



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Redeenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Daniel Vingren Pontes Ferreira

INSPEÇÃO EM PONTES DE CONCRETO ARMADO COM O AUXÍLIO DA NBR
9452:2016: Estudo de caso em pontes sobre o córrego Sussuapara em Palmas - TO

Palmas – TO

2019

Daniel Vingren Pontes Ferreira

INSPEÇÃO EM PONTES DE CONCRETO ARMADO COM O AUXÍLIO DA NBR

9452:2016: Estudo de caso em pontes sobre o córrego Sussuapara em Palmas - TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 2 elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Michele Ribeiro Ramos.

Palmas – TO

2019

Daniel Vingren Pontes Ferreira

INSPEÇÃO EM PONTES DE CONCRETO ARMADO COM O AUXÍLIO DA NBR
9452:2016: Estudo de caso em pontes sobre o córrego Sussuapara em Palmas – TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 2
elaborado e apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil pelo Centro Universitário
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. Dr^a. Michele Ribeiro Ramos.

Aprovado em: 12 / 11 / 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a. Michele Ribeiro Ramos

Orientadora

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Msc. Daniel Iglesias de Carvalho

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva

Avaliador Externo

Palmas – TO

2019

Aos meus pais, meu irmão, minha família, meus amigos, colegas, minha amada esposa e demais pessoas que contribuíram com esta caminhada, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por ter me dado saúde, força e inteligência para superar as adversidades e chegar até aqui.

Agradeço, acima de tudo, aos meus pais Maués e Lenilda, pelo carinho, amor, ensinamentos e paciência a mim dedicados, sempre me apoiando em todos os momentos. Agradeço por serem exemplos e não medirem esforços para que pudesse sempre seguir adiante. Semelhantemente, agradeço ao meu irmão mais velho Elias por sua ajuda com as diversas impressões que foram necessárias durante essa jornada.

Agradeço a meus tios, tias, avôs e avós paternos e maternos, a todos os demais familiares e, também, *in memoriam*, aqueles que não estão mais entre nós, mas que estariam muito contentes nesta data, pelo apoio incondicional e por sempre acreditarem em mim.

Agradeço a esta instituição e todo seu corpo docente e administrativo, Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), por me propiciar uma educação de excelência e me colocar em contato com ótimos educadores e profissionais. Em acréscimo, agradeço a banca examinadora pelas contribuições desde o início ao término deste trabalho, tal qual, minha orientadora Prof. Dr^a. Michele Ribeiro Ramos.

Agradeço aos meus amigos, Jaqueline, José, Letícia e Vitor, por compartilharmos de tantos momentos ao longo dessa jornada e por sempre estarem presentes, me incentivando e fazendo com que todos os períodos do curso fossem marcados por alegrias.

Por fim, a minha amada esposa Thainá, que sem ela este trabalho não teria toda a riqueza que possui. Agradeço também por todo apoio, paciência e dedicação que teve nesta etapa da minha vida e por me fazer acreditar que seria possível chegar até aqui.

RESUMO

FERREIRA, Daniel Vingren Pontes. **INSPEÇÃO EM PONTES DE CONCRETO ARMADO COM O AUXÍLIO DA NBR 9452:2016**: Estudo de caso em pontes sobre o córrego Sussuapara em Palmas – TO. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas – TO, 2019.

Este trabalho tem como objetivo realizar a inspeção e avaliação das manifestações patológicas existentes em Obras de Arte Especiais, sob a ótica da norma de inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto, NBR 9452:2016, através da realização de estudo de caso em quatro pontes localizadas no município de Palmas-TO, determinando assim a condição da estrutura. Tal estudo partiu de premissas previamente estudadas, abordando as tipologias das OAE's, os mais variados e comuns tipos de manifestações patológicas e os métodos de inspeção. O estudo de caso contou com inspeções no local e mapeamento das manifestações patológicas encontradas. Através da metodologia desenvolvida, foi possível identificar condições insatisfatórias nas obras estudadas e, ao mesmo tempo, relatar ao poder público sua real situação.

Este trabalho pode, futuramente, servir como base para o estudo terapêutico das OAE's avaliadas e, também, para novos estudos de prevenção e diagnóstico de patologias em outras obras, evitando suas manifestações e, com isso, aumentando a qualidade construtiva, a durabilidade e desempenho da obra e diminuindo custos futuros de manutenção ou interrupções de serviço que estas manifestações venham a causar.

Palavras-chave: Patologias, Manifestações Patológicas, Pontes, Concreto Armado, Obras de Arte Especiais, Inspeção.

ABSTRACT

FERREIRA, Daniel Vingren Pontes. **INSPECTION OF REINFORCED CONCRETE BRIDGES WITH NBR 9452:2016**: Case study on bridges over the Sussuapara river in Palmas - TO. 69 f. Work of Course Conclusion (Graduation) – Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas – TO, 2019.

This work aims to perform the inspection and evaluation of the pathological manifestations existing in Special Works of Art, from the perspective of the inspection standard of bridges, viaducts and concrete walkways, NBR 9452: 2016, by conducting a case study in four bridges located in the city of Palmas-TO, thus determining the condition of the structure. This study started from previously studied premises, addressing the typologies of the OAE's, the most varied and common types of pathological manifestations and the inspection methods. The case study included on-site inspections and mapping of the pathological manifestations found. Through the developed methodology, it was possible to identify unsatisfactory conditions in the studied works and, at the same time, to report to the government its real situation.

This work may, in the future, serve as a basis for the therapeutic study of the evaluated OAE's and also for new studies of prevention and diagnosis of pathologies in other works, avoiding their manifestations and, thus, increasing the constructive quality, durability and performance reducing future maintenance costs or service interruptions that these events may cause.

Keywords: Pathologies, Pathological Manifestations, Bridges, Reinforced Concrete, Special Works of Art, Inspection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização das 4 OAE's estudadas.	29
Figura 2 – Fluxograma do estudo.	33
Figura 3 – Colapso da Cabeceira C1.	37
Figura 4 – Presença de bolor e eflorescência na Cortina Norte.....	38
Figura 5 – Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem no tabuleiro.	39
Figura 6 – Deslocamento do concreto da viga de travamento da infraestrutura.....	39
Figura 7 – Deslocamento da viga de travamento da infraestrutura e presença de bolor e eflorescência na Cortina Sul.....	44
Figura 8 – Presença de bolor na Cabeceira C4 e Cortina Norte.	45
Figura 9 – Presença de bolor na Transversina T38.	46
Figura 10 – Colapso do guarda-rodas interno.	46
Figura 11 – Presença de bolor no tabuleiro e falha no sistema de drenagem.....	51
Figura 12 – Nicho de concretagem no Pilar P3.....	51
Figura 13 – Presença de bolor nas Transversinas T2 a T5.....	52
Figura 14 – Presença de bolor e eflorescência na Transversina T8.....	52
Figura 15 – Presença de trincas no pavimento..	57
Figura 16 – Presença de bolor no tabuleiro entre as Transversinas T12 a T15.....	58
Figura 17 – Nicho de concretagem na infraestrutura do Pilar P3.....	59
Figura 18 – Aparecimento de infiltrações na Longarina L2.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Elementos da Superestrutura.	17
Quadro 2 – Elementos da Mesoestrutura.....	18
Quadro 3 – Elementos da Infraestrutura.....	18
Quadro 4 – Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade.	25
Quadro 5 – Modelo de ficha de classificação da OAE.....	26
Quadro 6 – Modelo de ficha de inspeção especial.	27
Quadro 7 – Caracterização dos elementos estruturais segundo a relevância no sistema estrutural.....	32
Quadro 8 – Ficha de Inspeção Especial OAE 1.....	35
Quadro 9 – Quadro de Manifestações Patológicas OAE 1.....	40
Quadro 10 – Notas de Caracterização dos Elementos da OAE 1.....	40
Quadro 11 – Ficha de Inspeção Especial OAE 2.....	42
Quadro 12 – Quadro de Manifestações Patológicas OAE 2.....	47
Quadro 13 – Notas de Caracterização dos Elementos da OAE 2.....	47
Quadro 14 – Ficha de Inspeção Especial OAE 3.....	49
Quadro 15 – Quadro de Manifestações Patológicas OAE 3.....	53
Quadro 16 – Notas de Caracterização dos Elementos da OAE 3.....	53
Quadro 17 – Ficha de Inspeção Especial OAE 4.....	55
Quadro 18 – Quadro de Manifestações Patológicas OAE 4.....	60
Quadro 19 – Notas de Caracterização dos Elementos da OAE 4.....	60

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CaCO ₃	Carbonato de Cálcio
Ca(OH) ₂	Hidróxido de Cálcio
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CO ₂	Dióxido de Carbono
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
NBR	Norma Brasileira
OAE	Obras de Arte Especiais
pH	Potencial Hidrogeniônico
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	<i>14</i>
1.1.2	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>14</i>
1.2	JUSTIFICATIVA	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	OBRAS DE ARTE ESPECIAIS (OAE)	16
2.1.1	<i>Superestrutura</i>	<i>16</i>
2.1.2	<i>Mesoestrutura.....</i>	<i>17</i>
2.1.3	<i>Infraestrutura</i>	<i>18</i>
2.2	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	19
2.2.1	<i>Infiltrações e Danos por Umidade</i>	<i>19</i>
2.2.2	<i>Lixiviação</i>	<i>19</i>
2.2.3	<i>Carbonatação.....</i>	<i>20</i>
2.2.4	<i>Corrosão das Armaduras</i>	<i>20</i>
2.2.5	<i>Recalques Diferenciais de Fundação</i>	<i>21</i>
2.2.6	<i>Fissuração</i>	<i>22</i>
2.2.7	<i>Nichos de Concretagem.....</i>	<i>23</i>
2.2.8	<i>Problemas de Juntas de Dilatação.....</i>	<i>24</i>
2.2.9	<i>Taludes de Corte e Aterro</i>	<i>24</i>
2.2.10	<i>Drenagem</i>	<i>24</i>
2.3	INPESÇÕES DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS.....	24
2.3.1	<i>Inspeção Cadastral.....</i>	<i>25</i>
2.3.2	<i>Inspeção Rotineira.....</i>	<i>26</i>
2.3.3	<i>Inspeção Especial.....</i>	<i>26</i>
2.3.4	<i>Inspeção Extraordinária</i>	<i>28</i>
3	METODOLOGIA.....	29
3.1	OBJETO DE ESTUDO	29
3.2	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	30
3.3	ETAPAS DA PESQUISA	30

