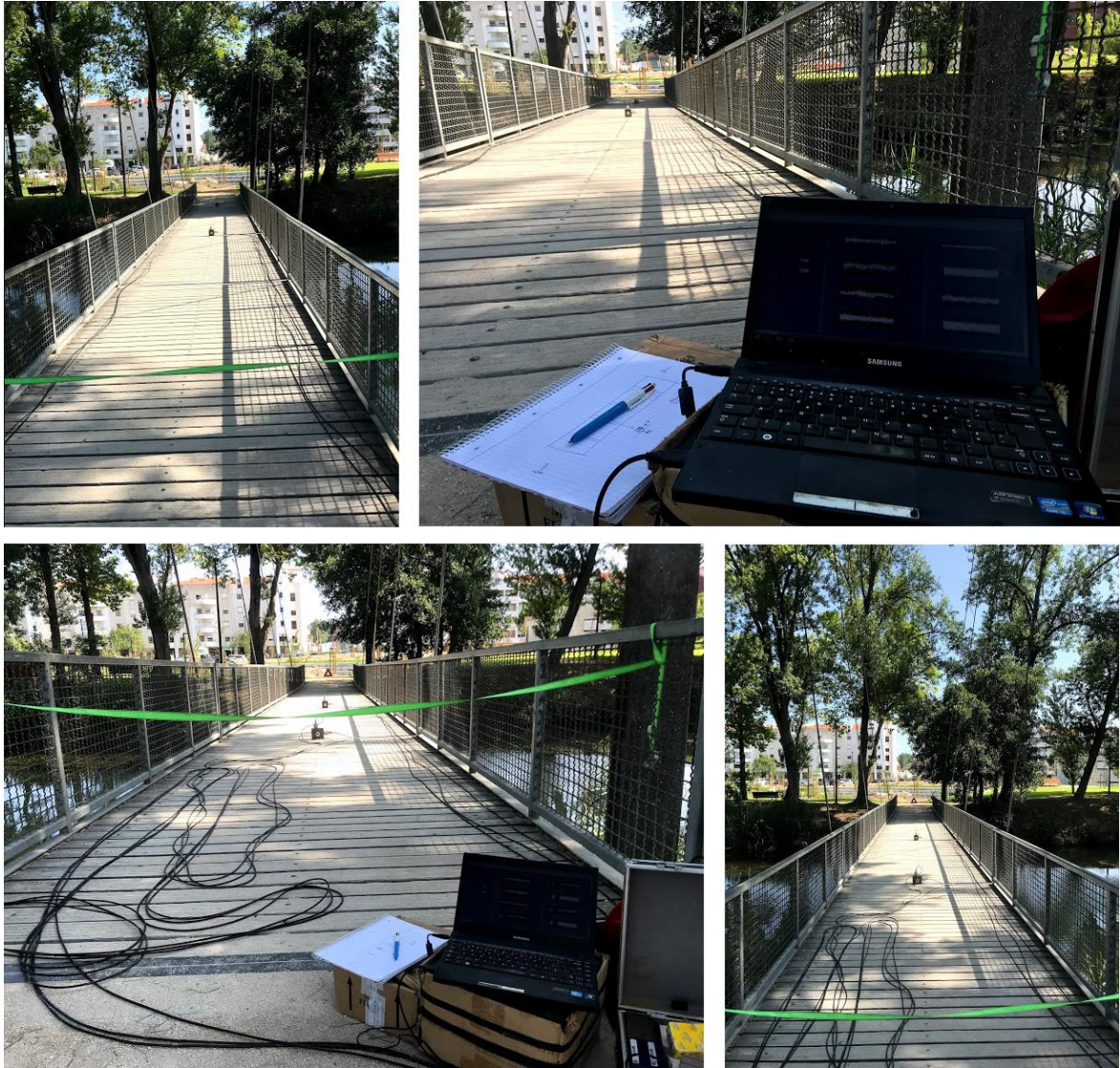


Figura 77 - Ensaio dinâmico de vibrações ambientais nos diferentes setups.

No segundo ensaio com recurso a excitação ambiental com a disposição dos acelerómetros diferenciada e ainda vibração forçada que foi medida através de ensaios dinâmicos sob ações pedonais para dois cenários distintos, uso corrente, considerado como uso mais comum na ponte, e uso não corrente, foram realizados diversos setups com duração variada, de acordo com o tempo levado para ir e voltar da ponte, exceto para o setup de vibração ambiental que obteve duração de 5 minutos. Os acelerómetros foram posicionados isoladamente na direção vertical, nos lados extremos e nas ligações dos tramos a partir da segunda, como demonstra a figura 78.



Figura 78 - Posicionamento dos acelerómetros para segunda tipologia de ensaios na Ponte Pedonal Metálica.

No uso corrente se enquadram a passagem de um peão isolado (1P) e um grupo de 3 peões (3P), para diferentes frequências da passada, sendo caminhada lenta, normal, rápida e corrida, ambas com posição no tabuleiro mais centrada possível. Em contrapartida no uso não corrente é avaliado a passagem de um grupo de 10 peões (10P) em frequência normal e rápida.



Figura 79 - Ações pedonais para ensaio dinâmico na Ponte Pedonal Metálica.

Face os ensaios realizados, logo os resultados foram tratados para obtenção dos modos de vibrações e frequências.

6.3.1. Excitação ambiental

Dos ensaios de vibrações ambientais para a identificação de caracterização dinâmica obtiveram-se dois resultados como experimentais, no ensaio 1 foram obtidos em relação aos modos de vibrações e frequências verticais, mesmo contendo acelerômetros longitudinais e

transversais, os mesmos não apresentam modos, pelo fato dos acelerômetros estarem centrados e prevalecer as excitações verticais, entretanto no ensaio 2 foram obtidos modos de vibrações e frequências verticais e de torção, diferente do anterior pelo fato da disposição dos acelerômetros.

A tabela 31 demonstra os resultados obtidos nos dois ensaios realizados, podendo assim ser perceptível o intervalo de cada modo de vibração, em seguida são apresentadas as figuras com a excitação dos três primeiros modos de cada ensaio.

Tabela 31 - Resultados das características dinâmicas experimentais da Ponte Pedonal.

<i>VIBRAÇÃO AMBIENTAL</i>			
<i>Modos</i>	<i>Tipo</i>	<i>ENSAIO 1</i>	<i>ENSAIO 2</i>
		<i>Valores experimentais f(Hz)</i>	<i>Valores experimentais f(Hz)</i>
1	Vertical	2,56	2,96
2	Torção		3,99
3	Vertical 2 ^a	5,86	5,08
4	Torção 2 ^a		6,32
5	Vertical 3 ^a	7,44	
6	Vertical 4 ^a	9,11	



Figura 80 - Modos de vibração 1 vertical a) Ensaio 1; b) Ensaio 2

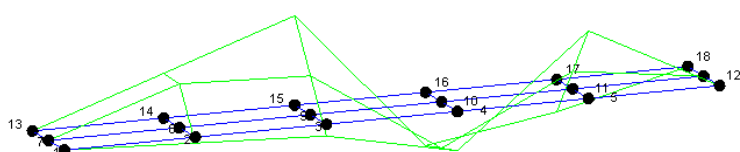


Figura 81 - Modo de vibração 2 torção, ensaio 2.

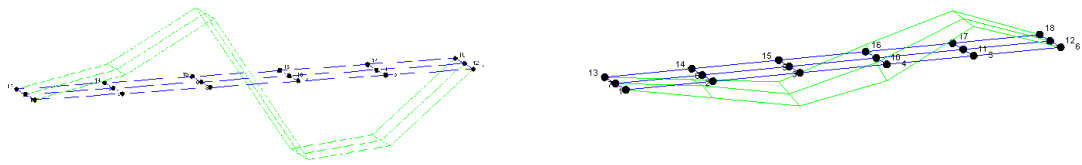


Figura 82 - Modos de vibrações 3 verticais a) Ensaio 1; b) Ensaio 2.

6.3.2. Passagem de peões

Como referido anteriormente o segundo ensaio teve como objectivo avaliar o nível de conforto da ponte. Para isso utilizou-se um guia técnico sobre avaliação do comportamento dinâmico de pontes pedonais sob ação pedestre produzido pelo Departamento de Estudos Técnicos de Estradas e Rodovias da França, intitulado como “Footbridges – Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading” pela (SETRA, 2006).

Como metodologia de análise dinâmica da ponte pedonal, a primeira fase é definir a classe da ponte pedonal. Considera-se que a ponte em estudo se encaixa na classe III destinada a pontes pedonais de uso padrão, que ocasionalmente pode ser atravessada por grandes grupos de pessoas, mas que nunca serão carregadas em toda o seu desenvolvimento. A segunda fase baseia-se na escolha do nível de conforto, sendo mínimo, médio e máximo conforto, ou seja, como a ponte já está em uso pode-se avaliar o conforto oferecido pela mesma através de sua aceleração vertical, conforme tabela representada na figura 83.

Faixas de Aceleração	0	0.5	1.0	2.5
Faixa 1	Máximo			
Faixa 2		Médio		
Faixa 3			Mínimo	
Faixa 4				

Figura 83 - Tabela com as faixas de aceleração (em m/s²) para vibrações verticais (SETRA, 2006).

A terceira e última fase é destinada a determinação de frequências e da necessidade de efetuar cálculos de casos de cargas dinâmicas ou não, para as classes I a III pontes pedonais é necessário determinar as frequências de vibração natural da estrutura, nas três direções. Tornando possível avaliar o risco de ressonância provocada pelo tráfego de pedestres. Assim é permitido analisar pelas tabelas disponibilizadas nas figuras 84 e 85. Logo, sendo faixa 1 risco máximo de ressonância, faixa 2 risco médio de ressonância, faixa 3 baixo risco de ressonância para situações de carga padrão e faixa 4 risco negligenciável de ressonância.

Frequências	0	1	1.7	2.1	2.6	5
Faixa 1						
Faixa 2						
Faixa 3						
Faixa 4						

Figura 84 - Tabela com intervalos de frequências (Hz) das vibrações verticais e longitudinais relacionadas ao risco de ressonância (SETRA, 2006).

Frequências	0	0.3	0.5	1.1	1.3	2.5
Faixa 1						
Faixa 2						
Faixa 3						
Faixa 4						

Figura 85 - Tabela com intervalos de frequências (Hz) das vibrações horizontais transversais relacionadas ao risco de ressonância (SETRA, 2006).

Para avaliação do nível de conforto da ponte pedonal relacionados ao ensaio 2, os resultados foram tratados e compilados em um gráfico apresentado na figura 86, deste modo são representados os valores das acelerações encontradas nas diferentes tipologias de passagem e quantidades de pessoas, o gráfico enquadra-se nas informações da figura 83, podendo assim averiguar o nível de conforto para cada situação, como a segunda fase propõe. Nota-se que as acelerações maiores encontradas e que predominam, situam-se nos acelerómetros

dos últimos tramos, nomeados como acelerómetros 4 e 6. Outra observação importante analisada, foi o fato dos acelerómetros terem precisão de medida até seus 0,5g, no entanto as acelerações com valores iguais a 5 m/s², pode-se ter medidas até maiores do que encontradas, porém nessa condição o desconforto já é muito visível.

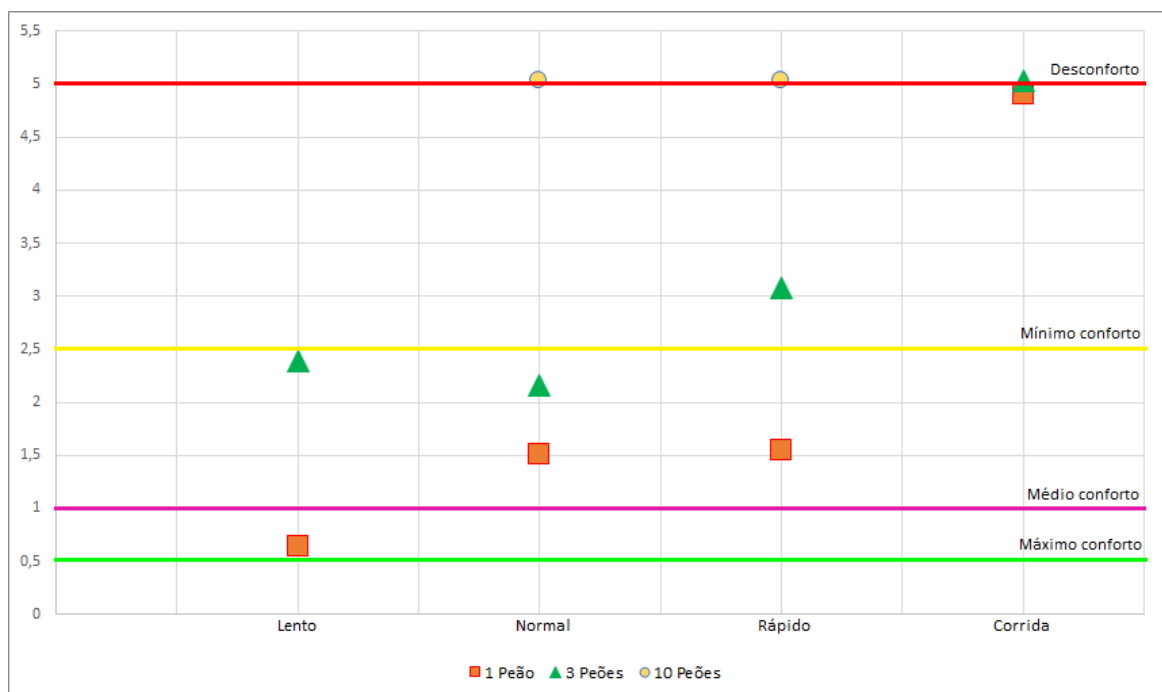


Figura 86 - Gráfico dos valores de acelerações experimentais com passagem de peões.

Na terceira fase será analisado as frequências encontradas nos resultados experimentais nos ensaios 1 e 2 para excitações ambientais, entretanto como apresentado anteriormente as frequências experimentais são de vibrações verticais, presentes na tabela 28. O modo de vibração 1 para valores experimentais se enquadra em um intervalo de 2,56 á 2,96 Hz, o qual é possível avaliar o risco de ressonância provocada pelo tráfego de pedestres nesta ponte em comparação com a figura da tabela 84, enquadrando-se na faixa 3 que provoca baixo risco de ressonância para situações de carga padrão.

6.3.3. Modelação

Para comparações dos resultados experimentais de frequência e modos de vibração foi necessário modelar a estrutura para assim obter os modos de vibrações para a análise dos resultados, optou-se por modelar no software de análise estrutural Projecto Galileu.