3.3.1	<i>Inspeções Visuais</i>	30
3.3.2	<i>Elaboração dos Croquis</i>	31
3.3.3	<i>Relatórios Fotográficos</i>	31
3.3.4	<i>Mapeamento das Manifestações Patológicas</i>	31
3.3.5	<i>Classificação das OAE's por Nota</i>	31
3.4	FLUXOGRAMA	33
4	RESULTADO E DISCUSSÕES	35
4.1	OAE 1	35
4.1.1	<i>Ficha de Inspeção Especial</i>	35
4.1.2	<i>Croqui Elaborado</i>	36
4.1.3	<i>Relatório Fotográfico</i>	37
4.1.4	<i>Quadro de Manifestações Patológicas</i>	40
4.1.5	<i>Notas de Caracterização</i>	40
4.2	OAE 2.....	42
4.2.1	<i>Ficha de Inspeção Especial</i>	42
4.2.2	<i>Croqui Elaborado</i>	43
4.2.3	<i>Relatório Fotográfico</i>	44
4.2.4	<i>Quadro de Manifestações Patológicas</i>	47
4.2.5	<i>Notas de Caracterização</i>	47
4.3	OAE 3.....	49
4.3.1	<i>Ficha de Inspeção Especial</i>	49
4.3.2	<i>Croqui elaborado</i>	50
4.3.3	<i>Relatório Fotográfico</i>	51
4.3.4	<i>Quadro de Manifestações Patológicas</i>	53
4.3.5	<i>Notas de Caracterização</i>	53
4.4	OAE 4.....	55
4.4.1	<i>Ficha de Inspeção Especial</i>	55
4.4.2	<i>Croqui Elaborado</i>	56
4.4.3	<i>Relatório Fotográfico</i>	57
4.4.4	<i>Quadro de Manifestações Patológicas</i>	60
4.4.5	<i>Notas de Caracterização</i>	60
5	CONCLUSÃO	62

REFERÊNCIAS	63
APÊNDICES	66
APÊNDICE A – Croqui elaborado das OAE’s 1 e 2.	67
APÊNDICE B - Croqui elaborado da OAE 3.	68
APÊNDICE C – Croqui elaborado da OAE 4.	69

1 INTRODUÇÃO

Nos primórdios da humanidade, o homem se deparava com obstáculos durante sua jornada como nômade. Tais impedimentos como leitos e rios eram vencidos pela criação de pontes naturais as quais eram ocasionadas pela ruptura do maciço de rochas por intermédio da água. Deste modo, a espécie humana percebeu as formas de travessia que a natureza lhe proporcionava e começou a imitá-la (JESUS, 2013). Mediante isto, na Idade Média (que se perpetuou até ao século XV d.C.), salientou-se apenas em duas tipologias de pontes, de caráter religioso ou militar, sendo essas construídas para peregrinação e defesa territorial, respectivamente (GRANDJEAN, 2009). Foi também nesta época que a tecnologia da construção de pontes não evoluiu de maneira exponencial, pois apenas a igreja detinha o conhecimento. O Papa era o líder da Faculdade de Construção de Pontes para monges e nomeou-se *Pontifex Maximus* (mestre construtor de pontes) e denominava as pontes não construídas pela igreja de “pontes do diabo” (HUERTA, 2006).

Isto posto, é na Contemporaneidade (dias atuais) que a construção de pontes é feita em larga escala por intermédio da revolução industrial. A economia de materiais torna-se obrigatória e a opção por pontes em concreto simples e, futuramente armado, faz-se usual (JESUS, 2013). Por outro lado, a mão de obra não especializada, a economia e a má qualidade dos materiais, os conflitos políticos/econômicos, entre outros fatores, estabelecem que as obras em geral tenham uma vida útil menor e, conseqüentemente, incitem a necessidade de inspeções e manutenções no intuito de evitar possíveis patologias.

Historicamente no Brasil, há diversos casos onde a falta de inspeção e manutenção foi o gatilho para o colapso ou interdição de pontes, tendo como mais famosa a ponte Hercílio Luz em Florianópolis que fora construída em 1926 e interditada em 1991 devido ao seu elevado grau de corrosão e comprometimento de elementos estruturais (CARVALHO e RODRIGUES, 2016). Já no Estado do Tocantins, o caso mais recente e de maior repercussão é a interdição da ponte de Porto Nacional. Construída em 1979, ainda pelo Estado de Goiás, a ponte que liga a TO-255 apresenta diversos problemas estruturais tanto na fundação quanto no tabuleiro e por isso foi interditada em fevereiro de 2019 (40 anos após a construção). “Quando uma tragédia pode ser evitada, é necessário que o poder público tome todas as medidas necessárias para que ela não aconteça” (TOCANTINS, 2019). Certamente, a inspeção rotineira em acréscimo da devida manutenção evitaria a interdição imediata de pontes com tamanha importância social e econômica como as citadas anteriormente.

Portanto, o objetivo desta pesquisa é realizar o estudo das patologias presentes nas pontes sobre o córrego Sussuapara em Palmas – TO, por intermédio de inspeções, haja vista que essa condição evita a interdição parcial ou completa da estrutura.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar a inspeção e avaliação das manifestações patológicas presentes nas OAE's localizadas sobre o córrego Sussuapara, em Palmas – TO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar inspeções visuais
- Elaborar o croqui para cada OAE
- Elaborar um relatório fotográfico para cada OAE
- Mapear as manifestações patológicas evidenciadas
- Classificar as OAE's por nota segundo a NBR 9452:2016

1.2 JUSTIFICATIVA

Conforme a NBR 9452:2016, ponte tem por definição toda e qualquer estrutura cuja finalidade seja transpor rios, mares, lagos, córregos e outros. Sendo assim, há a necessidade de construir diversas Obras de Arte Especiais (OAE) em uma determinada região, tendo em conta o posicionamento de cidades próximas a rios e córregos (ABNT, 2016).

Mediante o tráfego constante e o crescimento desenfreado de grandes metrópoles, as OAE's tornam-se imprescindíveis para, além de transpor obstáculos, dar continuidade a circulação. Por consequência, em função do volume diário de carga que a OAE está submetida, há um acréscimo de carga sobre a estrutura que não fora previsto no projeto, levando em consideração a evolução dos transportes viários e sua maior capacidade de transporte, ocasionando a aparição de manifestações patológicas.

É natural que ocorram manifestações patológicas em OAE devido ao tempo de uso, porém, a falta de inspeção e manutenção, a má execução dos projetos, além do subdimensionamento estrutural, contribuem para que essa manifestação patológica atinja o estado limite de uso e ocasione a ruptura da estrutura.

Portanto, o estudo em questão tem sua importância, uma vez que seu objetivo é, além de realizar inspeções visuais e mapear manifestações patológicas evidentes, entregar para o município de Palmas – TO relatórios fotográficos evidenciando os pontos críticos das OAEs no intuito de evitar possíveis colapsos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 OBRAS DE ARTE ESPECIAIS (OAE)

Pontes em definição é uma construção de uma estrutura com o propósito de transpor obstáculos e dar continuidade do leito normal de uma via, de acordo Pfeil (1989). Conforme Debs e Takeya (2003), uma ponte é definida quando é construída acima de um obstáculo como um curso d'água ou superfície líquida como o braço de mar ou lago. Tais autores também relatam a diferença entre ponte e viaduto, uma vez que ambos abstêm da mesma função de continuidade ao leito normal da via, porém a diferenciação está no obstáculo a ser transposto, no caso de viadutos, o empecilho são vales ou vias.

Podem-se encontrar diversas subdivisões dos elementos estruturais de uma ponte. Leonhardt (1983) divide a estrutura da ponte em superestrutura e infraestrutura. Liebenderg (1992), parcela a mesma estrutura em superestrutura, subestrutura e fundações.

A nomenclatura utilizada neste estudo de caso segue a classificação encontrada em Pfeil (1989), a qual desmembra os elementos em três divisões: superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura. Na superestrutura estão contidas vigas principais ou longarinas e secundárias, além do acréscimo das barreiras, guarda-corpo, guarda-rodas e demais elementos constituintes da seção transversal da superestrutura. Já na mesoestrutura estão contidos o aparelho de apoio, pilar e encontro, enquanto na infraestrutura tem-se a fundação inclusa.

2.1.1 Superestrutura

A superestrutura recebe diretamente as cargas provenientes do tráfego dos veículos, transmitindo-as à mesoestrutura. Sua composição estrutural é dividida em principal (vigas principais ou longarinas) e secundária (tabuleiro ou estrado composto por laje, tábuas ou chapas metálicas que recebem a ação direta dos veículos e pedestres). A mesma, é a parcela que vence o vão necessário a ser transposto pela ponte (DEBS E TAKEYA, 2003).

No Quadro 1 encontram-se descritas as demais generalidades constituintes da seção transversal da superestrutura separados por elemento ou dimensão conforme exposição de Debs e Takeya (2003).

Quadro 1 – Elementos da Superestrutura.

Elemento ou dimensão	Descrição
Pista de rolamento	Situa-se sobre a superestrutura e tem como finalidade permitir o tráfego dos veículos.
Acostamento	Faz parte da pista de rolamento e está posicionada ao lado para paradas emergenciais de veículos.
Defensa	Posiciona-se ao lado do acostamento e tem como função proteção aos veículos.
Passeio	Situa-se sobre a superestrutura e tem como finalidade permitir o tráfego dos pedestres.
Guarda-roda	Posiciona-se entre a pista de rolamento e o passeio. Impede a invasão dos veículos no passeio.
Guarda-corpo	Localiza-se após o passeio, dando proteção ao pedestre quanto a despenque da ponte.
Comprimento da ponte ou vão total	Medida entre as extremidades da ponte no sentido horizontal mediante a longitude do eixo.
Vão	Medida entre as extremidades que dão suporte a ponte no sentido horizontal mediante a longitude do eixo.
Vão livre	Medida entre a face de um suporte para com o outro.
Altura da construção	Medida entres os pontos mínimo e máximo vertical da superestrutura.
Altura livre	Medida entres os pontos mínimo da superestrutura e o ponto máximo do obstáculo.

Fonte: Adaptado de Debs e Takeya (2007).

2.1.2 Mesoestrutura

A mesoestrutura faz a interligação entre a superestrutura e a infraestrutura. Em suma, os componentes da mesoestrutura são os responsáveis em transportar as cargas recebidas da mesoestrutura para a infraestrutura (fundação) (DEBS E TAKEYA, 2003).

No Quadro 2 encontram-se descritos os componentes pertencentes a mesoestrutura conforme exposição de Debs e Takeya (2003).

Quadro 2 – Elementos da Mesoestrutura.

Elemento ou dimensão	Descrição
Pilares	Situa-se normalmente próximo a região intermediária e tem função de conduzir as cargas da superestrutura para as fundações.
Encontro	Situa-se nas extremidades da ponte ou na transição da ponte para com o aterro da via, com a atribuição de suporte e escorar a ponte do solo.
Aparelhos de apoio	Elemento empregado entre a infraestrutura e a superestrutura, proposto a transmitir as reações de apoio, permitindo os movimentos impostos pela superestrutura.

Fonte: Adaptado de Debs e Takeya (2007).

2.1.3 Infraestrutura

Os elementos que constituem a infraestrutura são os blocos, sapatas, estacas e tubulões. A mesma tem por finalidade transmitir ao terreno de implantação da obra, seja ele rocha ou solo, os esforços recebidos da Mesoestrutura (PFEIL, 1989).

Para melhor descrição dos componentes da infraestrutura, segue abaixo o Quadro 3 adaptado do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT):

Quadro 3 – Elementos da Infraestrutura.

Elemento ou dimensão	Descrição
Fundações superficiais	Assentes em profundidades inferiores a 1,50 m e maiores duas vezes que a menor dimensão de sua base. São os blocos, as sapatas e os “radiers”.
Fundações profundas	Utilizadas quando os solos resistentes estão a profundidades difíceis de atingir por escavações convencionais. São as fundações em estacas, tubulões e caixões.
Estacas	Elementos estruturais longos e esbeltos, executados mediante cravação sob a ação de repetidas pancadas, produzidas através da queda de um peso ou por escavação ou ainda moldadas no local.
Tubulões	Peças cilíndricas, que podem ser executadas a céu aberto ou sob ar comprimido e ter ou não a base alargada. Podem ser executadas sem ou com revestimento, de concreto ou aço.
Caixão	Elemento de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação interna, usa-se ou não ar comprimido, podendo ter ou não a base alargada.

Fonte: Adaptado de DNIT (2009).

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

O comprometimento de um ou mais funções de uma estrutura é identificado como a manifestação de uma patologia. Do grego, *phatos* – doença, e *logia* – ciência, a patologia é um objeto de estudo dos mecanismos, causas, origens, sintoma, e as origens dos defeitos nas construções mediante a Engenharia Civil (CÁNOVAS, 1988).

Em decorrência disso, há diversas manifestações patológicas presentes em OAEs, sendo as mais comuns: infiltrações e danos por umidade; lixiviação; carbonatação; corrosão das armaduras; recalques diferenciais de fundação; fissuração; nichos de concretagem; problemas de juntas de dilatação, taludes e drenagem, entre outros.

2.2.1 Infiltrações e Danos por Umidade

Segundo Arivabene (2015), os principais danos ocasionados pela umidade no meio da construção civil são provenientes das infiltrações. Em pontes, essa absorção de umidade na estrutura pode ocasionar o bolor, que é a fecundação de fungos formando manchas escuras em tons de marrom, verde e até mesmo preto. Conforme Souza (2008) a gênese dessa manifestação patológica é externa ao sistema construtivo.

Outra manifestação patológica presente mediante umidade é a eflorescência, que tem origem salina por consequência da lixiviação, manifestação patológica que será tratada no próximo tópico (ARIVABENE, 2015). Já para os autores Souza e Ripper (1998), a gênese dessa manifestação patológica é totalmente relacionada com o sistema construtivo e é desfavorável ao concreto pois há presença de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) na face do concreto.

2.2.2 Lixiviação

Para OAEs em concreto armado, a lixiviação é uma mazela comumente evidenciada, pois em torno de 25% da massa do concreto tem a presença de Ca(OH)_2 e sua notoriedade se dá pela percolação da água. Em consequência disso, a lixiviação ocorre através da dissolução de um sólido em líquido diminuindo assim o volume de material predominante no concreto e reduzindo a sua capacidade de resistência (HELENE, 1992). Vale ressaltar que essa manifestação patológica se propaga mais em estruturas onde o concreto está em contato contínuo com o ambiente, como no caso de OAEs.

Em acréscimo disso, Souza e Ripper (1998) asseguram que a lixiviação colabora na carbonatação (manifestação patológica a ser tratada no próximo tópico) do concreto, uma vez

que o vazio de materiais dissolvidos favorece a entrada da água e demais gases pela porosidade excessiva no concreto.

2.2.3 Carbonatação

Em conformidade com Souza e Ripper (1998), o Ca(OH)_2 produz um alto teor alcalino no cimento por intermédio da hidratação ali presente e suas respectivas reações. Tal potencial Hidrogeniônico (pH) alcalino conserva-se entre 12 a 13 e ocasiona no aço um revestimento chamado de camada passivadora que produz baixo teor de solubilidade e condutividade e boa aderência. Dito isso, a carbonatação é a diminuição do pH do concreto para valores menores que 9 por consequência da reação do Ca(OH)_2 , que reage na presença do dióxido de carbono (CO_2), resultando em carbonato de cálcio (CaCO_3) (AMORIM, 2010).

O gás CO_2 está presente em grande quantidade na atmosfera e tem sua produção em larga escala em metrópoles, por conta disso, a porosidade, em acréscimo das fissuras do concreto, auxiliam no transporte desse gás da atmosfera para o cimento hidratado e, ao encontro do Ca(OH)_2 , produz sua reação. A carbonatação no concreto não é prejudicial, em contrapartida, aumenta sua resistência mecânica, porém ao passar pelo concreto tem-se armaduras em aço, e conforme a concentração de CO_2 presente na atmosfera e os vazios entre o concreto e a armadura, a carbonatação pode ocasionar na destruição da camada passivadora por resultado da minoração do pH. Tal desaparecimento da camada resulta em possibilidade para corrosão na armadura (SOUZA E RIPPER, 1998).

Para Amorim (2010), há vários fatores para definir o grau de uma carbonatação, pois sua velocidade de ação e profundidade na estrutura depende da concentração de CO_2 na região, da qualidade do concreto (alcalinidade e porosidade), da temperatura, da umidade, e principalmente do posicionamento da estrutura quanto ao meio ambiente. Tais fatores tornam o estudo da carbonatação em OAEs fundamental em pontes e viadutos, tendo em conta que seu posicionamento está diretamente ligado ao meio.

2.2.4 Corrosão das Armaduras

Corrosão, por reação eletroquímica ou química, pode ser determinada como a relação destrutiva de um material com o meio, vinculada ao aparecimento ou não de esforços mecânicos. Mediante isso, dois processos podem ocorrer quando o concreto é armado com aço, sendo eles, a oxidação e a corrosão (GENTIL, 2001).

Quanto a corrosão, a reação que predomina é a eletroquímica, que ocorre devido uma geração de potencial elétrico da água para com o aço (sendo este o condutor metálico). Tal corrosão em contato com agentes químicos internos ou externos ao concreto pode ser acelerada (SILVA et al, 2006).

Conforme descrito na carbonatação, devido o pH, o concreto forma uma película protetora ao aço chamada de camada passivadora. Silva et al (2006) reafirmam que: “A alcalinidade no interior do concreto provém da fase líquida existente nos seus poros que contém hidroxilas oriundas da ionização dos hidróxidos de cálcio, sódio e potássio. Mesmo em idades avançadas o concreto continua propiciando um meio básico que protege a armadura do fenômeno da corrosão.”

O pH abaixo de 9 pode ocasionar na destruição da camada passivadora, promovendo a presença de deterioração na armadura, porém o mesmo pode ocorrer se o pH estiver abaixo de 11. Com a destruição dessa camada, a corrosão eletroquímica pode ocorrer com naturalidade mediante meio propício (AMORIM, 2010).

A redução do pH, a deterioração restrita ocasionada por íons ofensivos ao meio e a corrosão restrita sob tensão fraturante são os principais propulsores da destruição da película passivadora e conseqüentemente da corrosão das armaduras (CASCUDO, 1997). Para Amorim (2010), a segunda opção é a mais problemática para o concreto, e por conta disso, há uma limitação regulamentada para a presença de íons nos cimentos.

No meio construtivo são utilizados, com frequência, aditivos no concreto. Um deles é o aditivo acelerador de pega que tem uma vasta presença de cloreto em sua composição. Dessa forma, a presença de cloreto no concreto se dá, em partes, por falta de conhecimento técnico. A utilização de aditivos aceleradores de pega, agregados e águas contaminadas, ou também a utilização de ácido muriático (para limpeza) são agentes preponderantes para essa infiltração do cloreto no concreto. Em contrapartida, a porosidade do concreto facilita na penetração do cloreto mediante ao meio (SOUZA e RIPPER, 1998).

Para Amorim (2010), a deterioração nas armaduras em pontes e viadutos decorrente da carbonatação, se dá pela grande presença de CO₂ na atmosfera e em torno da OAE originada pela frequência de automóveis poluentes no meio.

2.2.5 Recalques Diferenciais de Fundação

Recalque tem por definição, a variação de cota mediante o deslocamento vertical que a base da fundação sofre em relação ao nível do terreno. Tal variação se dá pela deformação do

solo originada da aplicação de cargas ou devido ao peso próprio do solo em que o elemento de fundação está apoiado. Quanto ao recalque diferencial, a diferença se dá pelo acontecimento de recalque apenas em uma parte da estrutura da edificação, ocasionando um desnível entre os elementos de fundação. A geração de fissuras nas estruturas é um dos propulsores para esta manifestação patológica que é considerada comum nas OAEs (OLIVEIRA, 2012).

Em conformidade com Souza e Ripper (1998), a razão da existência de recalques na fundação está diretamente ligada a má elaboração de projetos, mediante falhas de cálculo no dimensionamento das fundações, o que ocasiona no aparecimento de trincas na infraestrutura resultantes do recalque diferencial entre os apoios. Vale ressaltar que toda e qualquer edificação está sujeita ao recalque por intermédio da geometria da fundação e geotecnia do solo, porém há limites predeterminados em norma para os valores de recalque diferenciais aceitáveis.

Para Cánovas (1988), há duas situações habituais onde o recalque diferencial ocorre. Primeiro, devido a insuficiência de furos (sondagem) ou disposição do mesmo, uma parte da fundação pode estar colocada sobre um solo de má qualidade e capacidade de carga desconhecida. Em acréscimo, a segunda situação pode estar relacionada ao projeto, onde a carga presente na estrutura é superior a estimada em projeto. A deformação está ligada diretamente a carga aplicada sobre o mesmo e sua respectiva resistência. Ambas situações descritas anteriormente ocasionariam um recalque diferencial e, por consequência, fissuras na estrutura.

Este tipo de recalque pode ocorrer em todos os tipos de fundação, sejam elas isoladas (pilares, estacas, tubulões) ou contínuas (sapatas corridas, radier, etc). No caso das OAEs, esta ocorrência pode se dar na fundação de um dos pilares da estrutura ou em um dos lados como um todo e gerar, devido a isso, fissuras nas vigas e estruturas superiores ligadas a esses pilares.

2.2.6 Fissuração

Manifestação patológica mais característica das estruturas de concreto, a fissura é uma consequência de outra manifestação patológica na estrutura, sempre ocorrendo em acréscimo de outra causa. Porém, as mesmas interferem diretamente na estrutura, influenciando na resistência mecânica, durabilidade e estética. Para classificação de uma fissura é necessário avaliar a abertura, extensão e profundidade da manifestação patológica, assim como conhecer a origem e intensidade do quadro de fissuração (SOUZA e RIPPER, 1998).

Conforme a NBR 15575, diferencia-se trincas e fissuras mediante ao tamanho aferido da mesma. Fissuras são as de menor magnitude, enquanto trincas, as de maior magnitude. Para fissuras, as aberturas precisam ser iguais ou inferiores a 0,6 milímetros (mm) já para trincas, a abertura precisa apresentar vãos acima de 0,6 mm (ABNT, 2013). Em contrapartida, a norma NBR 9575, referente ao projeto de impermeabilização, define trinca como vãos entre 0,5 mm e 2 mm, e fissuras, aberturas menores que 0,5 mm (ABNT, 2010).

Quanto as fissuras, podem ser classificadas quanto ao fator causador, sendo ativa ou inativa. Quando as causas que originaram a fissura estiverem ativas, a fissura é considerada ativa, pois sua dimensão pode continuar a aumentar e, a longo prazo, originar um deslocamento da estrutura. Quando a fissura não apresenta variação de tamanho considera-se como inativa, pois o efeito patológico que ocasionou a fissura também está inativo (SOUZA e RIPPER, 1998).