Assim, a modelação teve como base o projecto e o levantamento estrutural *in-situ*, para os elementos metálicos considerou-se o material Fe360 com um módulo de elasticidade de 210 GPA e um peso específico de 76,93 kN/m³, o tabuleiro é constituído por 5 plataformas, sendo a sua estrutura formada basicamente por 2 vigas, onde apoiam carlingas e outros elementos secundários, modelados com perfis U, apenas os perfis UNP5 foram substituídos por UNP10, pois era o menor modelo que encontrava-se registrado no software, não causando uma diferença relevante na estrutura. O pavimento de madeira foi considerado apenas como sobrecarga e massa nos elementos longitudinais, os 2 cabos principais de tração foram dimensionados com 36 mm, enquanto os outros 8 restantes com 20 mm, todos considerados com os momentos de inércia em $1e^{-20}$, o pilar possui 12 m de altura constituído por um pórtico metálico retangular de seção RHS 220x220x12, contraventado por 2 cruces de Santo André em tubo circular de seção CHS 76.1x6.3, modelados como está referido no projeto e executados na obra. Os apoios inseridos foram considerados como rotulados na ancoragem, encastrados no pilar e apoios simples yz na margem norte. Os guardas corpos são considerados com prumos e travessas em tubos retangulares com seção RHS 50x50x3, com altura em 0,95 m como levantamento *in-situ* verifica. Por fim, gerou um modelo como pode-se observar na figura 87.

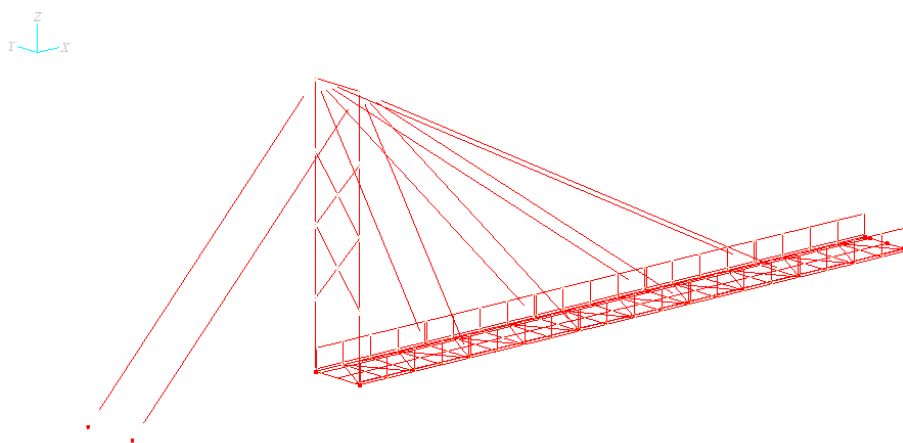


Figura 87 - Projecção Ponte Pedonal Metálica pelo Software Projecto Galileu.

Da análise da estrutura considerando as condições originais de projecto foram analisados os primeiros modos de vibração que se apresentam na tabela 32, em seguida pode-se observar através das figuras as deformadas em cada modo de vibração.

Tabela 32 - Características dinâmicas Ponte Pedonal modelação completa.

<i>MODELAÇÃO</i>		
<i>Modos</i>	<i>Tipo</i>	<i>MODELAÇÃO COMP.</i>
		<i>Valores calculados f(Hz)</i>
1	Torção	3,34
2	Vertical	3,55
3	Torção Local	4,96
4	Torção Global	5,64

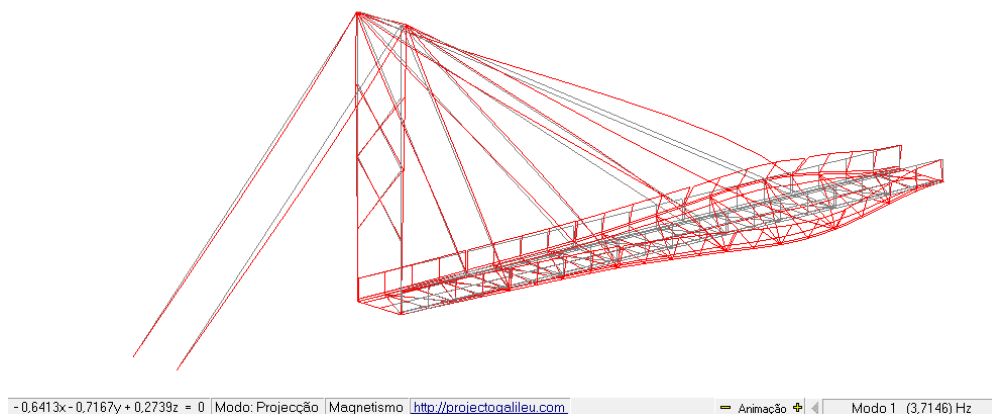


Figura 88 - Deformada Ponte Pedonal modo de vibração 1 modelo original.

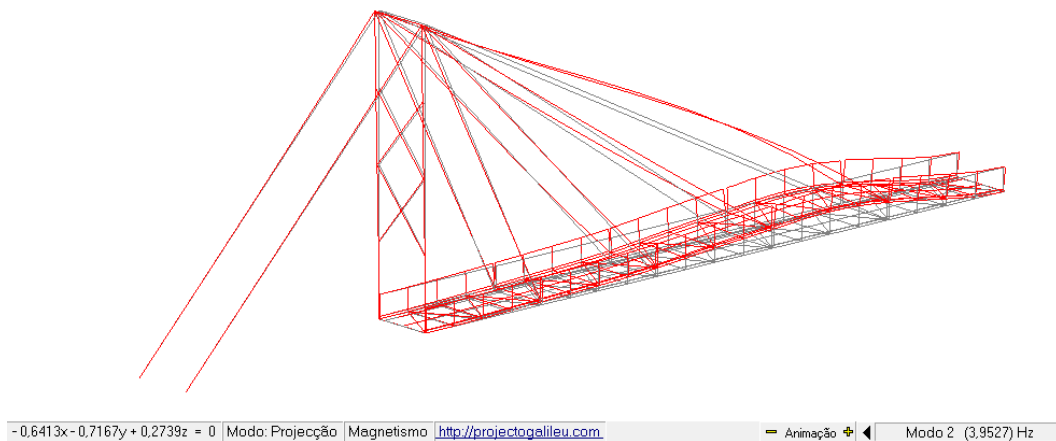


Figura 89 - Deformada Ponte Pedonal modo de vibração 2 modelo original.

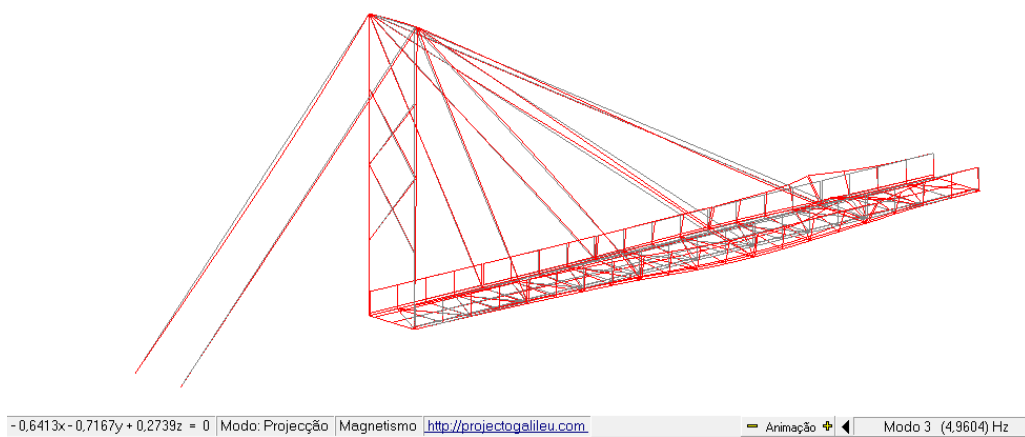


Figura 90 - Deformada Ponte Pedonal modo de vibração 3 modelo original.

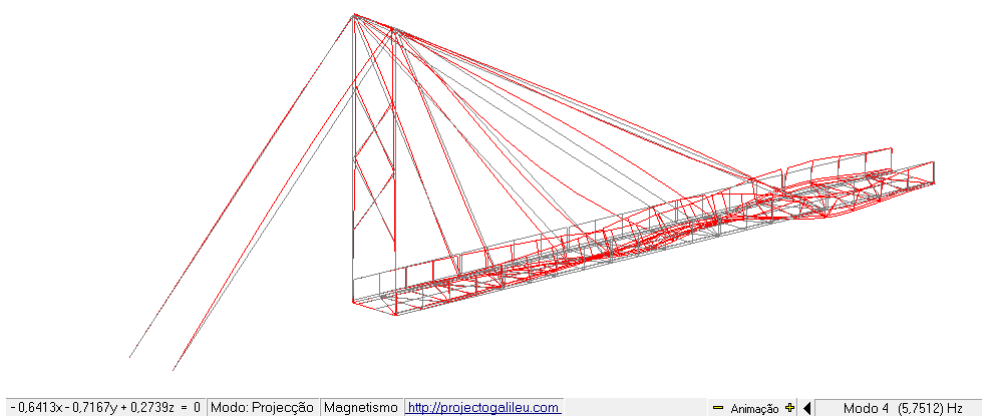


Figura 91 - Deformada Ponte Pedonal modo de vibração 4 modelo original.

A tabela 33 faz uma comparação dos resultados obtidos pelos ensaios 1 e 2 de excitação ambiental com os valores retirados da modelação da estrutura original.

Tabela 33 - Comparação das características dinâmicas experimentais com a modelação original.

<u>VIBRAÇÃO AMBIENTAL</u>				<u>MODELAÇÃO</u>
<i>Modos</i>	<i>Tipo</i>	<i>ENSAIO 1</i>	<i>ENSAIO 2</i>	<i>MODELAÇÃO COMP.</i>
		<i>Valores experimentais f(Hz)</i>	<i>Valores experimentais f(Hz)</i>	<i>Valores calculados f(Hz)</i>
1	Vertical	2,56	2,96	3,55
2	Torção		3,99	3,34
3	Vertical 2 ^a	5,86	5,08	
4	Torção 2 ^a		6,32	5,64

Verificando-se uma diferença significativa nos modos experimentais e calculados, considerou-se o modelo numérico, anulando a contribuição do último cabo, posicionado próximo a margem norte, estimando como cabo fraco com área de $1e^{-20}$ na resposta estrutural. As frequências e modos de vibração são apresentados na tabela 34 e nas figuras 92, 93 e 94.

Tabela 34 – Comparação das características dinâmicas da Ponte Pedonal Metálica com cabo fraco.

<u>VIBRAÇÃO AMBIENTAL</u>				<u>MODELAÇÃO</u>	
<i>Modos</i>	<i>Tipo</i>	<i>ENSAIO 1</i>	<i>ENSAIO 2</i>	<i>MODELAÇÃO COMP.</i>	<i>MODELAÇÃO CABO FRACO</i>
		<i>Valores experimentais f(Hz)</i>	<i>Valores experimentais f(Hz)</i>	<i>Valores calculados f(Hz)</i>	<i>Valores calculados f(Hz)</i>
1	Vertical	2,56	2,96	3,55	2,81
2	Torção		3,99	3,34	3,67
3	Vertical 2 ^a	5,86	5,08		5,22
4	Torção 2 ^a		6,32	5,64	5,87

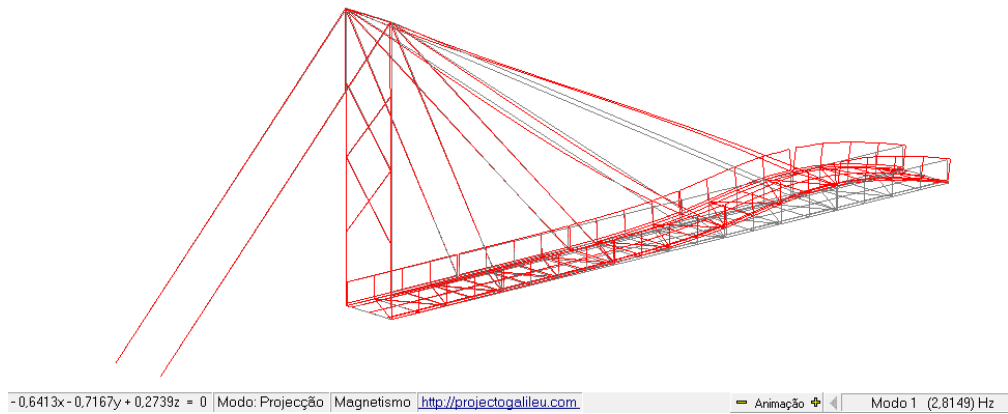


Figura 92 - Deformada da Ponte Pedonal modo de vibração 1 com modelo cabo fraco.

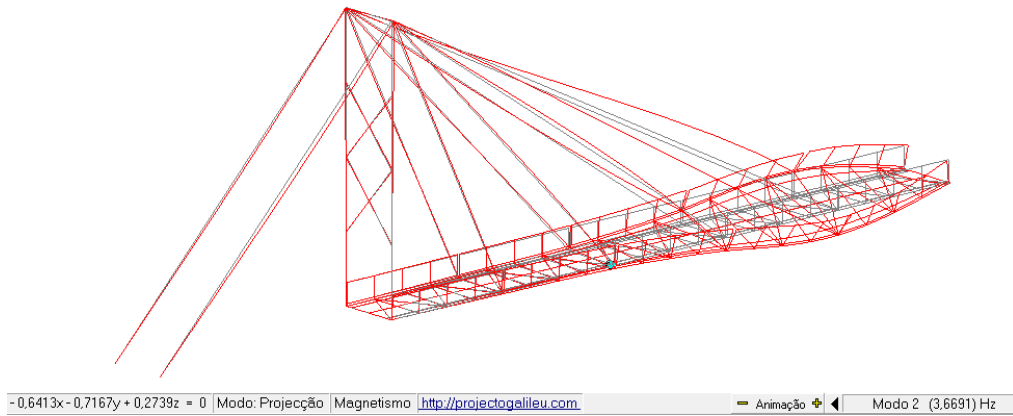


Figura 93 - Deformada da Ponte Pedonal modo de vibração 2 com modelo cabo fraco.