Em acréscimo disso, Souza e Ripper (1998) divide as fissuras em dois tipos, progressivas e sazonais, sendo a primeira, uma fissura com abertura crescente em período indeterminado, e a segunda, uma fissura com abertura variável (em torno de uma média) por consequência das ações da temperatura e umidade, respectivamente. Quanto a origem, em geral, as fissuras são divididas como intrínsecas e extrínsecas. Apesar de não oferecem perigo iminente a estrutura, as consequências de uma fissuração podem ser expressivas.

Segundo Souza e Ripper (1998), as principais causas das fissuras são: esforços mecânicos e deformações excessivas; reações expansivas ocorrentes no interior do concreto; perda de material, pelo processo de lixiviação; cobrimentos inadequados; contração plástica e retração do concreto; movimentação de fôrmas e escoramentos; assentamento do concreto e perda de aderência das armaduras; deficiências de execução e variação de temperatura.

2.2.7 Nichos de Concretagem

Na construção civil é necessária a vibração do concreto e adensamento do mesmo para uma perfeita concretagem. Os nichos de concretagem são provenientes dos vazios presentes dentro da massa do concreto ocasionados pela má vibração e adensamento do material resultando na segregação dos agregados graúdo e miúdo, assim como da pasta de cimento. Os nichos de concretagem ocorrem, em geral, na base dos pilares ou regiões com alta taxa de armadura, respectivamente (DNIT, 2004).

2.2.8 Problemas de Juntas de Dilatação

A presença da junta de dilatação é fundamental para reduzir as tensões que podem ocasionar fissuras no concreto. Redução essa, que se dá pela abertura, que permite a movimentação unilateral da estrutura no intuito de evitar a transmissão de esforços indesejáveis a infraestrutura por consequência do efeito da temperatura (PFEIL, 1989).

Em conformidade com a NBR 9452, a ausência do perfil de vedação, falta de estanqueidade, saliência ou depressão causando desconforto ao usuário, deterioração dos lábios poliméricos ou berços, acúmulo de detritos, abertura excessiva, entre outros, são alguns dos problemas presentes na estrutura por consequência da junta de dilatação (ABNT, 2016).

2.2.9 Taludes de Corte e Aterro

Segundo o Glossário de Termos Técnicos Rodoviários disponibilizado pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), o talude tem função de suporte à estrutura, assim como estabilização. Por ter formação em terreno inclinado em ângulo com o plano vertical mediante corte ou aterro, o talude deve ter manutenções constantes devido sua característica geotécnica, pois sua ruptura pode colapsar toda a estrutura da OAE em contato direto com mesmo, assim como, implicar em danos de extrema magnitude e risco de segurança aos usuários (DNER, 1997).

2.2.10 Drenagem

Existem algumas manifestações patológicas decorrentes da falta ou ineficiência da drenagem, sendo elas, a infiltração, criação de limo, aumento da lixiviação e deterioração da armadura exposta. A drenagem tem por caráter, coletar e escoar a água em proximidade à OAE proveniente de chuvas objetivando a garantia de qualidade da estrutura. A má execução desta ocasiona nas manifestações patológicas descritas acima, assim como no desconforto ao usuário da OAE (SARTORTI, 2008).

2.3 INPESÇÕES DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

A NBR 9452:2016 subdivide as inspeções conforme a necessidade de avaliação da OAE. A divisão é dada por: inspeção cadastral; inspeção rotineira; inspeção especial e inspeção extraordinária.

2.3.1 Inspeção Cadastral

Logo após a entrega da obra é realizada a inspeção cadastral. É também realizada quando há alterações na OAE mediante esforços físicos (ABNT, 2016).

Para a NBR 9452:2016, as informações necessárias a se coletar na inspeção cadastral são: a classificação da OAE, conforme quadros 4 e 5; croqui da planta do tabuleiro e das seções transversal e longitudinal, registro fotográfico e demais informações importantes (ABNT, 2016).

Quadro 4 – Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade.

Nota de classificação	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
5	Excelente	A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados.	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários	A OAE apresenta-se em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção de rotina.
4	Boa	A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural.	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas. Intervenções podem ser necessárias a médio prazo.	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental ou a OAE apresenta moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
2	Ruim	Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco iminente. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas a curto prazo.	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	A OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometem sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.
1	Crítica	Há danos que geram grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural. A OAE necessita intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramento provisório e associada instrumentação, ou não.	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização.	A OAE encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional.

Fonte: Adaptado da NBR 9452 (2016).

Quadro 5 – Modelo de ficha de classificação da OAE.

Parâmetro	Elemento						
	Superestrutura	Mesoestrutura	Infraestrutura	Elementos Complementares		Pista	Nota Final
				Estrutura	Encontro		
Estrutural							
Funcional							
Durabilidade							

Fonte: Adaptado da NBR 9452 (2016).

A norma também regula quanto ao registro fotográfico. Nela há recomendações quanto as vistas necessárias adjunto de comentários, a qualidade da foto, o objetivo de se mostrar as manifestações patológicas detectadas, datas e a necessidade de apresentar junto as fotos os dados coletados (ABNT, 2016).

2.3.2 Inspeção Rotineira

Para esta inspeção, a norma recomenda que não seja superior a um prazo de um ano. Nela avalia-se a evolução, ou não, das manifestações patológicas mapeadas em vistorias anteriormente realizadas assim como novas manifestações patológicas e a necessidade de reparos na OAE. Cabe ao profissional a utilização, ou não, de equipamentos para análise tendo como periodicidade a análise visual (ABNT, 2016).

Para a NBR 9452, as informações necessárias a se coletar na inspeção rotineira são: a classificação da OAE, conforme quadros 4 e 5; registro fotográfico, em conformidade com a descrição acima; informações básicas da OAE como localização; comentários se houver mudanças na OAE quando comparado com inspeções anteriores; ficha de inspeção contendo todo o registro das manifestações patológicas evidenciadas e demais informações pertinentes (ABNT, 2016).

2.3.3 Inspeção Especial

Quanto a inspeção especial, deve ser realizada em um intervalo de cinco anos, porém pode ser postergada em até oito anos mediante enquadro em obras com necessidade de intervenção a longo prazo ou obras onde a inspeção rotineira seja o suficiente. Para esta, pode haver a necessidade de utilização de equipamento especiais para acesso a superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura, pois, há a recomendação da norma para apresentação de

mapeamento gráfico e quantitativo das manifestações patológicas no objetivo de produzir o diagnóstico e prognóstico da OAE (ABNT, 2016).

Em conformidade com a NBR 9452, a inspeção especial deve ser antecipadamente realizada quando: a obra for enquadrada com necessidade de intervenção a curto prazo (notas de classificação 4 e 5, conforme quadros 4 e 5); houveram adequação significativas na OAE, como prolongamentos, reforços, alargamentos e elevação de classe (ABNT, 2016).

Tendo em conta que o presente trabalho utilizará da inspeção especial como procedimento metodológico, segue abaixo o modelo de ficha de inspeção especial conforme quadro 5.

Quadro 6 – Modelo de ficha de inspeção especial.

FICHA DE INSPEÇÃO ESPECIAL	
Inspeção Especial (ano):	OAE Código:
Jurisdição (DNIT, Concessão ou Outro):	
Data da Inspeção:	
Parte I - Síntese do relatório de patologia	
1 - Localização	
Rodovia ou Município:	
Obra:	Localização:
2 - Descrição da Obra	
Quantidade de vãos:	Comprimento total:
Pilares:	Vigas:
Largura Total:	Juntas de dilatação:
Tipologia transversal da superestrutura:	Tipologia longitudinal da superestrutura:
Classe:	
Observações:	
3 - Ensaio realizados	
4 - Classificação da OAE	
Estrutural:	Funcional:
Durabilidade:	
5 - Vistoria	
Data da vistoria:	
Recursos de aproximação empregados:	
6 - Descrição das anomalias	

Superestrutura
Laje Superior:
Vigas longarinas:
Vigas transversinas:
Mesoestrutura
Vigas-travessas:
Aparelho de apoio:
Pilares:
Infraestrutura
Blocos:
Fundações:
Encontro
Estruturas de encontro:
Elementos complementares
Pavimento, sinalização e gabaritos:
Passeios e guarda-corpo:
Barreiras rígidas/defensas metálicas:
Juntas:
Drenagem:
PARTE II - Síntese do relatório de terapia
1 - Parecer técnico
2 - Resumo da análise estrutural (caso necessário)
3 - Proposição de restauração ou reforço

Fonte: Adaptado da NBR 9452 (2016).

2.3.4 Inspeção Extraordinária

Quando há a necessidade de avaliar um elemento ou parte da OAE com uma maior criticidade faz-se obrigatória a aplicação da inspeção extraordinária. Outros fatores predominantes para a utilidade desta inspeção são fatores físicos (impacto de veículo, trem ou embarcação na estrutura) e da natureza (inundação, vendaval, sismo e outros) (ABNT, 2016).

As informações necessárias a se coletar na inspeção extraordinária são: registro fotográfico, em conformidade com a descrição acima; descrição da obra, evidenciação das manifestações patológicas, mapeamento e tratamentos necessários para ação corretiva. Assim como na inspeção especial, pode haver a necessidade de utilização de equipamento especiais para acesso a superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura (ABNT, 2016).

3 METODOLOGIA

Nesse capítulo, estão descritas as técnicas que foram utilizadas, métodos de delineamento de pesquisa, estratégia de desenvolvimento do trabalho, técnicas de coleta e análise de dados, assim como as limitações do tema e o aspecto da escolha das OAEs que foram estudadas.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

Para que o objetivo deste trabalho fosse alcançado, foi realizado um estudo de caso de inspeção e avaliação das manifestações patológicas presentes em quatro pontes de concreto armado localizadas no município de Palmas - TO com foco na análise da condição da estrutura, através dos métodos de inspeção.

Figura 1 – Localização das 4 OAE's estudadas.



Fonte: Google Earth (2019).

A OAE 1 (conforme figura 1, da esquerda para a direita), está localizada na avenida NS-03 no sentido NORTE-SUL com coordenadas 10°10'24" S, 48°20'31" W. A OAE 2, está localizada na avenida NS-03 no sentido SUL-NORTE com coordenadas 10°10'24" S, 48°20'32" W. A OAE 3, está localizada na avenida Teotônio Segurado no sentido NORTE-SUL com coordenadas 10°10'25" S, 48°20'02" W e a OAE 4, está localizada na avenida Teotônio Segurado no sentido SUL-NORTE com coordenadas 10°10'25" S, 48°20'00" W.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Conforme Gil (2002), o trabalho em questão delimita-se como um estudo de caso, pois para o autor o procedimento faz-se primordial quando há a necessidade de descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação, formular hipóteses ou desenvolver teorias e explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos.

Gil (2002) também classifica a pesquisa com base nos objetivos como sendo pesquisa exploratória, descritiva ou explicativa. Para o trabalho em questão, a pesquisa se enquadrava como exploratória, pois para o autor essa tipologia de pesquisa tem por objetivo “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses”.

Quanto ao método, podem ser classificados como experimental, teórico e empírico. Tendo em conta que trata-se de um estudo de caso, o método empírico torna-se o usual pois para a pesquisa em questão foi necessária a comprovação prática através da observação e coleta de dados no campo.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Neste item estão descritas as metodologias adotadas para cada objetivo específico sendo eles, inspeções visuais, elaboração dos croquis, relatórios fotográficos, mapeamento das manifestações patológicas e classificação das OAE's por notas, a fim de salientar demais interrogações.

3.3.1 Inspeções Visuais

Tendo em conta a existência de quatro tipos de inspeção em conformidade com a NBR 9452:2016, foi necessário avaliar a tipologia que mais se adequa a esse trabalho. Dessa forma, foi definida como metodologia de pesquisa a inspeção especial, pois as pontes em questão se enquadram nos requisitos descritos no referencial desta tipologia. Vale ressaltar que para aplicação da inspeção especial, foi necessário avaliar os critérios de enquadramento descritos acima no referencial teórico. Quanto a inspeção visual, foi realizada de maneira manual com acesso pessoal. Nesta, foi utilizada uma ficha para preenchimento dos dados obtidos em campo chamada de Ficha de Inspeção Especial.

3.3.2 Elaboração dos Croquis

Com o auxílio do diastímetro analógico para mensuração dos dados foi possível elaborar croquis para cada OAE representando seus componentes individuais no intuito de facilitar a identificação no momento do relatório fotográfico e mapeamento das manifestações patológicas. Essa elaboração foi efetuada por autoria própria no *software* da Autodesk, AutoCad 2019.

3.3.3 Relatórios Fotográficos

Em decorrência da escolha da tipologia, realizou-se a coleta de dados por meio fotográfico para análise em acordo com o que é recomendado na NBR 9452:2016. Os recursos de aproximação foram empregados através de uma câmera de *Smartphone* com zoom digital. Para apresentação desses dados, foi escolhida a metodologia de destaque das manifestações patológicas com o uso de formas circulares em vermelho e legenda evidenciando a manifestação e sua predominância.

3.3.4 Mapeamento das Manifestações Patológicas

Após a elaboração do croqui e relatório fotográfico da OAE foi possível fazer o mapeamento das manifestações patológicas. No relatório fotográfico foi destacada as manifestações patológicas de maior predominância no elemento. Já no mapeamento, foi utilizado o quadro de manifestações patológicas para separar estes elementos e evidenciar separadamente as manifestações presentes por elemento.

3.3.5 Classificação das OAE's por Nota

Com a obtenção desses dados expostos acima, foi possível fazer a classificação por nota da condição da OAE. Essa classificação ocorreu pelo quadro de notas de caracterização dos elementos que subdivide-os nos critérios funcionais, estruturais e de durabilidade tendo sua nota variada da seguinte forma: 1 – Crítico; 2 – Ruim; 3 – Regular; 4 – Bom e 5 – Ótimo.

Essa, por sua vez, teve como base o anexo E da NBR 9452:2016 que traz o quadro de caracterização dos elementos estruturais segundo a relevância no sistema estrutural, sendo eles, principal (P), secundário (S) ou complementar (C).

Quadro 7 – Caracterização dos elementos estruturais segundo a relevância no sistema estrutural.

Elemento			Sistema estrutural				
			Duas vigas	Grelha	Caixão	Laje	Galeria
Superestrutura	Viga	Longarina	P	P	—	—	—
		Transversina	S	S	S	S	S
	Laje		S	S	P	P	P
Mesoestrutura		Travessas	P	P	P	P	—
		Pilares	P	P	P	P	—
		Aparelho de apoio	P	P	P	P	—
Encontros		Cortina	S	S	S	S	—
		Laje de transição	S	S	S	S	S
		Muros de ala	S	S	S	S	S
Infraestrutura		Blocos	P	P	P	P	P
		Sapatas	P	P	P	P	P
		Estacas, tubulões	P	P	P	P	P
Complementares		Barreira rígida	C	C	C	C	C
		Guarda-corpo	C	C	C	C	C

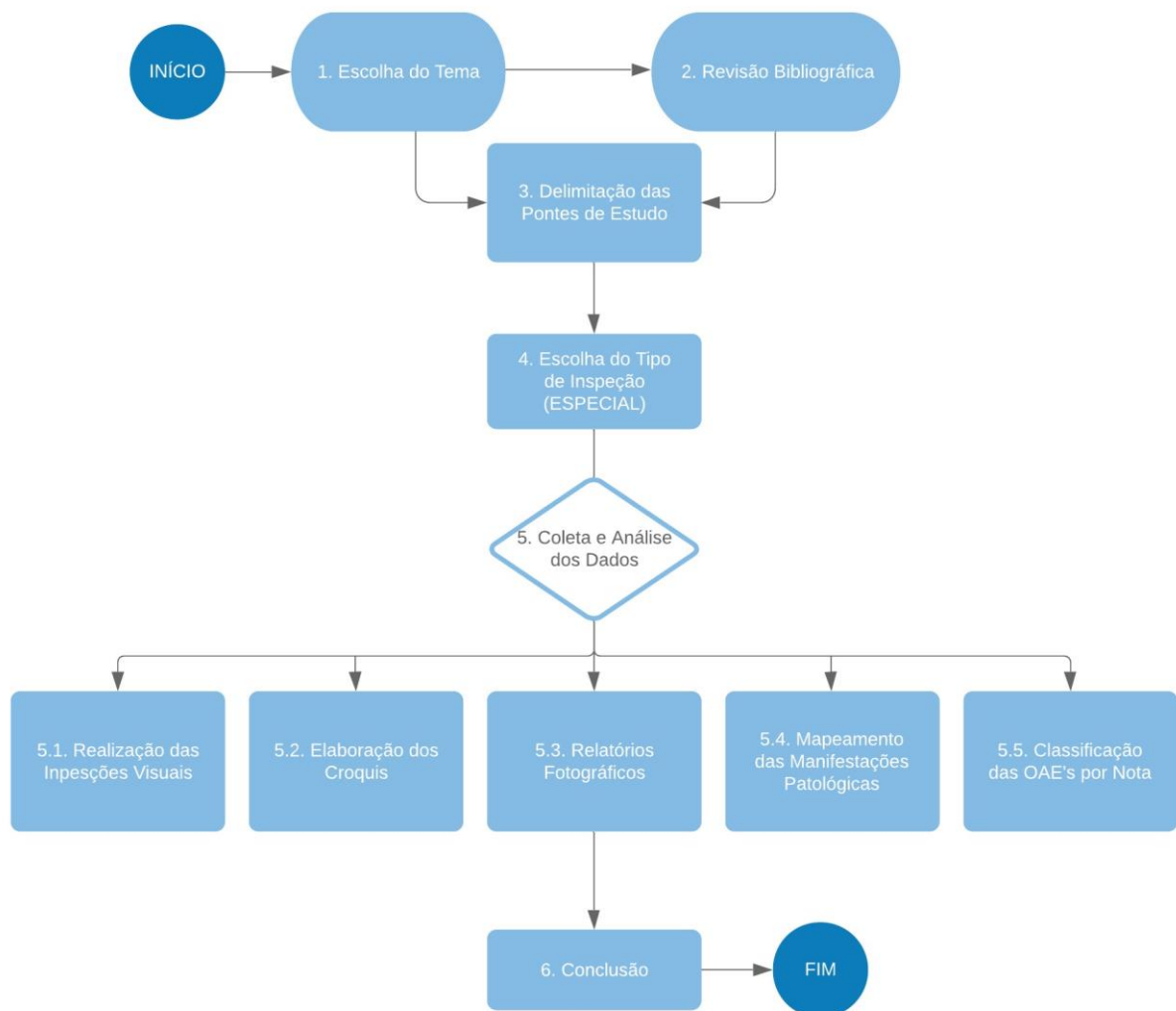
Fonte: Adaptado da NBR 9452 (2016).

Ainda no anexo E da NBR 9452:2016, foram consideradas as tabelas E.2, E.3 e E.4 que classificam os elementos das OAE's mediante critérios estruturais, funcionais e de durabilidade.

3.4 FLUXOGRAMA

Para uma melhor exemplificação das etapas realizadas nesse trabalho, a Figura 2 expõe um fluxograma que constata o caminho que foi seguido para a obtenção dos objetivos propostos.

Figura 2 – Fluxograma do estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Para melhor entendimento do fluxograma acima, segue abaixo a descrição dos tópicos por numeração.

1. Escolha do tema: Logo após abertura da disciplina é necessária a escolha do tema a ser estudado. Em suma, a interdição da ponte de Porto Nacional – TO foi determinante para a definição do tema em questão.

2. Revisão bibliográfica: No intuito de aprofundar-se no tema em questão, foi necessária uma revisão bibliográfica. Nela, foi alcançado o conhecimento sobre as pontes que foram interditadas ou sofreram colapsos decorrentes das manifestações patológicas e falta de manutenção.
3. Delimitação das pontes de estudo: Para este tópico, o fator predominante foi o acompanhamento do leito do córrego com o objetivo de englobar todas as OAE's que o transpassa.
4. Escolha da tipologia de inspeção: Para esta, foi necessário avaliar em qual tipo de inspeção a OAE em estudo se enquadra, sendo ela, inspeção cadastral, rotineira, especial ou extraordinária. Foi determinada a inspeção especial para todas as OAE's.
5. Coleta e análise dos dados: Aqui divide-se entre realização das inspeções visuais, elaboração dos croquis, elaboração dos relatórios fotográficos, mapeamento das manifestações patológicas e classificação das OAE's por nota.
 - 5.1. Realização das inspeções visuais: Foi realizada de maneira manual com acesso pessoal. Nesta, foi utilizada uma ficha para preenchimento dos dados obtidos em campo chamada de Ficha de Inspeção Especial.
 - 5.2. Elaboração dos croquis: Foi efetuada por intermédio da mensuração feita em campo e do auxílio do software da Autodesk, AutoCad 2019.
 - 5.3. Relatórios fotográficos: Com a elaboração dos croquis foi possível evidenciar as manifestações patológicas por meio de fotos realizadas em campo e detalhadas nesse trabalho.
 - 5.4. Mapeamento das manifestações patológicas: Com o devido tratamento na análise dos dados, foi possível mapear todas as manifestações patológicas pertinentes a OAE estudada por intermédio da elaboração de um quadro de manifestações patológicas.
 - 5.5. Classificação das OAE's por nota: Com a obtenção desses dados expostos acima, foi possível fazer a classificação por nota da condição da OAE. Essa classificação ocorreu pelo quadro de notas de caracterização variando de 1 a 5.
6. Conclusão: Coube aqui avaliar quanto aos objetivos do trabalho em questão, se foram atendidos ou não, e se, as hipóteses levantadas são validas.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Para melhor entendimento dos resultados provenientes desse trabalho de conclusão de curso foi proposta a compartimentação dos dados por OAE, sendo eles, ficha de inspeção especial de acordo com a NBR 9452:2016, croqui elaborado, relatório fotográfico, quadro de manifestações patológicas e notas de caracterização dos elementos da OAE de estudo com a respectiva nota final da OAE assim como suas respectivas discussões.