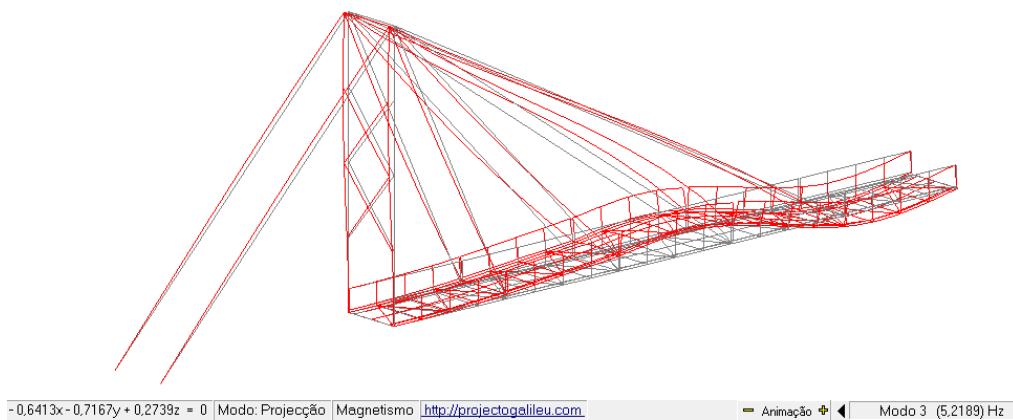


Figura 94 - Deformada da Ponte Pedonal modo de vibração 3 com modelo cabo fraco.

Em análise dos resultados obtidos na comparação da tabela 34 concluiu-se que o último cabo de suspensão não está a funcionar como considerado inicialmente, assim a modelação considerando o cabo fraco condiz com os resultados experimentais encontrados, ficando com a frequência calculada entre o intervalo do primeiro modo de vibração.

6.3.4. Discussão dos resultados

Em análise dos resultados obtidos através dos ensaios realizados e a modelação calculada para a Ponte Pedonal em estudo, demonstra-se respostas conclusivas para as dificuldades que a obra apresenta.

Em consideração aos estudos sobre a passagem de peões é possível avaliar o nível de conforto que a ponte oferece atualmente, de acordo com o gráfico apresentado na figura 86, as acelerações encontradas no ensaio 2 são extrapolantes para o conforto dos utilizadores, sendo que as maiores são identificadas nos últimos tramos. Apenas teram médio conforto aqueles que faram a passagem completa da ponte em uma única pessoa e em passos lentos, caso ocorra a passagem de 3 pessoas em passos rápidos já estão em desconforto. Esse estudo comprova o que realmente foi avaliado e perceptível na visita realizada a obra,

Outra análise efetuada é em relação ao risco de ressonância provocada pelo tráfego de pedestres, analisado através das frequências encontradas nos resultados experimentais nos ensaios 1 e 2 para excitações ambientais, enquadrando-se na faixa 3 que provoca baixo risco de ressonância para situações de carga padrão.

Por outro lado, as comparações efetuadas com relação aos valores experimentais e numéricos concluíram que a ponte está atualmente com o último cabo não exercendo seu devido trabalho, assim as vibrações naquele lado são maiores e causam desconforto aos utilizadores.

Para um melhor comportamento da estrutura, diminuindo os níveis de acelerações máximas ao lado norte e aumentando as frequências é aconselhável a restrição de rotação do apoio norte. Como sugestão para a solução desse problema é possível realizar um sistema de pistão neste apoio, que baseia-se em um perfil U metálico dimensionado exatamente para esta ocasião, que compõe em seu meio cilindros que ficam em contato com a estrutura da ponte podendo assim haver rotações em x, preenchido por algum material de expansão para

interferir na entrada de detritos. Além de uma fundação em betão armado para suportar esse sistema e torná-lo estável. Este sistema torna-se mais eficiente e relativamente mais fácil do que a própria troca do cabo de suspensão.

7. Conclusões e desenvolvimentos futuros

Na presente dissertação foram apresentados os sistemas de gestão das obras de arte especiais em Portugal e no Brasil, uma breve descrição sobre pontes e as patologias principais ocorrentes nessas estruturas de acordo com o material presente. Ainda sim o capítulo 3 aprofundou-se nos modelos de inspeções abordando seus objetivos e importância de cada modelo.

A identificação das patologias de uma obra de arte é, por norma, obtida através de inspeções. Contudo a realização de inspeções deve ser precedida, entre outras coisas, da existência de um inventário atualizado sobre as obras que serão inspecionadas, sendo uma condição essencial para esse processo. Entre todos os modelos de inspeções, destaca-se a inspeção de rotina, além de ser a inspeção de menor custo por ser visual, se obtém maior quantidade de informação relevante, tornando-se assim o tipo de inspeção mais utilizado.

Como metodologia e objetivo principal do trabalho, através da análise e pesquisa de manuais e normas de inspeções internacionais, criou-se um guia de inspeção como proposta para a Câmara Municipal de Leiria. Neste guia são apresentadas 4 fichas, sendo 1 inventário, 1 ficha de inspeção para betão armado, 1 ficha de inspeção para estrutura metálica e 1 ficha de inspeção para alvenaria de pedra, além do roteiro de utilização dessas fichas e uma descrição detalhada dos níveis consideráveis para cada patologia encontrada. Ao final, essa metodologia apresenta o nível de conservação da estrutura avaliada, indicando o alerta de dano que a obra representa atualmente.

No âmbito da presente dissertação foi possível a aplicação e validação da metodologia proposta a um conjunto de casos reais. Foram inspecionadas cinco obras no concelho de Leiria, em diferentes materiais e estruturas, efetuou-se seu registo por meio do inventário e ao final do estudo de caso obteve-se a classificação geral das obras, no entanto todas estão com o estado de conservação em nível leve de dano, porém alguns elementos entre as obras obtiveram nível médio de dano representado com a cor de alerta amarela, que expressa uma condição que sejam monitoradas e realizadas manutenções e reparações a curto prazo, caso a patologia seja em âmbito estrutural tem casos que é necessário inspeções e ensaios mais específicos.

Como uma maneira de aprofundar o estudo, foram realizados através de meios auxiliares de diagnóstico, ensaios de caracterização dinâmica em três das obras estudadas, em duas delas não foi possível obter resultados conclusivos, por motivos de valores de comparações, porém obteve-se as principais frequências presentes nas estruturas. Entretanto uma das obras, a ponte pedonal metálica, alcançou resultados relevantes e conclusivos. Realizou-se uma modelação numérica que ajudou a interpretar os resultados obtidos nos ensaios dinâmicos de vibrações ambientais, o qual foi possível concluir que o último cabo da ponte não está realizando seu devido funcionamento, contribuindo assim com vibrações excessivas e causando desconforto aos utilizadores. Além da observação das vibrações ambientais, foi avaliado o comportamento da ponte em relação a vibração forçada com a passagem de peões em diferentes quantidades e maneiras, em comparação das acelerações obtidas ao guia técnico sobre avaliação do comportamento dinâmico de pontes pedonais da França pode-se concluir que a ponte em estudo predomina com mínimo conforto e desconforto, dependendo da situação, por outro lado a ponte enquadra-se em baixo risco de ressonância para cargas padrão.

Esta dissertação, de certa maneira, tem como interesse ajudar a Câmara Municipal de Leiria com um documento orientador e padronizado para que as obras de arte especiais recebam a sua devida importância e gestão, para assim minimizar os danos e custos num futuro e o mais importante, garantir a segurança necessária para os utilizadores.

No seguimento deste trabalho existem várias sugestões de desenvolvimentos futuros que podem ser exploradas.

Em relação a metodologia proposta das fichas, seria interessante aplicá-las em outras obras, em uma quantidade maior e considerável, para testá-las e assim aos poucos ir melhorando e adicionando outras informações caso seja necessário.

Nas patologias classificadas em nível médio pode-se realizar inspeções e ensaios específicos para assim adquirir detalhes e informações para realização de manutenção e reparação necessária em um período de tempo estipulado. Através destes trabalhos averiguar e sugerir algumas maneiras de como realizar essas reparações.

A necessidade da construção de modelos numéricos das obras que não obtiverem valores coerentes para comparação, assim com a modelação pode-se trabalhar em conjunto e obter informações concludentes, podendo assim aprofundar-se nessas obras.

Utilizar esta dissertação para atualizar os arquivos da Câmara Municipal de Leiria, otimizando a gestão das suas obras, criando algo padronizado.

Referências bibliográficas

- Branco, F. (2001). Do projecto à manutenção - uma visão da gestão de pontes. In FEUP (Ed.), *Seminário sobre segurança e a reabilitação das pontes em Portugal*. Porto.
- Brito, J. de. (1992). *Desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Obras de Arte em Betão*. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Brito, J. de. (2001). Normalização de Processos na Inspeção de Pontes. *Segurança e Reabilitação Das Pontes Em Portugal*. Porto: FEUP.
- Caltrans. (2017). *Caltrans Bridge Element Inspection Manual*. Califórnia.
- CEB-FIB, I. F. for S. C. (2002). *Management, maintenance and strengthening of concrete structures*.
- Cruz, P. J. S. (2006a). *Inspeção, diagnóstico, conservação e monitorização de pontes*.
- Cruz, P. J. S. (2006b). Linhas orientadoras de um política de manutenção, conservação e inspeção de pontes. *4ª Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas*, 1–15.
- DNIT. (2004a). Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento. In *Norma Dnit 010/2004 - Pro*.
- DNIT. (2015). Sistema de gerenciamento de obras de arte especiais - SGO. *DNIT Informa*, 6–11.
- DNIT. (2019a). Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Retrieved May 27, 2019, from Brasil website: <http://www.dnit.gov.br/acesso-a-informacao/perguntas-frequentes>
- DNIT. (2019b). Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes. Retrieved from Brasil website: <http://www.dnit.gov.br/noticias/com-proarte-dnit-recupera-mais-de-1-700-estruturas>
- DNIT, D. N. de I. de T. (2004b). *Manual de inspeção de pontes rodoviárias*. Rio de Janeiro.
- DNIT, D. N. de I. de T. (2011). *Sistema de gerenciamento de OAE*.
- EP, E. de P. S. . (2008). *Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários* (Vol. 1).
- FHWA, F. H. A. (2004). *Regulation 23 CFR 650C*. Retrieved from

- <https://www.fhwa.dot.gov/legsregs/directives/fapg/cfr0650c.htm>
- FHWA, F. H. A. (2012). *Bridge Inspector`s Reference Manual (BIRM)*. Retrieved from <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/nbis/pubs/nhi12049.pdf>
- Figueiredo, E., Moldovan, I., & Barata Marques, M. (2013). *Condition Assessment of Bridges : Past , Present and Future A Complementary Approach* (U. C. Editora, Ed.). Lisboa.
- Graça, J. P. de O. (2017). *Inspeção de um conjunto de pontes - Contribuição para o sistema de gestão municipal*. Universidade de Coimbra.
- Helene, P. R. L. (1992). *Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto* (2nd ed.; PINI, Ed.). São Paulo.
- IP. (2019). Infraestruturas de Portugal: Sobre nós. Retrieved May 20, 2019, from <https://www.infraestruturasdeportugal.pt/sobre-nos>
- IP, I. de P. (2017). *Sistema de Gestão de Obras de Arte da IP (SGOA IP) - Bases do Sistema*. Lisboa.
- IP, I. de P. (2018). *Guia para o Diagnóstico de Obras de Arte Metálicas e Mistas*. Lisboa.
- Jesus, R. F. A. de. (2015). *Inspeção e Reabilitação de Pontes e Viadutos em Betão Armado na R.A.M.* Universidade da Madeira.
- Leiria, C. M. de. (2019). Município. Retrieved from <https://www.cm-leiria.pt/>
- Lencioni, J. W. (2005). *Proposta de Manual Para Inspeção de Pontes e Viadutos em Concreto Armado – Discussão sobre a Influência dos Fatores Ambientais na Degradação de Obras-de-Arte Especiais* (Instituto Tecnológico de Aeronáutica). <https://doi.org/616.89-008.47:616->
- Lobo, L. (2002). Reabilitação de pontes de alvenaria. *Pedra & Cal*, 4–6. Retrieved from http://www.gecorpa.pt/Upload/Revistas/Rev14_Pag04.pdf
- Lourenço, L. C., Alves, V. R., Jordy, J. C., Mendes, L. C., & Lourenço, M. V. C. (2009). Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais. *Engenharia Civil*, 34, 5–14.
- Medina, A. (2013). *Ensaios em pontes*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Meireles, A. (2010). *Levantamento e Diagnóstico de uma Ponte Metálica Antiga*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

- Milani, C. J., & Kripka, M. (2012). Diagnosis of Pathologies in Bridges of the Road System in Brazil. *Construct II, 1*, 26–34. Retrieved from http://www.constructii.incd.ro/Archive/2012-1/Constructii_2012_Vol.13_No.1_ID2012130102.pdf
- Pereira, S. A. A. (2018). *Inspeção de obras de arte metálicas e mistas - Caso de estudo : Ponte de D. Luís s / o rio Tejo*. Universidade Nova de Lisboa.
- Pfeil, W. (1983). *Ponte, curso básico: projetos, construção e manutenção*. Rio de Janeiro: Campus.
- Poças, R. de F. G. (2009). *Gestão do Ciclo de vida de Pontes*. Universidade do Minho.
- Póvoa, A. (2017). *Palestra: Obras de Arte da Rede Rodoviária da IP - Gestão, Inspeção, Monitorização, Projeto, Manutenção, Reparação e Reforço*. Coimbra.
- Santos, J. A. dos. (2008). *Patologias em Obras-de-Arte*. Universidade de Aveiro.
- SETRA, S. d'Études T. des R. et A. (1996a). *Classification des Ouvrages*.
- SETRA, S. d'Études T. des R. et A. (1996b). *Guide de Visite en Subdivision*.
- SETRA, S. d'Études T. des R. et A. (2006). *Footbridges - Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading*. Paris.
- Silva, C. A. R. e. (2016). *Reabilitação de pontes de alvenaria de pedra - Estudo aplicado a pontes do concelho de Paredes de Coura*. Instituto Politécnico de Viana do Castelo.
- Silva, F. M. da. (2016). *Inspeção De Rotina De Obras De Arte Especiais : Pontes E Viadutos*. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Souza, V. C. M., & Ripper, T. (1998). *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. (PINI, Ed.). São Paulo.
- Ximenes, A. de A. (2011). *Análise das juntas de dilatação das pontes e viadutos da região metropolitana do Recife*. Universidade de Pernambuco.

Anexos

A) Tabelas dos níveis de danos de cada patologia, diferenciadas por elemento e material.

Tabela A.1 – Níveis do estado dos danos pavimento de asfalto.

Elemento: Pavimento

Descrição: Todos os pavimentos em camadas betuminosas

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fendilhamento	Nenhuma.	Fenda inferior a 2 mm. Malha superior a 20 cm.	Fenda entre 2 e 4 mm. Malha inferior a 20 cm e fenda menores 2 mm; fenda entre 2 e 4 mm para qualquer malha; fenda superior a 4 mm e malha superior a 40 cm.	Fendas graves, de grande dimensão, ramificada com perda de material acompanhada com deformações e desagregações. Malha inferior 40 cm e fendas maiores a 4 mm.
Exsudação	Nenhuma.	Exsudação com largura inferior a 30 cm.	Exsudação com largura entre 30 cm a 100 cm.	Exsudação com largura superior a 100 cm.
Desagregação/ Desgaste/ Peladas	Nenhuma.	Desagregação com largura inferior a 30cm.	Desagregação com largura entre 30cm e 100cm.	Desagregação com largura superior a 100cm.
Deficiência da junta de dilatação	Nenhuma.	Um quarto das juntas sem selagem. Desagregação dos bordos das juntas, afetando um quarto ou com largura inferior a 10cm.	Metade das juntas sem selagem ou com produto envelhecido separado dos bordos. Desagregação em metade da junta ou numa largura entre 10 e 20 cm.	Totalidade das juntas sem selagem ou com produto envelhecido separado dos bordos e com fendas. Desagregação na totalidade da junta ou numa largura superior a 20 cm.
Manchas/Subida dos finos	Nenhuma.	Finos apenas presentes nos bordos das fendas existentes.	Finos abrangendo a zona de passagem dos rodados dos veículos.	Finos abrangendo mais de 75% da largura da via afetada.
Deformação	Nenhuma.	Diferença de nível inferior a 10 mm.	Diferença de nível compreendida entre 10mm e 30mm.	Diferença de nível superior a 30 mm.
Passeios	Boas condições	Pavimento levemente degradado, com condição de passagem.	Pavimento degradado, com condição de passagem.	Totalmente degradado, sem condição de passagem.
Acesso a obra*	Boa condição, sem desconforto.	Desfasamento perceptível. Desnível inferior a 0,5 cm.	Desfasamento incómodo. Desnível entre 0,5 cm e 1 cm.	Desfasamento muito incómodo. Desnível superior a 1 cm.

Tabela A.2 – Níveis do estado dos danos pavimento de betão.

Elemento: Pavimento

Descrição: Pavimentos com camadas de betão ou betão armado

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fendilhamento (Pavimentos com Camada de Desgaste em Betão de Cimento)	Nenhuma.	Fenda finas perceptíveis inferior a 15 mm. Malha superior a 30 cm.	Fenda superior a 15 mm ou fendas ramificadas ou paralelas. Malha inferior a 30 cm.	Fendas em malhas ou com desagregação dos bordos ou com perda de material.
Fissuras	Nenhuma ou fissuras seladas.	Fissuras com larguras entre 0,3 a 1,2 mm.	Fissuras com largura superior a 1,2 mm.	A superfície de desgaste não é mais eficaz.
Desagregação/ Desgaste	Nenhuma.	Desagregação com largura inferior a 30cm.	Desagregação com largura entre 30cm e 100cm.	Desagregação com largura superior a 100cm.
Delaminação/ Destacamento	Nenhuma.	Destacamento numa largura inferior a 30 cm.	Destacamento com largura entre 30cm e 100cm.	Destacamento com largura superior a 100cm.
Deficiência da junta de dilatação	Nenhuma.	Um quarto das juntas sem selagem. Desagregação dos bordos das juntas, afetando um quarto ou com largura inferior a 10cm.	Metade das juntas sem selagem ou com produto envelhecido separado dos bordos. Desagregação em metade da junta ou numa largura entre 10 e 20 cm.	Totalidade das juntas sem selagem ou com produto envelhecido separado dos bordos e com fendas. Desagregação na totalidade da junta ou numa largura superior a 20 cm.
Deformação	Nenhuma.	Desnível inferior a 0,5 cm.	Desnível entre 0,5 cm a 1,0 cm.	Desnível superior a 1,0 cm.
Passeios	Boas condições.	Pavimento levemente degradado, com condição de passagem.	Pavimento degradado, com condição de passagem.	Totalmente degradado, sem condição de passagem.
Acesso a obra	Boa condição, sem desconforto.	Desfasamento perceptível. Desnível inferior a 0,5 cm.	Desfasamento incómodo. Desnível entre 0,5 cm e 1 cm.	Desfasamento muito incómodo. Desnível superior a 1 cm.

Tabela A.3 – Níveis do estado dos danos pavimento de madeira.

Elemento: Pavimento

Descrição: Pavimentos em madeira.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fissuras	Nenhuma ou insignificantes.	Fissuras de pequenas dimensões comparados com o membro ou que tenham sido consertadas.	Fissuras identificadas com aberturas, com grandes dimensões, não presas. Sem requerer uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Desagregação/ Desgaste	Nenhuma ou nenhuma perda de seção mensurável.	Perda de seção menor que 10% da espessura do membro.	Perda de seção 10% ou mais da espessura do membro, mas não justifica avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Delaminação/ Destacamento	Nenhuma.	Comprimento menor que o profundidade do membro ou preso com ações efetivas tomadas para mitigar.	Comprimento igual ou maior que a profundidade do membro, mas não requer revisão estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Esmagamento	A diminuição seja inferior a 5% da espessura do membro, independentemente da localização.	Diminuição de 5% a 50% da espessura do membro e exceto em uma zona de tensão.	Diminuição em mais de 50% da espessura do membro ou mais de 5% da espessura do membro em uma zona de tensão, mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Afrouxamento/ Deficiência nas ligações	Ligações estão boas, no lugar e funcionando conforme o esperado.	Ligação um pouco solta ou com ferrugem sem alteração, mas a conexão está no lugar e funcionando como pretendido.	Faltando parafusos, soldas quebradas, ligações soltas, ferrugem com alteração, mas não justifica uma análise estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Distorção	Nenhuma.	Distorção que não requer mitigação ou distorção atenuada.	Distorção que requer mitigação que ainda não foi concretizada, mas não tem impacto estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Passeios	Boas condições.	Pavimento levemente degradado, com condição de passagem.	Pavimento degradado, com condição de passagem.	Totalmente degradado, sem condição de passagem.
Acesso a obra	Boa condição, sem desconforto.	Desfasamento perceptível. Desnível inferior a 0,5 cm.	Desfasamento incómodo. Desnível entre 0,5 cm e 1 cm.	Desfasamento muito incómodo. Desnível superior a 1 cm.

Tabela A.4 – Níveis do estado dos danos pavimento de metálico.

Elemento: Pavimento

Descrição: Pavimentos em chapas perfuradas metálicas ou superfícies metálicas.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Desagregação/ Descascamento/ Calcinação da camada de proteção	Colorações correntes associadas aos estágios de oxidação inicial do revestimento	Textura granular ou superfície ondulada	Formação de pequenos flocos de dimensão inferior a 12.5 mm. Dano afeta o acabamento final e o primário. Perda de pigmento.	Formação de flocos de dimensão superior a 12.5 mm, películas ou nódulos. Exposição do metal sem proteção.
Fissuras (fadiga)	Nenhuma.	Fissura que foi auto-travada ou já consertadas por pregagens, duplicação de placas ou similar.	Existe fissura identificada que não foi consertada, mas não requer uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Deficiência da junta de dilatação	Sem detritos que afete o desempenho da junta. Nenhuma deficiência.	Parcialmente preenchida por detritos, mas ainda permitindo movimento livre. Metal em condição admissível não afetando seu movimento.	Completamente preenchida por detritos e impacta o movimento articular. Metal deteriorado, mas articulação ainda em funcionamento.	Completamente preenchida e impede o movimento articular. Metal totalmente danificado que impede que a junta funcione como pretendido.
Corrosão	Nenhuma.	Presença de ferrugem, corrosão do aço já iniciada.	A perda de seção é evidente ou com predominância de ferrugem, mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Afrouxamento/ Deficiência nas ligações	Ligações estão boas, no lugar e funcionando conforme o esperado.	Ligação um pouco solta ou com ferrugem sem alteração, mas a conexão está no lugar e funcionando como pretendido.	Faltando parafusos, soldas quebradas, ligações soltas, ferrugem com alteração, mas não justifica uma análise estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Distorção	Nenhuma	Distorção que não requer mitigação ou distorção atenuada.	Distorção que requer mitigação que não foi abordada, mas não justifica uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Passeios	Boas condições.	Pavimento levemente degradado, com condição de passagem.	Pavimento degradado, com condição de passagem.	Totalmente degradado, sem condição de passagem.
Acesso a obra	Boa condição, sem desconforto.	Desfasamento perceptível. Desnível inferior a 0,5 cm.	Desfasamento incómodo. Desnível entre 0,5 cm e 1 cm.	Desfasamento muito incómodo. Desnível superior a 1 cm.

Tabela A.5 – Níveis do estado dos danos tabuleiro em betão.

Elemento: Tabuleiro

Descrição: Tabuleiros em Betão Armado e/ou pré-esforçados.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fissuras	Nenhuma ou insignificantes.	Fissuras de largura moderada sem vedação. Fissuras de 0,3 a 1,3 mm de largura. Para elemento pré-esforçado fissuras entre 0,1 a 0,2 mm de largura.	Fissuras largas ou consideradas de padrão pesado. Fissuras maiores que 1,3 mm de largura. Para elemento pré-esforçados fissuras maiores que 0,2 mm de largura.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Desagregação/ Desgaste	Nenhuma.	Quando o agregado grosso é exposto, mas o agregado permanece seguro no betão.	O agregado grosso está solto ou saiu da matriz de concreto devido a abrasão ou desgaste.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Delaminação/ Destacamento	Nenhuma.	Presença de delaminação, com lascas inferiores ou iguais a 25 mm de profundidade, ou ainda, com diâmetro inferior ou igual a 15 cm. Área remendada está sólida.	Lascas maiores do que 25 mm de profundidade ou maior que 15 cm de diâmetro. Área remendada com alguma deterioração. Não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Armadura Exposta/Cabos expostos	Nenhuma.	Presente sem perda de seção mensurável.	Presente com perda de seção mensurável, mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Manchas/ Eflorescências	Nenhuma.	Presença de manchas. Superfície branca sem acúmulo ou lixiviação. Sem manchas de ferrugem.	Manchas em grande quantidade. Acúmulo pesado com manchas de ferrugem.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Deficiência da junta de dilatação Estrutural	Nenhuma deficiência.	Operante, porém, com alguns sinais de deterioração.	Com funcionamento parcial.	Juntas inoperante, podendo comprometer a estrutura. A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre o elemento ou ponte.
Vegetações/ Colonização biológica	Nenhuma	Há presença de vegetação e agentes biológicos, mas não impedem o elemento de sua eficácia.	Há grande presença de vegetação e agentes biológicos, impedem parcialmente a eficiência do elemento.	Presença de vegetação e agentes biológicos em totalidade, impedindo a eficiência do elemento.
Deficiência do Recobrimento	Nenhuma.	Recobrimento de espessura inferior ao mínimo admissível.	Armadura parcialmente visível.	Armadura totalmente exposta. Sem recobrimento.

Deficiência do Sistema de drenagem	Nenhuma.	Funcionando, porém, com melhorias a serem realizadas para uma melhor eficiência.	Funcionando parcialmente. Requer limpeza ou ajustes.	Totalmente inoperante. Deve-se realizar urgente uma manutenção ou troca.
Danos devido ao impacto	Não aplicável.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição leve sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição médio sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição grave sob a entrada de defeito de material apropriada.

Tabela A.6 – Níveis do estado dos danos tabuleiro em madeira.

Elemento: Tabuleiro

Descrição: Tabuleiros em madeira.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fissuras	Nenhuma ou insignificantes.	Fissuras de pequenas dimensões comparados com o membro ou que tenham sido consertadas.	Fissuras identificadas com aberturas, com grandes dimensões, não presas. Sem requerer uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Desagregação/ Desgaste	Nenhuma ou nenhuma perda de seção mensurável.	Perda de seção menor que 10% da espessura do membro.	Perda de seção 10% ou mais da espessura do membro, mas não justifica avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Delaminação/ Destacamento	Nenhuma.	Comprimento menor que o profundidade do membro ou preso com ações efetivas tomadas para mitigar.	Comprimento igual ou maior que a profundidade do membro, mas não requer revisão estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Esmagamento	A diminuição seja inferior a 5% da espessura do membro, independentemente da localização.	Diminuição de 5% a 50% da espessura do membro e exceto em uma zona de tensão.	Diminuição em mais de 50% da espessura do membro ou mais de 5% da espessura do membro em uma zona de tensão, mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Afrouxamento/ Deficiência nas ligações	Ligações estão boas, no lugar e funcionando conforme o esperado.	Ligação um pouco solta ou com ferrugem sem alteração, mas a conexão está no lugar e funcionando como pretendido.	Faltando parafusos, soldas quebradas, ligações soltas, ferrugem com alteração, mas não justifica uma análise estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Distorção	Nenhuma.	Distorção que não requer mitigação ou distorção atenuada.	Distorção que requer mitigação que não foi abordada, mas não justifica uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Manchas	Nenhuma.	Presença de manchas, porém sem acúmulo ou lixiviação.	Manchas parcialmente presentes pelo elemento. Degradadas por infiltração e agentes biológicos.	Proteção ineficaz, com manchas em sua totalidade ou marcas de padrão pesado. Requer avaliação estrutural para a troca e manutenção.

Deficiência do Sistema de drenagem	Nenhuma.	Funcionando, porém com melhorias a serem realizadas para uma melhor eficiência.	Funcionando parcialmente. Requer limpeza ou ajustes.	Totalmente inoperante. Deve-se realizar urgente uma manutenção ou troca.
Deficiência de limpeza	Nenhuma.	Presença de detritos, porém não interferem na eficácia do elemento.	Detritos alojados em locais que condicionam o funcionamento parcialmente.	Detritos alojados em locais que comprometem o funcionamento, tornando inoperante.
Danos devido ao impacto	Não aplicável.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição leve sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição médio sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição grave sob a entrada de defeito de material apropriada.

Tabela A.7– Níveis do estado dos danos tabuleiro em metálico.

Elemento: Tabuleiro

Descrição: Tabuleiro em estrutura metálica.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fissuras (fadiga)	Nenhuma.	Fissura que foi auto-travada ou já consertadas por pregagens, duplicação de placas ou similar.	Existe fissura identificada que não foi consertada, mas não requer uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Corrosão	Nenhuma.	Presença de ferrugem, corrosão do aço já iniciada.	A perda de seção é evidente ou com predominância de ferrugem, mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Afrouxamento/ Deficiência nas ligações	Ligações estão boas, no lugar e funcionando conforme o esperado.	Ligação um pouco solta ou com ferrugem sem alteração, mas a conexão está no lugar e funcionando como pretendido.	Faltando parafusos, soldas quebradas, ligações soltas, ferrugem com alteração, mas não justifica uma análise estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Distorção	Nenhuma.	Distorção que não requer mitigação ou distorção atenuada.	Distorção que requer mitigação que não foi abordada, mas não justifica uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Deficiência da junta de dilatação Estrutural	Nenhuma deficiência.	Operante, porém, com alguns sinais de deterioração.	Com funcionamento parcial.	Juntas inoperante, podendo comprometer a estrutura. A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre o elemento ou ponte.
Deficiência do Sistema de drenagem	Nenhuma.	Funcionando, porém, com melhorias a serem realizadas para uma melhor eficiência.	Funcionando parcialmente. Requer limpeza ou ajustes.	Totalmente inoperante. Deve-se realizar urgente uma manutenção ou troca.