4.1 OAE 1

4.1.1 Ficha de Inspeção Especial

Quadro 8 – Ficha de Inspeção Especial OAE 1

FICHA DE INSPEÇÃO ESPECIAL	
Inspeção Especial (ano): 2019	OAE Código: 1
Jurisdição (DNIT, Concessão ou Outro): Outros	
Data da Inspeção: 03/09/2019	
Parte I - Síntese do relatório de patologia	
1 - Localização	
Rodovia ou Município: NS-03 Palmas-TO.	
Obra: Ponte sobre o córrego Sussuapara sentido Norte.	Localização: Ponte sobre o córrego Sussuapara.
2 - Descrição da Obra	
Quantidade de vãos: 1	Comprimento total: 10,00m
Pilares: -	Vigas: Concreto Armado
Largura Total: 25,00m	Juntas de dilatação: N/A
Tipologia transversal da superestrutura: Longarinas e cortinas em concreto armado.	Tipologia longitudinal da superestrutura: Transversinas e cabeceiras em concreto armado.
Classe: 1	
Observações: Cabeceira C1 colapsada.	
3 - Ensaios realizados	
N/A	
4 - Classificação da OAE	
Estrutural: 1	Funcional: 1
Durabilidade: 1	
5 - Vistoria	
Data da vistoria: 03/09/2019	
Recursos de aproximação empregados: Câmera de <i>Smartphone</i> com zoom digital	
6 - Descrição das anomalias	
Superestrutura	
Laje Superior: Infiltração, bolor, eflorescência e nicho de concretagem	

Vigas longarinas: Infiltração, bolor, eflorescência e nicho de concretagem
Vigas transversinas: Infiltração, bolor, eflorescência e nicho de concretagem
Mesoestrutura
Vigas-travessas: Colapso estrutural e deslocamento do concreto
Aparelho de apoio: N/A
Pilares: N/A
Infraestrutura
Blocos: Deslocamento do concreto e aparecimento do agregado graúdo
Fundações: Deslocamento do concreto e aparecimento do agregado graúdo
Encontro
Estruturas de encontro: N/A
Elementos complementares
Pavimento, sinalização e gabaritos: Pista em funcionalidade, porém com pouca iluminação e sinalização.
Passeios e guarda-corpo: Interditados por obra não finalizada na estrutura da OAE.
Barreiras rígidas/defensas metálicas: N/A
Juntas: N/A
Drenagem: Deficiente, ocasionando empoçamento.
PARTE II - Síntese do relatório de terapia
1 - Parecer técnico
Observa-se que a obra de arte especial inspecionada se encontra em estado crítico, segundo a classificação da NBR 9452:2016.
2 - Resumo da análise estrutural (caso necessário)
A Superestrutura apresenta condições regulares, porém a Mesoestrutura e principalmente a Infraestrutura possuem condições pontuais de comprometimento estrutural podendo levar a OAE ao colapso.
3 - Proposição de restauração ou reforço
Indica-se restauração imediata da cabeceira C1 e vigas de travessas da OAE, além de ensaios para as demais partes a fim de resultar em um diagnóstico técnico para a correção necessária.

Fonte: Adaptado da NBR 9452:2016.

Acima estão descritas informações obtidas da OAE estudada por meio da ficha de inspeção especial.

4.1.2 Croqui Elaborado

A nomenclatura utilizada foi para cabeceiras (C), longarinas (L) e transversinas (T). No apêndice A está representado o croqui aproximado da paginação da ponte.

4.1.3 Relatório Fotográfico

Figura 3 – Colapso da Cabeceira C1.



Figura 4 – Presença de bolor e eflorescência na Cortina Norte.



Figura 5 – Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem no tabuleiro.



Figura 6 – Desplacamento do concreto da viga de travamento da infraestrutura.



4.1.4 Quadro de Manifestações Patológicas

Quadro 9 – Quadro de Manifestações Patológicas OAE 1

Elementos	Manifestações Patológicas
Cabeceiras	Colapso total C1 e presença de bolor na C2.
Longarinas	Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem na L1.
Transversinas	Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem.
Cortina Norte	Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem.
Cortina Sul	Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem.
Tabuleiro	Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem.
Guarda Corpo	-
Guarda Roda	Infiltração, fissura.
Pista de Rolamento	Solevamento e desgaste.

Fonte: Adaptado da NBR 9452:2016.

No quadro acima observa-se a presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem como predominantes em grande parte dos elementos da OAE 1.

O bolor (proliferação de fungos) tem sua origem e mecanismo sendo biológico e tem como aspecto principal as manchas esverdeadas ou escuras. Suas causas prováveis de aparecimento se da pela umidade constante, ausência de iluminação e ventilação e/ou impermeabilização falha.

A eflorescência encontrada na OAE, de origem e mecanismo químico, por sua vez tem aspecto principal as manchas brancas. Suas consequências a OAE são a perda de Ph do concreto e consequentemente a perda de resistência ocorrida de forma temporal.

Quanto aos nichos de concretagem evidenciados, são provenientes da falha de execução devido o não adensamento do concreto. Esse por sua vez, influencia na resistência real da estrutura, tendo em conta que, no projeto é previsto o concreto por toda a superfície da peça.

4.1.5 Notas de Caracterização

Quadro 10 – Notas de Caracterização dos Elementos da OAE 1

ELEMENTOS	NOTA DE CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL	NOTA DE CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL	NOTA DE CARACTERIZAÇÃO DA DURABILIDADE
Cabeceiras	1	1	1
Longarinas	2	2	3
Transversinas	2	2	3

Cortina Norte	1	1	1
Cortina Sul	1	1	1
Tabuleiro	3	3	3
Guarda Corpo	-	-	-
Guarda Roda	3	1	3
Pista de Rolamento	2	2	3
Sinalização	2	2	1
Drenagem	1	1	1

Adaptado da NBR 9452:2016.

As notas obtidas para a OAE foram as seguintes; Estrutural – 1, Funcional – 1 e Durabilidade – 1. Portanto, a nota final da OAE é 1 sendo classificada como crítica. Recomenda-se a interdição total e recuperação imediata da OAE.

4.2 OAE 2

4.2.1 Ficha de Inspeção Especial

Quadro 11 – Ficha de Inspeção Especial OAE 2

FICHA DE INSPEÇÃO ESPECIAL	
Inspeção Especial (ano): 2019	OAE Código: 2
Jurisdição (DNIT, Concessão ou Outro): Outros	
Data da Inspeção: 03/09/2019	
Parte I - Síntese do relatório de patologia	
1 - Localização	
Rodovia ou Município: NS-03 Palmas-TO.	
Obra: Ponte sobre o córrego Sussuapara sentido Sul.	Localização: Ponte sobre o córrego Sussuapara.
2 - Descrição da Obra	
Quantidade de vãos: 1	Comprimento total: 10,00m
Pilares: -	Vigas: Concreto Armado
Largura Total: 25,00m	Juntas de dilatação: N/A
Tipologia transversal da superestrutura: Longarinas e cortinas em concreto armado.	Tipologia longitudinal da superestrutura: Transversinas e cabeceiras em concreto armado.
Classe: 1	
Observações:	
3 - Ensaios realizados	
N/A	
4 - Classificação da OAE	
Estrutural: 1	Funcional: 2
Durabilidade: 1	
5 - Vistoria	
Data da vistoria: 03/09/2019	
Recursos de aproximação empregados: Câmera de <i>Smartphone</i> com zoom digital	
6 - Descrição das anomalias	
Superestrutura	
Laje Superior: Infiltração, bolor e nicho de concretagem	
Vigas longarinas: Infiltração, bolor e nicho de concretagem	
Vigas transversinas: Infiltração, bolor e nicho de concretagem	
Mesoestrutura	
Vigas-travessas: Colapso estrutural e deslocamento do concreto	
Aparelho de apoio: N/A	
Pilares: N/A	
Infraestrutura	
Blocos: Deslocamento do concreto e aparecimento do agregado graúdo	
Fundações: Deslocamento do concreto e aparecimento do agregado graúdo	
Encontro	

Estruturas de encontro: N/A
Elementos complementares
Pavimento, sinalização e gabaritos: Pista em funcionalidade, porém com pouca iluminação e sinalização.
Passeios e guarda-corpo: Em funcionalidade, porém com colapso no guarda-rodas interno.
Barreiras rígidas/defensas metálicas: N/A
Juntas: N/A
Drenagem: Deficiente, ocasionando empoçamento.
PARTE II - Síntese do relatório de terapia
1 - Parecer técnico
Observa-se que a obra de arte especial inspecionada se encontra em estado ruim, segundo a classificação da NBR 9452:2016.
2 - Resumo da análise estrutural (caso necessário)
A Superestrutura apresenta condições regulares, porém a Mesoestrutura e principalmente a Infraestrutura possuem condições pontuais de comprometimento estrutural podendo levar a OAE ao colapso.
3 - Proposição de restauração ou reforço
Indica-se restauração imediata das vigas de travessas da OAE, além de ensaios para as demais partes a fim de resultar em um diagnóstico técnico para a correção necessária.

Fonte: Adaptado da NBR 9452:2016.

Acima estão descritas informações obtidas da OAE estudada por meio da ficha de inspeção especial.

4.2.2 Croqui Elaborado

A nomenclatura utilizada foi para cabeceiras (C), longarinas (L) e transversinas (T). No apêndice A está representado o croqui aproximado da paginação da OAE.

4.2.3 Relatório Fotográfico

Figura 7 – Deslocamento da viga de travamento da infraestrutura e presença de bolor e eflorescência na Cortina Sul.



Figura 8 – Presença de bolor na Cabeceira C4 e Cortina Norte.



Figura 9 – Presença de bolor na Transversina T38.



Figura 10 – Colapso do guarda-rodas interno.



4.2.4 Quadro de Manifestações Patológicas

Quadro 12 – Quadro de Manifestações Patológicas OAE 2

Elementos	Manifestações Patológicas
Cabeceiras	Presença de bolor na C3 e C4.
Longarinas	Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem na L2
Transversinas	Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem.
Cortina Norte	Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem.
Cortina Sul	Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem.
Tabuleiro	Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem.
Guarda Corpo	-
Guarda Roda	Colapso no interno, infiltração, fissura.
Pista de Rolamento	Solevamento e desgaste.

Fonte: Adaptado da NBR 9452:2016.

No quadro acima observa-se a presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem como predominantes em grande parte dos elementos da OAE 2.

O bolor (proliferação de fungos) tem sua origem e mecanismo sendo biológico e tem como aspecto principal as manchas esverdeadas ou escuras. Suas causas prováveis de aparecimento se da pela umidade constante, ausência de iluminação e ventilação e/ou impermeabilização falha.

A eflorescência encontrada na OAE, de origem e mecanismo químico, por sua vez tem aspecto principal as manchas brancas. Suas consequências a OAE são a perda de Ph do concreto e consequentemente a perda de resistência ocorrida de forma temporal.

Quanto aos nichos de concretagem evidenciados, são provenientes da falha de execução devido o não adensamento do concreto. Esse por sua vez, influencia na resistência real da estrutura, tendo em conta que, no projeto é previsto o concreto por toda a superfície da peça.