Deficiência de limpeza	Nenhuma.	Presença de detritos, porém não interferem na eficácia do elemento.	Detritos alojados em locais que condicionam o funcionamento parcialmente.	Detritos alojados em locais que comprometem o funcionamento, tornando inoperante.
Danos devido ao impacto	Não aplicável.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição leve sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição médio sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição grave sob a entrada de defeito de material apropriada.

Tabela A.8 – Níveis do estado dos danos tabuleiro em alvenaria de pedra.

Elemento: Tabuleiro

Descrição: Elemento em Alvenaria de pedra

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fendilhação/ Perda de Argamassa	Nenhuma.	Fendas ou vazios em menos de 10% das juntas.	Fendas ou vazios em 10% ou mais das juntas.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Delaminação	Nenhuma.	Quando possui delaminação, algumas pedras lascadas, porém sem deslocamentos.	Quando possui pedras lascadas, com delaminação, mas com deslocamentos. Não justifica uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Erosão/ Desagregação da Pedra	Nenhuma.	Quando ocorre a erosão e a desagregação das partículas da pedra, porém é superficial.	Com esses danos nas partículas da pedra acabam causando uma textura lisa na pedra ou/ e a pedra torna-se com mais espaços vazios, ou seja, menos resistente. Porém não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Deslocamento das pedras/ Escorregamento do tímpano	Nenhuma.	Pedras deslocadas ligeiramente. Fora de alinhamento.	Pedras deslocadas significativamente, fora de alinhamento ou está faltando. Mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Manchas/ Eflorescências	Nenhuma.	Presença de manchas. Superfície branca sem acúmulo ou lixiviação.	Manchas em grande quantidade. Acúmulo pesado.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.

Vegetações/ Colonização biológica	Nenhuma	Há presença de vegetação e agentes biológicos, mas não impedem o elemento de sua eficácia.	Há grande presença de vegetação e agentes biológicos, impedem parcialmente a eficiência do elemento.	Presença de vegetação e agentes biológicos em totalidade, impedindo a eficiência do elemento.
Deficiência do Sistema de drenagem	Nenhuma.	Funcionando, porém, com melhorias a serem realizadas para uma melhor eficiência.	Funcionando parcialmente. Requer limpeza ou ajustes.	Totalmente inoperante. Deve-se realizar urgente uma manutenção ou troca.
Danos devido ao impacto	Não aplicável.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição leve sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição médio sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição grave sob a entrada de defeito de material apropriada.

Tabela A.9 – Níveis do estado dos danos superestrutura em betão.

Elemento: Superestrutura

Descrição: Elemento em Betão Armado e/ou pré-esforçados. Vigas e longarinas em todos os modelos.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fissuras	Nenhuma ou insignificantes.	Fissuras de largura moderada sem vedação. Fissuras de 0,3 a 1,3 mm de largura. Para elemento pré-esforçado fissuras entre 0,1 a 0,2 mm de largura.	Fissuras largas ou consideradas de padrão pesado. Fissuras maiores que 1,3 mm de largura. Para elemento pré-esforçados fissuras maiores que 0,2 mm de largura.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Armadura Exposta/Cabos expostos	Nenhuma.	Presente sem perda de seção mensurável.	Presente com perda de seção mensurável, mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Desagregação/ Desgaste	Nenhuma.	Quando o agregado grosso é exposto, mas o agregado permanece seguro no betão.	O agregado grosso está solto ou saiu da matriz de concreto devido a abrasão ou desgaste.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Delaminação/ Destacamento	Nenhuma.	Presença de delaminação, com lascas inferiores ou iguais a 25 mm de profundidade, ou ainda, com diâmetro inferior ou igual a 15 cm. Área remendada está sólida.	Lascas maiores do que 25 mm de profundidade ou maior que 15 cm de diâmetro. Área remendada com alguma deterioração. Não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.

Manchas/ Eflorescências	Nenhuma.	Presença de manchas. Superfície branca sem acúmulo ou lixiviação. Sem manchas de ferrugem.	Manchas em grande quantidade. Acúmulo pesado com manchas de ferrugem.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Deficiência do Recobrimento	Nenhuma.	Recobrimento de espessura inferior ao mínimo admissível.	Armadura parcialmente visível.	Armadura totalmente exposta. Sem recobrimento.
Danos devido ao impacto	Não aplicável.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição leve sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição médio sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição grave sob a entrada de defeito de material apropriada.

Tabela A.10 – Níveis do estado dos danos superestrutura em metálica.

Elemento: Superestrutura

Descrição: Elemento em estrutura metálica. Vigas, treliças, longarinas, cabos e para todos outros não mencionados.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fissuras (fadiga)	Nenhuma.	Fissura que foi auto-travada ou já consertadas por pregagens, duplicação de placas ou similar.	Existe fissura identificada que não foi consertada, mas não requer uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Corrosão	Nenhuma.	Presença de ferrugem, corrosão do aço já iniciada.	A perda de seção é evidente ou com predominância de ferrugem, mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Afrouxamento/ Deficiência nas ligações	Ligações estão boas, no lugar e funcionando conforme o esperado.	Ligação um pouco solta ou com ferrugem sem alteração, mas a conexão está no lugar e funcionando como pretendido.	Faltando parafusos, soldas quebradas, ligações soltas, ferrugem com alteração, mas não justifica uma análise estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Distorção	Nenhuma.	Distorção que não requer mitigação ou distorção atenuada.	Distorção que requer mitigação que não foi abordada, mas não justifica uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Deficiência de limpeza	Nenhuma.	Presença de detritos, porém não interferem na eficácia do elemento.	Detritos alojados em locais que condicionam o funcionamento parcialmente.	Detritos alojados em locais que comprometem o funcionamento, tornando inoperante.

Danos devido ao impacto	Não aplicável.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição leve sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição médio sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição grave sob a entrada de defeito de material apropriada.
-------------------------	----------------	---	--	--

Tabela A.11 – Níveis do estado dos danos superestrutura em alvenaria de pedra.

Elemento: Superestrutura

Descrição: Elemento em Alvenaria de Pedra, principal tipo Abóbadas.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0 SEM DANO	1 LEVE	2 MÉDIO	3 GRAVE
Fendilhação/ Perda de Argamassa	Nenhuma.	Fendas ou vazios em menos de 10% das juntas. As fendas podem ser no sentido longitudinal ou transversal.	Fendas ou vazios em 10% ou mais das juntas. As fendas podem ser no sentido longitudinal ou transversal.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Delaminação	Nenhuma.	Quando possui delaminação, algumas pedras lascadas, porém sem deslocamentos.	Quando possui pedras lascadas, com delaminação, mas com deslocamentos. Não justifica uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Erosão/ Desagregação da Pedra	Nenhuma.	Quando ocorre a erosão e a desagregação das partículas da pedra, porém é superficial.	Com esses danos nas partículas da pedra acabam causando uma textura lisa na pedra ou/e a pedra torna-se com mais espaços vazios, ou seja, menos resistente. Porém não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Deslocamento das pedras/ Deformações	Nenhuma.	Pedras deslocadas ligeiramente. Fora de alinhamento.	Pedras deslocadas significativamente, fora de alinhamento ou está faltando. Mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Manchas/ Eflorescências	Nenhuma.	Presença de manchas. Superfície branca sem acúmulo ou lixiviação.	Manchas em grande quantidade. Acúmulo pesado.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Vegetações/ Colonização biológica	Nenhuma	Há presença de vegetação e agentes biológicos, mas não impedem o elemento de sua eficácia.	Há grande presença de vegetação e agentes biológicos, impedem parcialmente a eficiência do elemento.	Presença de vegetação e agentes biológicos em totalidade, impedindo a eficiência do elemento.

Danos devido ao impacto	Não aplicável.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição leve sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição médio sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição grave sob a entrada de defeito de material apropriada.
-------------------------	----------------	---	--	--

Tabela A.12 – Níveis do estado dos danos mesoestrutura em betão.

Elemento: Mesoestrutura

Descrição: Elemento em Betão Armado e/ou pré-esforçados. Pilares e colunas, estacas.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fissuras	Nenhuma ou insignificantes.	Fissuras de largura moderada sem vedação. Fissuras de 0,3 a 1,3 mm de largura. Para elemento pré-esforçado fissuras entre 0,1 a 0,2 mm de largura.	Fissuras largas ou consideradas de padrão pesado. Fissuras maiores que 1,3 mm de largura. Para elemento pré-esforçados fissuras maiores que 0,2 mm de largura.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Desagregação/ Desgaste	Nenhuma.	Quando o agregado grosso é exposto, mas o agregado permanece seguro no betão.	O agregado grosso está solto ou saiu da matriz de concreto devido a abrasão ou desgaste.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Delaminação/ Destacamento	Nenhuma.	Presença de delaminação, com lascas inferiores ou iguais a 25 mm de profundidade, ou ainda, com diâmetro inferior ou igual a 15 cm. Área remendada está sólida.	Lascas maiores do que 25 mm de profundidade ou maior que 15 cm de diâmetro. Área remendada com alguma deterioração. Não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Armadura Exposta/Cabos expostos	Nenhuma.	Presente sem perda de seção mensurável.	Presente com perda de seção mensurável, mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Manchas/ Eflorescências	Nenhuma.	Presença de manchas. Superfície branca sem acúmulo ou lixiviação. Sem manchas de ferrugem.	Manchas em grande quantidade. Acúmulo pesado com manchas de ferrugem.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Deficiência nos encontros	Nenhuma.	Pouco deteriorado, encaixe correto, porém com melhorias a serem realizadas para uma melhor eficiência.	Degradado significativamente. Mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.

Deficiência do Recobrimento	Nenhuma.	Recobrimento de espessura inferior ao mínimo admissível.	Armadura parcialmente visível.	Armadura totalmente exposta. Sem recobrimento.
Deficiência nos aparelhos de apoio	Nenhuma. Com alinhamento lateral e vertical esperado para as condições de temperatura.	Início ou degradação iniciada. Com pouca restrição de movimento. Alinhamento lateral ou vertical tolerável, mas fora do esperado. Abaulamento menor de 15% da espessura do elastômero. Perda menor que 10% na área do material.	Deterioração significativa ou quebra. Com restrição de movimento. Aproximando-se dos limites de alinhamento lateral ou vertical. Abaulamento do elastômero de 15% ou mais da espessura. Perda de 10% ou mais na área do material. Mas não justifica avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Desaprumo/ Distorção	Nenhum.	Desaprumo ou distorção que não requer mitigação ou distorção atenuada.	Desaprumo ou distorção que requer mitigação que não foi abordada, mas não justifica avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Assentamento	Nenhuma.	Existe dentro de limites toleráveis ou detido sem qualquer esforço estrutural observado.	Excede os limites toleráveis, mas não justifica avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Descalçamento/ Acúmulo de detritos/ Escoamento	Boas condições. Nenhuma.	Existe dentro de limites toleráveis ou foi preso com contramedidas eficazes.	Excede os limites toleráveis, mas seja inferior aos limites críticos determinados pela avaliação do escoamento e não requer uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Danos devido ao impacto	Não aplicável.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição leve sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição médio sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição grave sob a entrada de defeito de material apropriada.

Tabela A.13 – Níveis do estado dos danos mesoestrutura em metálica.

Elemento: Mesoestrutura

Descrição: Elemento em estrutura metálica. Pilares e colunas, estacas.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fissuras (fadiga)	Nenhuma.	Fissura que foi auto-travada ou já consertadas por pregagens, duplicação de placas ou similar.	Existe fissura identificada que não foi consertada, mas não requer uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.

Corrosão	Nenhuma.	Presença de ferrugem, corrosão do aço já iniciada.	A perda de seção é evidente ou com predominância de ferrugem, mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Afrouxamento/ Deficiência nas ligações	Ligações estão boas, no lugar e funcionando conforme o esperado.	Ligação um pouco solta ou com ferrugem sem alteração, mas a conexão está no lugar e funcionando como pretendido.	Faltando parafusos, soldas quebradas, ligações soltas, ferrugem com alteração, mas não justifica uma análise estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Distorção	Nenhuma.	Distorção que não requer mitigação ou distorção atenuada.	Distorção que requer mitigação que não foi abordada, mas não justifica uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou capacidade de manutenção do elemento.
Deficiência nos encontros	Nenhuma.	Pouco deteriorado, encaixe correto, porém com melhorias a serem realizadas para uma melhor eficiência.	Deteriorado significativamente. Mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Deficiência nos aparelhos de apoio	Nenhuma. Com alinhamento lateral e vertical esperado para as condições de temperatura.	Início ou degradação iniciada. Com pouca restrição de movimento. Alinhamento lateral ou vertical tolerável, mas fora do esperado. Perda menor que 10% na área do material.	Degradação significativa ou quebra. Com restrição de movimento. Aproximando-se dos limites de alinhamento lateral ou vertical. Perda de 10% ou mais na área do material. Mas não justifica avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Assentamento	Nenhuma.	Existe dentro de limites toleráveis ou detido sem qualquer esforço estrutural observado.	Excede os limites toleráveis, mas não justifica avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Descalçamento/ Acúmulo de detritos/ Escoamento	Boas condições. Nenhuma.	Existe dentro de limites toleráveis ou foi preso com contramedidas eficazes.	Excede os limites toleráveis, mas seja inferior aos limites críticos determinados pela avaliação do escoamento e não requer uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Danos devido ao impacto	Não aplicável.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição leve sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição médio sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição grave sob a entrada de defeito de material apropriada.

Tabela A.14 – Níveis do estado dos danos mesoestrutura em alvenaria de pedra.

Elemento: Mesoestrutura

Descrição: Elemento em Alvenaria de Pedra, compreendido por pilares e quebra-mares.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Fendilhação/ Perda de Argamassa	Nenhuma.	Fendas ou vazios em menos de 10% das juntas. As fendas podem ser no sentido longitudinal ou transversal.	Fendas ou vazios em 10% ou mais das juntas. As fendas podem ser no sentido longitudinal ou transversal.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Delaminação	Nenhuma.	Quando possui delaminação, algumas pedras lascadas, porém sem deslocamentos.	Quando possui pedras lascadas, com delaminação, mas com deslocamentos. Não justifica uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Erosão/ Desagregação da Pedra	Nenhuma.	Quando ocorre a erosão e a desagregação das partículas da pedra, porém é superficial.	Com esses danos nas partículas da pedra acabam causando uma textura lisa na pedra ou/e a pedra torna-se com mais espaços vazios, ou seja, menos resistente. Porém não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Deslocamento das pedras/ Deformações	Nenhuma.	Pedras deslocadas ligeiramente. Fora de alinhamento.	Pedras deslocadas significativamente, fora de alinhamento ou está faltando. Mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Manchas/ Eflorescências	Nenhuma.	Presença de manchas. Superfície branca sem acúmulo ou lixiviação.	Manchas em grande quantidade. Acúmulo pesado.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Vegetações/ Colonização biológica	Nenhuma	Há presença de vegetação e agentes biológicos, mas não impedem o elemento de sua eficácia.	Há grande presença de vegetação e agentes biológicos, impedem parcialmente a eficiência do elemento.	Presença de vegetação e agentes biológicos em totalidade, impedindo a eficiência do elemento.
Deficiência nos encontros	Nenhuma.	Pouco deteriorado, encaixe correto, porém com melhorias a serem realizadas para uma melhor eficiência.	Degradado significativamente. Mas não requer avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Assentamento	Nenhuma.	Existe dentro de limites toleráveis ou detido sem qualquer esforço estrutural observado.	Excede os limites toleráveis, mas não justifica avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.

Descalçamento/ Acúmulo de detritos/ Escoamento	Boas condições. Nenhuma.	Existe dentro de limites toleráveis ou foi preso com contramedidas eficazes.	Excede os limites toleráveis, mas seja inferior aos limites críticos determinados pela avaliação do escoamento e não requer uma avaliação estrutural.	A condição garante uma avaliação estrutural para determinar o efeito sobre a resistência ou a capacidade de manutenção do elemento ou ponte.
Danos devido ao impacto	Não aplicável.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição leve sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição médio sob a entrada de defeito de material apropriada.	O elemento tem dano de impacto. Os danos específicos causados pelo impacto foram capturados no Estado de Condição grave sob a entrada de defeito de material apropriada.

Tabela A.15 – Níveis do estado dos danos da infraestrutura.

Elemento: Infraestrutura

Descrição: Todos as tipologias de infraestruturas, o sistema de fundação em geral.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Deslocamento de Fundação	Nenhum.	Há deslocamento da fundação, porém não há sinais que esteja gerando insuficiência estrutural ou comprometendo a estabilidade.	Fundação deslocada significativamente, porém sem impacto visível no restante da estrutura.	Com consequências no restante da estrutura.
Erosão Terreno de Fundação	Nenhuma.	Terreno parcialmente erodido. Mas não há sinais que esteja gerando insuficiência estrutural.	Terreno com grande erosão, mas sem impactos visíveis para o restante da estrutura.	Com consequências no restante da estrutura.
Estacas Desenterradas	Nenhuma.	Estacas parcialmente visíveis, sem sinais de deterioração.	Estacas desenterradas, visíveis com deterioração. Porém sem impactos visíveis no restante da estrutura.	Com consequências no restante da estrutura.

Tabela A.16 – Níveis do estado dos danos da segurança.

Elemento: Segurança

Descrição: Todos os itens referentes ao sistema de segurança da ponte ou viaduto.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Deficiência no Guarda-corpo	Nenhuma.	Início ou degradação iniciada. Quando metálico com corrosão iniciada, ligação um pouco solta ou com ferrugem sem alteração.	Degradação significativa ou quebra. Quando metálica, corrosão presente, faltando parafusos, soldas quebradas, ligações soltas, ferrugem com alteração na seção.	Guarda-corpo inoperante, totalmente degradado ou obra com necessidade, porém, sem este sistema de segurança.
Deficiência na Defesa	Nenhuma ou sem necessidade de defesa neste tipo de via.	Início ou degradação iniciada.	Degradação significativa ou quebra.	Defesa inoperante ou via com necessidade, porém sem este sistema de segurança.
Deficiência de Iluminação	Nenhuma.	Com sistema de iluminação presente, porém com partes deterioradas.	Com parte do sistema de iluminação em falta ou necessitando de manutenção urgente.	Iluminação insuficiente.
Deficiência de Sinalização	Nenhuma.	Com sistema de sinalização presente, porém com faixas ou placas deterioradas.	Com parte do sistema de sinalização em falta ou necessitando de manutenção urgente.	Sinalização insuficiente.
Marcas de Acidentes na via	Nenhuma. Sem informação.	Sinais de acidentes na via, porém com pouca degradação.	Marcas evidentes de acidentes, com degradações, porém sem problemas de estabilidade ou estrutural.	Excessivas marcas de acidentes, via muito degradada. Com problemas relevantes, necessidade de manutenção urgente.

Tabela A.17 – Níveis do estado dos danos observação.

Elemento: Observações

Descrição: Referente a estabilidade e vibração da Ponte ou Viaduto.

PATOLOGIAS	NÍVEIS DO ESTADO DOS DANOS			
	0	1	2	3
	SEM DANO	LEVE	MÉDIO	GRAVE
Condições de estabilidade	Boa condição.	Sinais de instabilidade perceptíveis.	Estabilidade comprometida.	Instabilidade
Desconforto do tabuleiro	Sem desconforto.	Vibrações sentidas, porém, com mínimo de desconforto.	Vibrações extremamente sentidas, com médio desconforto. Sem necessidade de avaliação estrutural.	Máximo desconforto. Requer avaliação estrutural.

B) Fichas de caracterização de cada obra em estudo.

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS

DATA:27/06/2019

1- DADOS BÁSICOS	
IDENTIFICAÇÃO/LOCALIZAÇÃO	
Código da Obra: _____	
Nome (Ponte/Viaduto): Viaduto (Rua Inácio Aires de Azevedo)	
Freguesia: Leiria	Lugar: Perto do Mc Donald's
Entidade Responsável: Câmara Municipal de Leiria	Atravessamento: Avenida da Comunidade
Função: Rodoviária (Distribuidora local)	
Possui Projeto: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Projetista: João Carlos de A. G. Lello. Arquivo: Privado

2- DADOS SOBRE O TIPO DE ESTRUTURA E MATERIAIS	
Tipologia de ponte: Betão Armado (BA) em pórtico pré fabricado	
Tabuleiro: _____ Estrutura: BA com pré laje fabricado in situ. Revestimento: camada betuminosa e=015m in situ.	
Superestrutura: BA Pré fabricado tipo "Civibril" pré tensionadas	
Mesoestrutura: Pilares: BA Pré fabricados	Encontros: BA tipo perdido
Infraestrutura: Fundação: Sapatas em BA	Muro ala: _____

3- DADOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS E ESTRUTURAIS	
Características da Pista	
Comprimento total (m): 48,0	Espessura da laje (m): 0,20
Largura total da pista (m): 9,80	Largura da faixa de rodagem (m): 8,0
Vias: 2 Sentidos: 2	Aparelhos de apoio: Neoprene Cintado
Berma: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Passeio: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Revest.: Betão
Largura Berma (m): _____	Passeio (m): 1,10
Drenos: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Guarda Corpo: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Material: Metálico
Pingadeira <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Defensas: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Material: _____
Pré-esforço <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Tipo: <input type="checkbox"/> Pré <input checked="" type="checkbox"/> Pós Observação: _____

Número total de juntas: 2	
Tipo de vedação: <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Tipo: fechada com asfalto	
Número de tramos: 3 Tramo 1 (m): 10,89 Tramo 2 (m): 21,16 Tramo 3 (m): 10,95 Tramo 4 (m): _____	
Tramo 5 (m): _____ Tramo 6 (m): _____ Tramo 7 (m): _____ Tramo 8 (m): _____	
Extremidades: <input checked="" type="checkbox"/> Encontro <input type="checkbox"/> Balanço <input type="checkbox"/> Laje de aproximação	
Estrutura em contato com a água: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Tipo: <input type="checkbox"/> Doce <input type="checkbox"/> Salgada

4- OBSERVAÇÕES	
IDADE/SERVIÇO (ano)	INSPEÇÕES (data)
Construção: 1996	Reparação: _____ Rotina: _____ Especial: _____
Reforço: _____	Reconstrução: _____ Principal: _____ Frequência (anos): _____
Ampliação: _____	Evento Extremo: _____ Sem informação <input checked="" type="checkbox"/>
CARGAS	
Projeto tipo: máximas no apoio: 710,0 (kN)	Ponte condicionada: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
Frequências (Hz)	Ponte fechada: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
Modos de vibração: 1: 0,877 (transversal) 2: 0,775 (longitudinal) 3: _____	

Observações: _____

Figura B.1 – Ficha inventário do viaduto.

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS

DATA:18/07/2019

1- DADOS BÁSICOS	
IDENTIFICAÇÃO/LOCALIZAÇÃO	
Código da Obra: _____	
Nome (Ponte/Viaduto): Ponte Afonso Zuquete	
Freguesia: Leiria	Lugar: Junto a rotunda do sinalero
Entidade Responsável: Câmara Municipal de Leiria Atravessamento: Rio Lis	
Função: Rodoviária	
Possui Projeto: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Projetista: _____ Arquivo: JAE - IP

2- DADOS SOBRE O TIPO DE ESTRUTURA E MATERIAIS	
Tipologia de ponte: Betão armado (BA) em pórtico	
Tabuleiro: _____	Estrutura: Betão Armado (BA) Revestimento: Betão betuminoso
Superestrutura: Betão Armado (BA)	
Mesoestrutura: _____	Pilares: Betão Armado (BA) Encontros: Betão Armado (BA)
Infraestrutura: _____	Fundação: Sapatas diretas de BA Muro ala: Muro de pedra

3- DADOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS E ESTRUTURAIS	
Características da Pista	
Comprimento total (m): 39,5	Espessura da laje: _____
Largura total da pista (m): 8,60	Largura da faixa de rodagem (m): 6,30
Vias: 2 Sentidos: 1	Aparelhos de apoio: Chumbo e aço.
Berma: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Passeio: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Revest.: Calç. Port.
Largura Berma (m): _____	Passeio (m): 1,15
Drenos: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Guarda Corpo: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Material: Metálico
Pingadeira <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Defensas: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Material: _____
Pré-esforço <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Tipo: <input type="checkbox"/> Pré <input type="checkbox"/> Pós Observação: _____

Número total de juntas: 2	
Tipo de vedação: <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Tipo: Aberta	
Número de tramos: 3 Tramo 1 (m): 11,6 Tramo 2 (m): 16,3 Tramo 3 (m): 11,6 Tramo 4 (m): _____	
Tramo 5 (m): _____ Tramo 6 (m): _____ Tramo 7 (m): _____ Tramo 8 (m): _____	
Extremidades: <input checked="" type="checkbox"/> Encontro <input type="checkbox"/> Balanço <input type="checkbox"/> Laje de aproximação	
Estrutura em contato com a água: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Tipo: <input checked="" type="checkbox"/> Doce <input type="checkbox"/> Salgada

4- OBSERVAÇÕES	
IDADE/SERVIÇO (ano)	INSPEÇÕES (data)
Construção: 1936	Reparação: 2003
Reforço: _____	Reconstrução: _____
Ampliação: 1976	Evento Extremo: _____
Sem informação <input checked="" type="checkbox"/>	
CARGAS	
Projeto tipo máxima no apoio (aprox.) : 600 (kN)	Ponte condicionada: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
Frequências (Hz)	Ponte fechada: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
Modos de vibração: 1: _____ 2: _____ 3: _____	

Observações: Ampliação de alargamento da faixa de rodagem, substituiu guarda de betão para metálicos. Visivelmente foi realizado uma reparação na mesoestrutura e carlingas porém sem informações.

Figura B.2 – Ficha inventário da Ponte Afonso Zuquete.

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS

DATA:28/06/2019.

1- DADOS BÁSICOS	
IDENTIFICAÇÃO/LOCALIZAÇÃO	
Código da Obra: _____	
Nome (Ponte/Viaduto): Ponte pedonal metálica sobre o Rio Lis	
Freguesia: Leiria	Lugar: Junto ao complexo de piscinas
Entidade Responsável: Câmara Municipal de Leiria	Atravessamento: Rio Lis
Função: Pedonal	
Possui Projeto: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Projetista: Filipe J. M. Bandeira Arquivo: Arq. Mun. T-48/1992

2- DADOS SOBRE O TIPO DE ESTRUTURA E MATERIAIS	
Tipologia de ponte: Atirantada, assimétrica e suspensa.	
Tabuleiro: _____	Revestimento: Tábuas em pinho tratado
Estrutura: Metálica	
Superestrutura: Metálica, perfil U	
Mesoestrutura: Pilares: Metálico em torre	Encontros: _____
Infraestrutura: Fundação: Sapatas em BA da torre, da plataforma norte e maciço de ancoragem Muro ala: _____	

3- DADOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS E ESTRUTURAIS	
Características da Pista	
Comprimento total (m): 29,0	Espessura da tabuleiro (m): 0,22
Largura total da pista (m): 2,5	Largura da faixa de rodagem (m): _____
Vias: 1 Sentidos: 2	Aparelhos de apoio: _____
Berma: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Passeio: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Revest.: _____
Largura Berma (m): _____	Passeio (m): _____
Drenos: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Guarda Corpo: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Material: Metálico
Pingadeira <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Defensas: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não Material: _____
Pré-esforço <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Tipo: <input type="checkbox"/> Pré <input type="checkbox"/> Pós Observação: _____

Número total de juntas: 0	
Tipo de vedação: <input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma <input type="checkbox"/> Tipo: _____	
Número de tramos: 5 Tramo 1 (m): 5,8 Tramo 2 (m): 5,8 Tramo 3 (m): 5,8 Tramo 4 (m): 5,8	
Tramo 5 (m): 5,8 Tramo 6 (m): _____ Tramo 7 (m): _____ Tramo 8 (m): _____	
Extremidades: <input type="checkbox"/> Encontro <input type="checkbox"/> Balanço <input type="checkbox"/> Laje de aproximação	
Estrutura em contato com a água: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Tipo: <input type="checkbox"/> Doce <input type="checkbox"/> Salgada

4- OBSERVAÇÕES	
IDADE/SERVIÇO (ano)	INSPEÇÕES (data)
Construção: 1992	Reparação: _____ Rotina: _____ Especial: _____
Reforço: _____	Reconstrução: _____ Principal: _____ Frequência (anos): _____
Ampliação: _____	Evento Extremo: _____ Sem informação <input checked="" type="checkbox"/>
CARGAS	
Projeto tipo sobrecarga de proj: 4 (kN/m ²)	Ponte condicionada: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
Frequências (Hz)	Ponte fechada: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
Modos de vibração: 1: _____ 2: _____ 3: _____	

Observações: Espessura da madeira de 0,45mm; galvanização em imersão em tanque de zinco fundente em todos os elementos; 4 cabos de Ø20 mm e 1 cabo de Ø36mm com maciço de ancoragem em BA. Pilar na margem sul sustentando os cabos, com 12 m de altura contraventado por 2 cruces de Santo André.