4.2.5 Notas de Caracterização

Quadro 13 – Notas de Caracterização dos Elementos da OAE 2

ELEMENTOS	NOTA DE CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL	NOTA DE CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL	NOTA DE CARACTERIZAÇÃO DA DURABILIDADE
Cabeceiras	2	3	3
Longarinas	2	3	3
Transversinas	2	3	3

Cortina Norte	1	2	1
Cortina Sul	1	2	1
Tabuleiro	3	3	3
Guarda Corpo	-	-	-
Guarda Roda	3	2	4
Pista de Rolamento	3	3	3
Sinalização	3	3	3
Drenagem	1	2	2

Adaptado da NBR 9452:2016.

As notas obtidas para a OAE foram as seguintes; Estrutural – 1, Funcional – 2 e Durabilidade – 1. Portanto, a nota final da OAE é 1 sendo classificada como crítica. Recomenda-se a interdição total e recuperação imediata da OAE.

4.3 OAE 3

4.3.1 Ficha de Inspeção Especial

Quadro 14 – Ficha de Inspeção Especial OAE 3

FICHA DE INSPEÇÃO ESPECIAL	
Inspeção Especial (ano): 2019	OAE Código: 3
Jurisdição (DNIT, Concessão ou Outro): Outros	
Data da Inspeção: 03/09/2019	
Parte I - Síntese do relatório de patologia	
1 - Localização	
Rodovia ou Município: Avenida Joaquim Teotônio Segurado Palmas-TO.	
Obra: Ponte sobre o córrego Sussuapara sentido Sul.	Localização: Ponte sobre o córrego Sussuapara.
2 - Descrição da Obra	
Quantidade de vãos: 1	Comprimento total: 20,00m
Pilares: 4	Vigas: Concreto Armado
Largura Total: 20,00m	Juntas de dilatação: N/A
Tipologia transversal da superestrutura: Transversinas em concreto armado.	Tipologia longitudinal da superestrutura: Longarinas em concreto armado.
Classe: 1	
Observações: -	
3 - Ensaio realizados	
N/A	
4 - Classificação da OAE	
Estrutural: 3	Funcional: 3
Durabilidade: 3	
5 - Vistoria	
Data da vistoria: 03/09/2019	
Recursos de aproximação empregados: Câmera de <i>Smartphone</i> com zoom digital	
6 - Descrição das anomalias	
Superestrutura	
Laje Superior: Infiltração, bolor, eflorescência e nicho de concretagem	
Vigas longarinas: Infiltração, bolor, eflorescência e nicho de concretagem	
Vigas transversinas: Infiltração, bolor, eflorescência e nicho de concretagem	
Mesoestrutura	
Vigas-travessas: N/A	
Aparelho de apoio: N/A	
Pilares: Desgaste Superficial e nicho de concretagem	
Infraestrutura	
Blocos: N/A	
Fundações: N/A	
Encontro	

Estruturas de encontro: N/A
Elementos complementares
Pavimento, sinalização e gabaritos: Pista em funcionalidade, porém com pouca iluminação e sinalização.
Passeios e guarda-corpo: Em funcionalidade, porém com presença de folhagens.
Barreiras rígidas/defensas metálicas: N/A
Juntas: N/A
Drenagem: Deficiente, ocasionando empoçamento.
PARTE II - Síntese do relatório de terapia
1 - Parecer técnico
Observa-se que a obra de arte especial inspecionada se encontra em estado regular, segundo a classificação da NBR 9452:2016.
2 - Resumo da análise estrutural (caso necessário)
A Superestrutura e Mesoestrutura apresentam condições regulares, quanto a Infraestrutura, não foi possível nenhuma constatação.
3 - Proposição de restauração ou reforço
Indica-se avaliação técnica por meio de ensaios a fim de resultar em um diagnóstico técnico para a correção necessária.

Fonte: Adaptado da NBR 9452:2016.

Acima estão descritas informações obtidas da OAE estudada por meio da ficha de inspeção especial.

4.3.2 Croqui elaborado

A nomenclatura utilizada foi para Pilares (P), longarinas (L) e transversinas (T). No apêndice B está representado o croqui aproximado da paginação da OAE.

4.3.3 Relatório Fotográfico

Figura 11 – Presença de bolor no tabuleiro e falha no sistema de drenagem.



Figura 12 – Nicho de concretagem no Pilar P3.



Figura 13 – Presença de bolor nas Transversinas T2 a T5.



Figura 14 – Presença de bolor e eflorescência na Transversina T8.



4.3.4 Quadro de Manifestações Patológicas

Quadro 15 – Quadro de Manifestações Patológicas OAE 3

Elementos	Manifestações Patológicas
Pilares	Desgaste superficial e nicho de concretagem.
Longarinas	Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem.
Transversinas	Presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem.
Cortina Norte	-
Cortina Sul	-
Tabuleiro	Infiltração, presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem.
Guarda Corpo	Desgaste superficial.
Guarda Roda	Desgaste superficial.
Pista de Rolamento	Solevamento e desgaste.

Fonte: Adaptado da NBR 9452:2016.

No quadro acima observa-se a presença de bolor, eflorescência e nicho de concretagem como predominantes em grande parte dos elementos da OAE 3.

O bolor (proliferação de fungos) tem sua origem e mecanismo sendo biológico e tem como aspecto principal as manchas esverdeadas ou escuras. Suas causas prováveis de aparecimento se da pela umidade constante, ausência de iluminação e ventilação e/ou impermeabilização falha.

A eflorescência encontrada na OAE, de origem e mecanismo químico, por sua vez tem aspecto principal as manchas brancas. Suas consequências a OAE são a perda de Ph do concreto e conseqüentemente a perda de resistência ocorrida de forma temporal.

Quanto aos nichos de concretagem evidenciados, são provenientes da falha de execução devido o não adensamento do concreto. Esse por sua vez, influencia na resistência real da estrutura, tendo em conta que, no projeto é previsto o concreto por toda a superfície da peça.

4.3.5 Notas de Caracterização

Quadro 16 – Notas de Caracterização dos Elementos da OAE 3

ELEMENTOS	NOTA DE CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL	NOTA DE CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL	NOTA DE CARACTERIZAÇÃO DA DURABILIDADE
Pilares	3	4	4
Longarinas	3	3	4

Transversinas	3	3	4
Cortina Norte	4	4	4
Cortina Sul	4	4	4
Tabuleiro	4	4	4
Guarda Corpo	4	4	4
Guarda Roda	4	4	4
Pista de Rolamento	3	4	4
Sinalização	3	3	3
Drenagem	3	3	3

Adaptado da NBR 9452:2016.

As notas obtidas por média aritmética para a OAE foram as seguintes; Estrutural – 3, Funcional – 3 e Durabilidade – 3. Portanto, a nota final da OAE é 3 sendo classificada como regular. Recomenda-se inspeções periódicas e a manutenção preventiva no intuito de garantir a vida útil de projeto da OAE.

4.4 OAE 4

4.4.1 Ficha de Inspeção Especial

Quadro 17 – Ficha de Inspeção Especial OAE 4

FICHA DE INSPEÇÃO ESPECIAL	
Inspeção Especial (ano): 2019	OAE Código: 4
Jurisdição (DNIT, Concessão ou Outro): Outros	
Data da Inspeção: 03/09/2019	
Parte I - Síntese do relatório de patologia	
1 - Localização	
Rodovia ou Município: Avenida Joaquim Teotônio Segurado Palmas-TO.	
Obra: Ponte sobre o córrego Sussuapara sentido Norte	Localização: Ponte sobre o córrego Sussuapara.
2 - Descrição da Obra	
Quantidade de vãos: 1	Comprimento total: 10,00m
Pilares: 4	Vigas: Concreto Armado
Largura Total: 25,00m	Juntas de dilatação: N/A
Tipologia transversal da superestrutura: Longarinas em concreto armado.	Tipologia longitudinal da superestrutura: Transversinas em concreto armado.
Classe: 1	
Observações: -	
3 - Ensaio realizados	
N/A	
4 - Classificação da OAE	
Estrutural: 4	Funcional: 4
Durabilidade: 4	
5 - Vistoria	
Data da vistoria: 03/09/2019	
Recursos de aproximação empregados: Câmera de <i>Smartphone</i> com zoom digital	
6 - Descrição das anomalias	
Superestrutura	
Laje Superior: Infiltração, bolor, eflorescência e nicho de concretagem	
Vigas longarinas: Infiltração, bolor, eflorescência e nicho de concretagem	
Vigas transversinas: Infiltração, bolor, eflorescência e nicho de concretagem	
Mesoestrutura	
Vigas-travessas: N/A	
Aparelho de apoio: N/A	
Pilares: Desgaste Superficial e nicho de concretagem	
Infraestrutura	
Blocos: N/A	
Fundações: N/A	
Encontro	

Estruturas de encontro: N/A
Elementos complementares
Pavimento, sinalização e gabaritos: Pista em funcionalidade, porém com pouca iluminação e sinalização.
Passeios e guarda-corpo: Em funcionalidade.
Barreiras rígidas/defensas metálicas: N/A
Juntas: N/A
Drenagem: Deficiente, ocasionando empoçamento.
PARTE II - Síntese do relatório de terapia
1 - Parecer técnico
Observa-se que a obra de arte especial inspecionada se encontra em estado bom, segundo a classificação da NBR 9452:2016.
2 - Resumo da análise estrutural (caso necessário)
A Superestrutura e Mesoestrutura apresentam condições boas, quanto a Infraestrutura, não foi possível nenhuma constatação.
3 - Proposição de restauração ou reforço
Indica-se avaliação técnica por meio de ensaios a fim de resultar em um diagnóstico técnico para a correção necessária.

Fonte: Adaptado da NBR 9452:2016.

Acima estão descritas informações obtidas da OAE estudada por meio da ficha de inspeção especial.

4.4.2 Croqui Elaborado

A nomenclatura utilizada foi para Pilares (P), longarinas (L) e transversinas (T). No apêndice C está representado o croqui aproximado da paginação da OAE.

4.4.3 Relatório Fotográfico

Figura 15 – Presença de trincas no pavimento.