Figura B.3 – Ficha inventário da Ponte Pedonal Metálica.

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS

DATA: 11/08/2019

1- DADOS BÁSICOS	
IDENTIFICAÇÃO/LOCALIZAÇÃO	
Código da Obra: _____	
Nome (Ponte/Viaduto): Ponte Euro 2004.	
Freguesia: Leiria	Lugar: Ligação ao estádio
Entidade Responsável: Câmara Municipal de Leiria	Atravessamento: Rio Lis
Função: Rodoviária (Distribuidora local)	
Possui Projeto: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Projetista: GRID Lda. Arquivo: Arquivo municipal de Leiria.

2- DADOS SOBRE O TIPO DE ESTRUTURA E MATERIAIS	
Tipologia de ponte: Betão Armado (BA) com tramo principal atirantado com suspensão axial.	
Tabuleiro: Estrutura: BA e pré esforçada long. e transv. Revestimento: Betão betuminoso	
Superestrutura: BA pré-esforçado.	
Mesoestrutura: Pilares: BA	Encontros: BA do tipo aparente
Infraestrutura: Fundação: Indireta estacas moldadas. Muro ala: BA.	

3- DADOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS E ESTRUTURAIIS	
Características da Pista	
Comprimento total (m): 195,5	Espessura da laje (m): 1,5
Largura total da pista (m): 20,5	Largura da faixa de rodagem (m): 2x6,5
Vias: 4 Sentidos: 2	Aparelhos de apoio: Tetron CD - Mechanical Pot-bearings
Berma: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Passeio: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Revest.: Betão
Largura Berma (m): _____	Passeio (m): 2,5
Drenos: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Guarda Corpo: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Material: Metálico
Pingadeira <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Defensas: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Material: BA e met.
Pré-esforço <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Tipo: <input checked="" type="checkbox"/> Pré <input type="checkbox"/> Pós Observação: _____

Número total de juntas: 2	
Tipo de vedação: <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Tipo: Junta de expansão Transflex - Trelleborg	
Número de tramos: 7 Tramo 1 (m): 20,0 Tramo 2 (m): 22,80 Tramo 3 (m): 22,8 Tramo 4 (m): 22,8	
Tramo 5 (m): 22,8 Tramo 6 (m): 29,10 Tramo 7 (m): 55,2 Tramo 8 (m): _____	
Extremidades: <input checked="" type="checkbox"/> Encontro <input type="checkbox"/> Balanço <input type="checkbox"/> Laje de aproximação	
Estrutura em contato com a água: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Tipo: <input type="checkbox"/> Doce <input type="checkbox"/> Salgada

4- OBSERVAÇÕES	
IDADE/SERVIÇO (ano)	INSPEÇÕES (data)
Construção: 2004	Reparação: _____ Rotina: _____ Especial: _____
Reforço: _____	Reconstrução: _____ Principal: _____ Frequência (anos): _____
Ampliação: _____	Evento Extremo: _____ Sem informação <input checked="" type="checkbox"/>
CARGAS	
Projeto tipo:	Ponte condicionada: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
Frequências (Hz)	Ponte fechada: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
Modos de vibração: 1: _____ 2: _____ 3: _____	

Observações: Suspensa por tirantes no 7º Tramo, total de 18 cabos. A obra possui amortecedores sísmicos oleodinâmicos da marca TRANSPEC SHA 2000 com ligação do tabuleiro aos encontros. São 8 pilares na mesoest.

Figura B.4 – Ficha inventário da Ponte Euro 2004.

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS

DATA: 01/08/2019

1- DADOS BÁSICOS	
IDENTIFICAÇÃO/LOCALIZAÇÃO	
Código da Obra: _____	
Nome (Ponte/Viaduto): Ponte Hintze Ribeiro.	
Freguesia: Leiria	Lugar: Ao lado do Jardim da Vala Real.
Entidade Responsável: Câmara Municipal de Leiria Atravessamento: Rio Lis	
Função: Rodoviária	
Possui Projeto: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Projetista: _____ Arquivo: IP

2- DADOS SOBRE O TIPO DE ESTRUTURA E MATERIAIS	
Tipologia de ponte: Ponte em arco de alvenaria de pedra	
Tabuleiro: _____	Estrutura: Betão Armado Revestimento: Betuminoso
Superestrutura: Alvenaria de Pedra (Abóbadas)	
Mesoestrutura: _____	Encontros: Alvenaria de Pedra
Infraestrutura: _____	Muro ala: _____

3- DADOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS E ESTRUTURAIS			
Características da Pista			
Comprimento total (m): 27,0		Espessura da laje: _____	
Largura total da pista (m): 3,65		Largura da faixa de rodagem (m): 3,65	
Vias: 1 Sentidos: 1		Aparelhos de apoio: _____	
Berma: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Passeio: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Revest.: Calçada Pt. e Lajetas de Pedra.	
Largura Berma (m): _____	Passeio (m): 1,45	Material: Pedra.	
Drenos: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Guarda Corpo: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Material: _____	
Pingadeira <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Defensas: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Material: _____	
Pré-esforço <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Tipo: <input type="checkbox"/> Pré <input type="checkbox"/> Pós	Observação: _____	

Número total de juntas: 2			
Tipo de vedação: <input type="checkbox"/> Nenhuma <input checked="" type="checkbox"/> Tipo: Fechada			
Número de tramos: 1 Tramo 1 (m): 27,0 Tramo 2 (m): _____ Tramo 3 (m): _____ Tramo 4 (m): _____			
Tramo 5 (m): _____ Tramo 6 (m): _____ Tramo 7 (m): _____ Tramo 8 (m): _____			
Extremidades: <input checked="" type="checkbox"/> Encontro <input type="checkbox"/> Balanço <input type="checkbox"/> Laje de aproximação			
Estrutura em contato com a água: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Tipo: <input checked="" type="checkbox"/> Doce <input type="checkbox"/> Salgada			

4- OBSERVAÇÕES			
IDADE/SERVIÇO (ano)		INSPEÇÕES (data)	
Construção: 1904	Reparação: _____	Rotina: _____	Especial: _____
Reforço: _____	Reconstrução: _____	Principal: _____	Frequência (anos): _____
Ampliação: _____	Evento Extremo: _____	Sem informação <input checked="" type="checkbox"/>	
CARGAS			
Projeto tipo _____: _____ (_____)		Ponte condicionada: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	
Frequências (Hz)		Ponte fechada: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	
Modos de vibração: 1: _____ 2: _____ 3: _____			

Observações: Monumento na ponte: Direção das Obras Públicas 1904

Figura B.5 – Ficha inventário da Ponte Hintze Ribeiro.

C) Fichas de inspeção de cada obra em estudo.

Tabela C. 1 – Ficha de inspeção Viaduto.

GUIA DE INSPEÇÃO DE PONTES E VIADUTOS BETÃO

Equipa técnica:

DATA: 27/06/2019.

Legenda: Níveis ■ 0 - Sem dano ■ 1 - Leve ■ 2 - Médio ■ 3- Grave

1 - PAVIMENTO	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Varição: 0 - 1
Fendilhamento	1	Horizontais e verticais	0,2
Fissuras	0		0,1
Exsudação	0		0,1
Desagregação/Desgaste	0		0,15
Delaminação/Destacamento	2	Lado sul	0,1
Deficiência da Junta de Dilatação	3	Apoios	0,15
Manchas/Subida dos finos	0		0,1
Deformação	0		0,15
Passeios	2	Revestimento com degradação e abertura na região da junta.	0,1
Acesso a obra	1	Nos dois lados	0,05
Grau de conservação do elemento			0,92

2 - TABULEIRO	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,15
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,1
Delaminação/Destacamento	0		0,1
Armadura Exposta/Cabos expostos	0		0,15
Manchas/Eflorescências	1		0,05
Deficiência na Junta de Dilatação Est.	2	Apoios	0,15
Vegetações/Colonização biológica	0		0,05
Deficiência do Recobrimento	0		0,05

Deficiência do Sistema de drenagem	2	Drenagem do tabuleiro; Falta de tubos de queda e grelhas; Valetas descontínuas	0,15
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,65

3 - SUPERESTRUTURA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,2
Armadura Exposta/Cabos Expostos	0		0,2
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,15
Delaminação/Destacamento	0		0,15
Manchas/Eflorescências	1		0,1
Deficiência do Recobrimento	1	Falha na superfície do betão, provocada provavelmente por erros de betonagem ou descofragem.	0,15
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,25

4 - MESOESTRUTURA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	2	Apoios.	0,1
Desagregação do Betão/Desgaste	1	Apoios.	0,05
Delaminação/Destacamento	1	Apoios.	0,05
Armadura Exposta/Cabos expostos	1	Apoios.	0,05
Manchas/Eflorescências	1	Apoios e na base dos pilares.	0,05
Deficiência nos Encontros	0		0,1
Deficiência do Recobrimento	1	Apoio.	0,05
Deficiência no Aparelho de Apoio	0		0,15
Desaprumo/Distorção	0		0,1
Assentamento	1	Apoio sul.	0,2
Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento	0		0,05
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,65

Legenda: Níveis ■ 0 - Sem dano ■ 1 - Leve ■ 2 - Médio ■ 3- Grave

5 - INFRAESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Deslocamento de Fundação	0		0,4
Erosão Terreno de Fundação	0		0,3
Estacas Desenterradas	0		0,3
Grau de conservação do elemento			0,00

6 - SEGURANÇA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Deficiência no Guarda-corpo	1	Parafusos com corrosão e em alguns pontos da estrutura, com degradação da pintura. Armadura exposta.	0,35
Deficiência na Defesa	0		0,2
Deficiência de Iluminação	0		0,15
Deficiência de Sinalização	0		0,15
Marcas de Acidentes na via	0		0,15
Grau de conservação do elemento			0,35

7 - OBSERVAÇÕES	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Condições de estabilidade	0		0,5
Desconforto do tabuleiro	0		0,5
Grau de conservação do elemento			0,00

GRAU DE CONSERVAÇÃO GERAL DA ESTRUTURA	0,42
---	-------------

Necessita de uma inspeção especial ou ensaio específico?

Observações adicionais:

ENSAIOS REALIZADOS:

NOME:

DATA: __/__/__

OBSERVAÇÕES:

RESULTADOS OBTIDOS:

NOME:

DATA: __/__/__

OBSERVAÇÕES:

RESULTADOS OBTIDOS:

NOME:

DATA: __/__/__

OBSERVAÇÕES:

RESULTADOS OBTIDOS:

REGISTRO FOTOGRÁFICO

VISTA GERAL (SUPERIOR)



VISTA GERAL (RIO / PASSAGEM)



VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



VISTA DOS APOIOS



JUNTAS



Tabela C. 2 – Ficha de inspeção Ponte Afonso Zuquete.

GUIA DE INSPEÇÃO DE PONTES E VIADUTOS BETÃO

Equipa técnica:

DATA: 18/07/19

Legenda: Níveis ■ 0 - Sem dano ■ 1 - Leve ■ 2 - Médio ■ 3- Grave

1 - PAVIMENTO	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Varição: 0 - 1
Fendilhamento	2	Horizontais, verticais, diagonais e em blocos.	0,2
Fissuras	0		0,1
Exsudação	0		0,1
Desagregação/Desgaste	1	Com tapagem de covas.	0,15
Delaminação/Destacamento	0		0,1
Deficiência da Junta de Dilatação	2	Apoios	0,15
Manchas/Subida dos finos	0		0,1
Deformação	0		0,15
Passeios	1	Desagregações com presença de vegetação acesso lado leste e armadura exposta junção dos tramos.	0,1
Acesso a obra	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,79

2 - TABULEIRO	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,15
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,1
Delaminação/Destacamento	0		0,1
Armadura Exposta/Cabos expostos	0		0,15
Manchas/Eflorescências	1		0,05
Deficiência na Junta de Dilatação Est.	0		0,15
Vegetações/Colonização biológica	1		0,05
Deficiência do Recobrimento	0		0,05
Deficiência do Sistema de drenagem	2	Detritos impedindo seu funcionamento e tubagem curta.	0,15
Danos devido ao impacto	0		0,05

Grau de conservação do elemento	0,40
--	-------------

3 -SUPERESTRUTURA (Vigas)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,2
Armadura Exposta/Cabos Expostos	0		0,2
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,15
Delaminação/Destacamento	0		0,15
Manchas/Eflorescências	1		0,1
Deficiência do Recobrimento	0		0,15
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,10

4 - MESOESTRUTURA (Pilares)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,1
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,05
Delaminação/Destacamento	0		0,05
Armadura Exposta/Cabos expostos	0		0,05
Manchas/Eflorescências	1		0,05
Deficiência nos Encontros	2	Com grandes degradações dos dois apoios	0,1
Deficiência do Recobrimento	0		0,05
Deficiência no Aparelho de Apoio	1	Deteriorados	0,15
Desaprumo/Distorção	0		0,1
Assentamento	0		0,2
Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento	0		0,05
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,40

Legenda: Níveis ■ 0 - Sem dano ■ 1 - Leve ■ 2 - Médio ■ 3- Grave

5 - INFRAESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Deslocamento de Fundação	0		0,4
Erosão da Fundação	1	Mais predominante em um dos lados da sapata.	0,3
Estacas Desenterradas	0		0,3
Grau de conservação do elemento			0,30

6 - SEGURANÇA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Deficiência no Guarda-corpo	1	Deformados por impacto de acidentes, degradação da pintura e corrosão iniciada.	0,35
Deficiência na Defesa	0		0,2
Deficiência de Iluminação	0		0,15
Deficiência de Sinalização	0		0,15
Marcas de Acidentes na via	1		0,15
Grau de conservação do elemento			0,50

7 - OBSERVAÇÕES	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Condições de estabilidade	0		0,5
Desconforto do tabuleiro	1		0,5
Grau de conservação do elemento			0,50

GRAU DE CONSERVAÇÃO GERAL DA ESTRUTURA	0,42
---	-------------

Necessita de uma inspeção especial ou ensaio específico?

Observações adicionais:

ENSAIOS REALIZADOS:

NOME:

DATA:

__/__/__

OBSERVAÇÕES:

RESULTADOS OBTIDOS:

NOME:

DATA:

__/__/__

OBSERVAÇÕES:

RESULTADOS OBTIDOS:

NOME:

DATA:

__/__/__

OBSERVAÇÕES:

RESULTADOS OBTIDOS:

REGISTRO FOTOGRÁFICO

VISTA GERAL (SUPERIOR)



VISTA GERAL (RIO / PASSAGEM)



VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



VISTA DOS APOIOS



JUNTAS



Tabela C. 3 – Ficha de inspeção Ponte Pedonal Metálica.

GUIA DE INSPEÇÃO DE PONTES E VIADUTOS METÁLICOS

Equipa técnica:

DATA: 28/06/2019

Legenda: Níveis ■ 0 - Sem dano ■ 1 - Leve ■ 2 - Médio ■ 3- Grave

1 - PAVIMENTO	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Varição: 0 - 1
Fendilhamento	0		0,2
Fissuras	2	Algumas tábuas	0,15
Exsudação	0		0,1
Desagregação/Desgaste	0		0,15
Delaminação/Destacamento	2	Algumas tábuas	0,15
Deficiência da Junta de Dilatação	0		0,15
Manchas/Subida dos finos	2	Parte inferior	0,1
Deformação	0		0,15
Esmagamento	0		0,1
Afrouxamento/ Deficiência nas ligações	2	Falta de ligadores	0,15
Corrosão	0		0,15
Passeios	0		0,1
Acessos a Ponte	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,65

2 - TABULEIRO (est. Metálica e Madeira)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,15
Corrosão	0		0,15
Afrouxamento/Deficiência nas ligações	0		0,2
Distorção	2	Grande visibilidade no último cabo de suspensão.	0,1
Desagregação/Desgaste	0		0,1
Delaminação/Destacamento	0		0,1
Esmagamento	0		0,05
Manchas	0		0,05
Deficiência da junta de dilatação est.	0		0,15

Deficiência do Sistema de drenagem	0		0,15
Deficiência na limpeza	1	Encaixes dos cabos e parte inferior	0,05
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,19

3 - SUPERESTRUTURA (Vigas)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,25
Corrosão	0		0,25
Afrouxamento/Deficiência nas ligações	0		0,25
Distorção	0		0,15
Deficiência na limpeza	1	Com muita sujeira acumulada na parte inferior da ponte.	0,05
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,05

4 - MESOESTRUTURA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,1
Corrosão	2	Ancoragem, elementos de proteção do cabo	0,15
Afrouxamento/Deficiência nas ligações	0		0,15
Distorção	0		0,05
Desagregação/Desgaste	3	Ancoragem	0,05
Delaminação/Destacamento	0		0,05
Manchas	2	Ancoragem	0,05
Deficiência do Recobrimento	2	Ancoragem	0,05
Deficiência nos Encontros	0		0,1
Deficiência no Aparelho de Apoio	0		0,15
Assentamento	0		0,2
Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento	0		0,05
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,54

Legenda: Níveis ■ 0 - Sem dano ■ 1 - Leve ■ 2 - Médio ■ 3- Grave

5 - INFRAESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Deslocamento de Fundação	0		0,4
Erosão Terreno de Fundação	0		0,3
Estacas Desenterradas	0		0,3
Grau de conservação do elemento			0,00

6 - SEGURANÇA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Deficiência no Guarda-corpo	0		0,35
Deficiência na Defesa	0		0,2
Deficiência de Iluminação	2	Troca de lâmpada, passagem escura a noite	0,15
Deficiência de Sinalização	0		0,15
Marcas de Acidentes na via	0		0,15
Grau de conservação do elemento			0,30

7 - OBSERVAÇÕES	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Condições de estabilidade	1		0,5
Desconforto do tabuleiro	3		0,5
Grau de conservação do elemento			2,00

GRAU DE CONSERVAÇÃO GERAL DA ESTRUTURA	0,46
---	------

Necessita de uma inspeção especial ou ensaio específico?

Observações adicionais:

ENSAIOS REALIZADOS:

NOME:

DATA: __/__/__

OBSERVAÇÕES:

RESULTADOS

OBTIDOS:

NOME:

DATA: __/__/__

OBSERVAÇÕES:

RESULTADOS

OBTIDOS:

NOME:

DATA: __/__/__

OBSERVAÇÕES:

RESULTADOS

OBTIDOS:

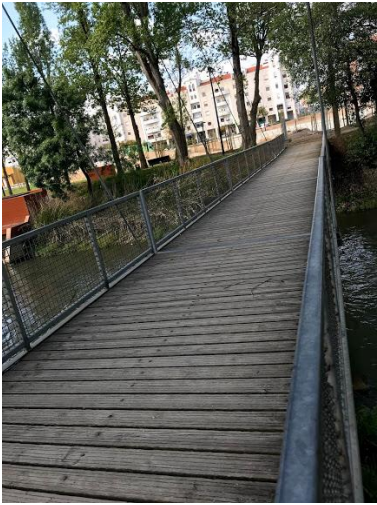




REGISTRO FOTOGRÁFICO	
VISTA GERAL (SUPERIOR)	VISTA GERAL (RIO / PASSAGEM)
	
VISTA SUPERIOR	VISTA LATERAL
	
VISTA DOS APOIOS	JUNTAS
	

Tabela C. 4 – Ficha de inspeção Ponte Euro 2004.

GUIA DE INSPEÇÃO DE PONTES E VIADUTOS BETÃO

Equipa técnica:

DATA: 27/06/2019.

Legenda: Níveis ■ 0 - Sem dano ■ 1 - Leve ■ 2 - Médio ■ 3- Grave

1 - PAVIMENTO	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Varição: 0 - 1
Fendilhamento	1	Próximo a junta ao lado sul transversalmente e na passadeira ao lado norte.	0,2
Fissuras	0		0,1
Exsudação	1	Poucos lugares, na maioria no meio da faixa de rodagem	0,1
Desagregação/Desgaste	1	Passadeira ao lado norte e muito leve na pista e próximo das juntas.	0,15
Delaminação/Destacamento	1	Passadeira ao lado norte.	0,1
Deficiência da Junta de Dilatação	1	Apoio Sul, falta de funcionalidade.	0,15
Manchas/Subida dos finos	0		0,1
Deformação	0		0,15
Passeios	3	Desagregações e manchas no revestimento, nas juntas as chapas metálicas então com ligantes faltantes e deformadas em alguns locais, muitas vegetações e alguma com alturas relevantes.	0,1
Acesso a obra	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,83

2 - TABULEIRO	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	1	Fissuras avistadas na parte inferior	0,15
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,1
Delaminação/Destacamento	0		0,1
Armadura Exposta/Cabos expostos	0		0,15
Manchas/Eflorescências	1	Estalactites em locais próximos as pingadeiras.	0,05
Deficiência na Junta de Dilatação Est.	0		0,15

Vegetações/Colonização biológica	1	Leve colonização biológica nas marcas de descofragem.	0,05
Deficiência do Recobrimento	0		0,05
Deficiência do Sistema de drenagem	2	Sarjetas obstruídas com detritos e vegetações relevantes, valas localizadas nas laterais dos encontros com detritos e causando erosão do solo ao redor.	0,15
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,55

3 - SUPERESTRUTURA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,2
Armadura Exposta/Cabos Expostos	0		0,2
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,15
Delaminação/Destacamento	0		0,15
Manchas/Eflorescências	1	Leve colonização biológica nas marcas de descofragem.	0,1
Deficiência do Recobrimento	0		0,15
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,10

4 - MESOESTRUTURA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fissuras	0		0,1
Desagregação do Betão/Desgaste	0		0,05
Delaminação/Destacamento	3	Encontro Norte	0,05
Armadura Exposta/Cabos expostos	3	Encontro Norte	0,05
Manchas/Eflorescências	1	Pichações pilar norte e encontro sul, manchas nos encontros da drenagem.	0,05
Deficiência nos Encontros	3	No funcionamento do encontro norte, causando destacamento e armadura exposta.	0,1
Deficiência do Recobrimento	0		0,05
Deficiência no Aparelho de Apoio	0		0,15
Desaprumo/Distorção	0		0,1
Assentamento	0		0,2

Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento	0	0,05
Danos devido ao impacto	0	0,05
Grau de conservação do elemento		0,65

Legenda: Níveis ■ 0 - Sem dano ■ 1 - Leve ■ 2 - Médio ■ 3- Grave

5 - INFRAESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Deslocamento de Fundação	0		0,4
Erosão Terreno de Fundação	0		0,3
Estacas Desenterradas	0		0,3
Grau de conservação do elemento			0,00

6 - SEGURANÇA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Deficiência no Guarda-corpo	1	Presença de colonização biológica, ferrugem nas guardas e ligações. Marcas de acidentes	0,35
Deficiência na Defesa	1	Deformações devido a acidentes.	0,2
Deficiência de Iluminação	0		0,15
Deficiência de Sinalização	0		0,15
Marcas de Acidentes na via	1	Lado norte marcas no guarda corpo, juntas e defesa sentido norte-sul.	0,15
Grau de conservação do elemento			0,70

7 - OBSERVAÇÕES	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Condições de estabilidade	0		0,5
Desconforto do tabuleiro	0		0,5
Grau de conservação do elemento			0,00

GRAU DE CONSERVAÇÃO GERAL DA ESTRUTURA	0,43
---	-------------

Necessita de uma inspeção especial ou ensaio específico?

Observações adicionais:

ENSAIOS REALIZADOS:

NOME:

DATA: __/__/__

OBSERVAÇÕES:

RESULTADOS OBTIDOS:

REGISTRO FOTOGRÁFICO

VISTA GERAL (SUPERIOR)



VISTA GERAL (RIO / PASSAGEM)



VISTA PILAR



VISTA LATERAL



VISTA DOS APOIOS



JUNTAS

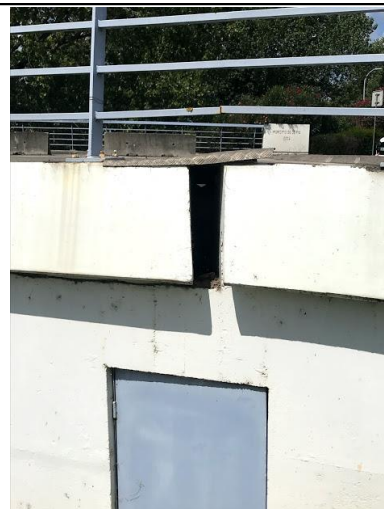


Tabela C. 5 – Ficha de inspeção Ponte Hintze Ribeiro.

GUIA DE INSPEÇÃO DE PONTES E VIADUTOS ALVENARIA DE PEDRA

Equipa técnica:

DATA: 01/08/2019

Legenda: Níveis ■ 0 - Sem dano ■ 1 - Leve ■ 2 - Médio ■ 3- Grave

1 - PAVIMENTO	CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Varição: 0 - 1
Fendilhamento	3	Pele de Crocodilo	0,2
Fissuras	0		0,1
Exsudação	0		0,1
Desagregação/Desgaste	2	Desgaste do betuminoso pela via	0,15
Delaminação/Destacamento	2	Peladas	0,1
Deficiência da Junta de Dilatação	0		0,15
Manchas/Subida dos finos	0		0,1
Deformação	2	Rodeiras, ao longo da passagem dos rodados	0,15
Passeios	2	Desagregações e irregularidades	0,1
Acesso a obra	0		0,05
Grau de conservação do elemento			1,33

2 - TABULEIRO e Tímpano	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fendilhação/Perda de Argamassa	1	Perda de Argamassa	0,2
Fissuras	0		0,15
Delaminação	2	Destacamento do betão ao lado esquerdo	0,15
Erosão/Desagregação da Pedra	1	Erosão	0,2
Deslocamento pedras/Escolregamento do tímpano	0		0,2
Armadura exposta	2	Grande exposição ao lado esquerdo	0,15
Manchas/Eflorescência	2	Manchas escuras	0,05
Deficiência da Junta de Dilatação Estrutural	0		0,15
Vegetações/Colonização biológica	1	Vegetações	0,05
Deficiência no Recobrimento	0		0,05

Deficiência do Sistema de drenagem	1	Detritos e vegetações obstruindo as duas drenagens existentes	0,1
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,83

3 -SUPERESTRUTURA (Abóbadas)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fendilhação/Perda de Argamassa	1	Fendilhações finas	0,2
Delaminação	0		0,15
Erosão/Desagregação da Pedra	0		0,2
Deslocamento das Pedras/Deformação	0		0,2
Manchas/ Eflorescência	2	Manchas em grande quantidade	0,1
Vegetações/Colonização biológica	0		0,1
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,40

4 - MESOESTRUTURA (Pilares e Quebra-mares)	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Fendilhação/Perda de Argamassa	0		0,15
Delaminação	0		0,1
Erosão/Desagregação da Pedra	1	Erosão	0,15
Deslocamento das Pedras/Deformação	0		0,1
Manchas/Eflorescência	2	Manchas e pichações	0,05
Vegetações/Colonização biológica	2	Vegetações presentes consideráveis	0,05
Deficiência nos Encontros	0		0,1
Assentamento	0		0,15
Descalçamento/Acúmulo de detritos/Escoamento	2	Descalçamento	0,1
Danos devido ao impacto	0		0,05
Grau de conservação do elemento			0,55

Legenda: Níveis ■ 0 - Sem dano ■ 1 - Leve ■ 2 - Médio ■ 3- Grave

5 - INFRAESTRUTURA	CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DOS DANOS		Importância Relativa (PESO)
	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	Variação: 0 - 1
Deslocamento de Fundação	0		0,4
Erosão Terreno de Fundação	0		0,3
Estacas Desenterradas	0		0,3
Grau de conservação do elemento			0,00

6 - SEGURANÇA	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Deficiência no Guarda-corpo	2	Fissuras, desagregações e manchas	0,35
Deficiência na Defesa	0		0,2
Deficiência de Iluminação	0		0,15
Deficiência de Sinalização	0		0,15
Marcas de Acidentes na via	0		0,15
Grau de conservação do elemento			0,70

7 - OBSERVAÇÕES	NÍVEL	LOCAL/REFERÊNCIA	PESO
Condições de estabilidade	0		0,5
Desconforto do tabuleiro	0		0,5
Grau de conservação do elemento			0,00

GRAU DE CONSERVAÇÃO GERAL DA ESTRUTURA	0,57
---	-------------

Necessita de uma inspeção especial ou ensaio específico?

Observações adicionais:

ENSAIOS REALIZADOS:

NOME:

DATA: __/__/__

OBSERVAÇÕES:

RESULTADOS OBTIDOS:

REGISTRO FOTOGRÁFICO

VISTA GERAL (SUPERIOR)



VISTA GERAL (RIO / PASSAGEM)



VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



VISTA DOS APOIOS