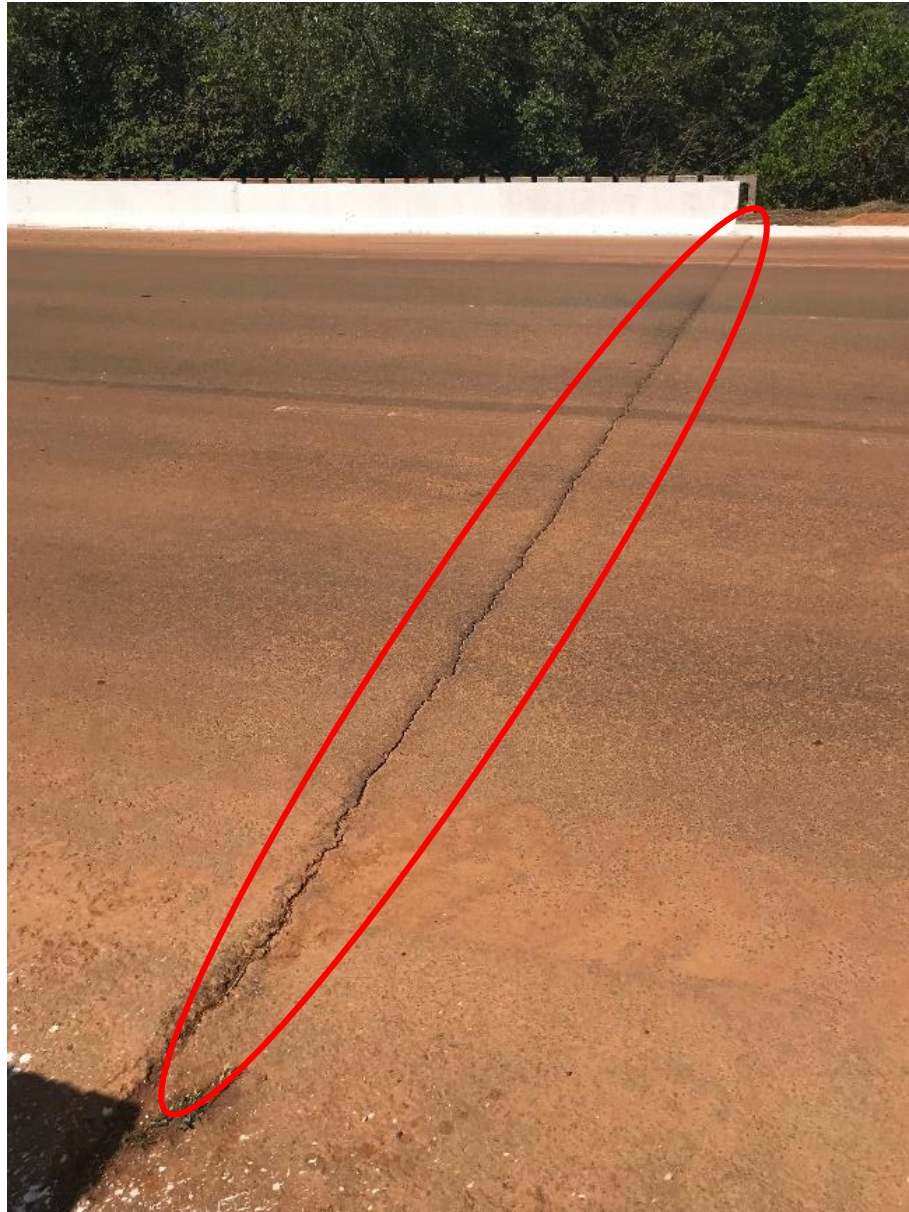


Figura 16 – Presença de bolor no tabuleiro entre as Transversinas T12 a T15.



Figura 17 – Nicho de concretagem na infraestrutura do Pilar P3.



Figura 18 – Aparecimento de infiltrações e manchas de corrosão na Longarina L2.



4.4.4 Quadro de Manifestações Patológicas

Quadro 18 – Quadro de Manifestações Patológicas OAE 4

Elementos	Manifestações Patológicas
Pilares	Desgaste superficial e nicho de concretagem.
Longarinas	Infiltrações, presença de bolor, corrosão e nicho de concretagem.
Transversinas	Presença de bolor e nicho de concretagem.
Cortina Norte	-
Cortina Sul	-
Tabuleiro	Infiltração, presença de bolor e nicho de concretagem.
Guarda Corpo	Desgaste superficial.
Guarda Roda	Desgaste superficial.
Pista de Rolamento	Solevamento, trincas e desgaste.

Fonte: Adaptado da NBR 9452:2016.

No quadro acima observa-se a presença de bolor e nicho de concretagem como predominantes em grande parte dos elementos da OAE 4.

O bolor (proliferação de fungos) tem sua origem e mecanismo sendo biológico e tem como aspecto principal as manchas esverdeadas ou escuras. Suas causas prováveis de aparecimento se da pela umidade constante, ausência de iluminação e ventilação e/ou impermeabilização falha.

Quanto aos nichos de concretagem evidenciados, são provenientes da falha de execução devido o não adensamento do concreto. Esse por sua vez, influencia na resistência real da estrutura, tendo em conta que, no projeto é previsto o concreto por toda a superfície da peça.

4.4.5 Notas de Caracterização

Quadro 19 – Notas de Caracterização dos Elementos da OAE 4

ELEMENTOS	NOTA DE CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL	NOTA DE CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL	NOTA DE CARACTERIZAÇÃO DA DURABILIDADE
Pilares	4	4	4
Longarinas	4	4	4
Transversinas	4	4	4
Cortina Norte	4	4	4
Cortina Sul	4	4	4

Tabuleiro	3	3	4
Guarda Corpo	4	4	4
Guarda Roda	4	4	4
Pista de Rolamento	3	4	4
Sinalização	3	3	3
Drenagem	3	3	3

Adaptado da NBR 9452:2016.

As notas obtidas por média aritmética para a OAE foram as seguintes; Estrutural – 3, Funcional – 3 e Durabilidade – 3. Portanto, a nota final da OAE é 3 sendo classificada como regular. Recomenda-se inspeções periódicas e a manutenção preventiva no intuito de garantir a vida útil de projeto da OAE.

5 CONCLUSÃO

Considerando o objetivo proposto deste trabalho, que foi o de inspecionar e avaliar o estado de conservação das quatro pontes do município de Palmas (TO) presentes sobre o córrego Sussuapara considerando os métodos de avaliação da norma atual vigente NBR 9452 (ABNT, 2016), foi possível detectar diversas manifestações patológicas nas obras avaliadas.

Evidencia-se entre as manifestações patológicas encontradas a ocorrência sistemática de lixiviação, eflorescência, bolor e nichos de concretagem e outras de menor recorrência sendo possivelmente causadas por falha no sistema de drenagem das quatro OAEs estudadas.

Em especial, percebe-se que o estado atual da OAE 1 é consequência de uma má política de planejamento e conservação das obras públicas, visto que a OAE sofreu danos excepcionais, como, por exemplo, colapso da cabeceira C1, e nada foi feito para restaurar a condição da estrutura, que encontra-se em situação deteriorante. Além de apresentar risco iminente de falha ou colapso, os métodos levaram a OAE à uma classificação problemática, principalmente em relação a seu parâmetro de durabilidade, exigindo intervenções de curto prazo.

Dessarte, conclui-se que o melhor caminho para evitar as manifestações patológicas é prevenir. Esta prevenção vem desde a correta criação do projeto, a forma de construir, mas principalmente por um programa de manutenção. Estes programas serviriam para qualquer tipo de estrutura, facilitando as verificações dos problemas e proporcionando uma redução dos custos de tratamento, assim como aumentando a durabilidade e propiciando um melhor desempenho a estrutura. Com o fechamento deste trabalho, todas as informações obtidas a partir dele serão apresentadas a prefeitura municipal de Palmas – TO, através de sua secretaria de infraestrutura.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Anderson A. **Durabilidade das estruturas de concreto armado aparentes**. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-9A4GDM/durabilidade_das_estruturas_de_concreto_armado_aparentes.pdf?sequence=1>. Acesso em: 25 mar. 2019.

ARIVABENE, Antonio C. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado Estudo de Caso**. MBA Gerenciamento de Obras, Tecnologia e Qualidade da Construção. Vitória, ES, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452**: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto — Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2016. 48 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**: Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, Abnt, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro, Abnt, 2013.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. São Paulo: Pini, 1988.

CARVALHO, H.; RODRIGUES, F. C.. Desafios da reabilitação de estruturas metálicas antigas: A Ponte Hercílio Luz. **Anais do 7º Congresso Latino-Americano da Construção Metálica** (Construmetal) / VII Congresso Latino-Americano da Construção Metálica, 20-22 setembro 2016, São Paulo, Brasil; organizador Eduardo de Moraes Barreto Campello. – São Paulo: ABCEM, 2016. Disponível em: <<https://www.abcem.org.br/construmetal/downloads/Anais-do-7-Construmetal2016-EBook-v2.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2019.

CASCUDO, Oswaldo. **O CONTROLE DA CORROSÃO DE ARMADURAS EM CONCRETO ARMADO**: Inspeção e técnicas eletroquímicas. São Paulo: Pini, 1997. 237 p. (85-7266-080-1).

DEBS, M. K.; TAKEYA, T. **Introdução às Pontes de Concreto**. São Carlos, USP – Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pontes/Apost.%20Pontes%20-%20Mounir-Takeya.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **700**: Glossário de Termos Técnicos Rodoviários. Rio de Janeiro: Dner, 1997. 292 p. Disponível em:

<http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..%5Carquivos_internet%5Cipr%5Cipr_new%5Cmanuais%5CDNER-700-GTTR.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Revisão DNER-ES 334/97: Pontes e viadutos rodoviários – Fundações** Especificação de serviço. Espírito Santo: Dnit, 2009. 14 p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/normas/download/pavimentacao/OAE_fundacoes.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **709: Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias**. 2 ed. Rio de Janeiro: Dnit, 2004. 255 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/709_manual_de_inspecao_de_pontes_rodoviarias.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2019.

GENTIL, Vicente. **CORROSÃO**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.a., 2001. 345 p.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p. (ISBN 85-224-3169-8). Disponível em: <http://www.urca.br/itec/images/pdfs/modulo%20v%20-%20como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2019.

EARTH, Google. **Localização das pontes de estudo**. 2019. Google. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@-10.17357266,-48.33773659,246.63737799a,1068.64299124d,35y,-0h,9.80319186t,0r>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

GOVERNO DE SANTA CATARINA. Ponte Hercílio Luz. Disponível em: <www.youtube.com/watch?v=o2AiCEavra8>. Acesso em 19 de mar 2019.

GRANDJEAN, Alix. **Capacité portante de ponts en arc en maçonnerie de pierre naturelle - Modèle d'évaluation intégrant le niveau d'endommagement**. 2009. 318 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, École Polytechnique FÉDÉrale de Lausanne, Lausanne, 2010. Disponível em: <https://infoscience.epfl.ch/record/142552/files/EPFL_TH4596.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2019.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1992.

HUERTA, Santiago. Galileo was Wrong: The Geometrical Design of Masonry Arches. **Nexus Network Journal**, Madrid, v. 2, n. 8, p.1-28, ago. 2006. Disponível em: <http://oa.upm.es/2499/2/HUERTA_ART_2006_01A.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2019.

JESUS, João Jorge Carrazedo de. **Caraterização Geométrico-Estrutural de Pontes em Arco de Alvenaria na Região de Bragança**. 2013. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Construção, Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2013. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/9791>>. Acesso em: 09 mar. 2019.

LEONHARDT, Fritz. **Construções de Concreto**. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda, 1983. 5 v.

OLIVEIRA, Alexandre M.. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial das fundações**. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-9A3GCW>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

PFEIL, Walter. **Concreto Armado**. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Tecnicos e Científicos, 1989. 812 f.

SARTORTI, Artur Lenz. **IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PONTES DE VIAS URBANAS E RURAIS NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS-SP**. 2008. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SILVA, Felipe T., PIMENTEL, Roberto L., BARBOSA Normando P. **Análise de patologias em estruturas de edificações da cidade de João Pessoa**. Paraíba, 2006.

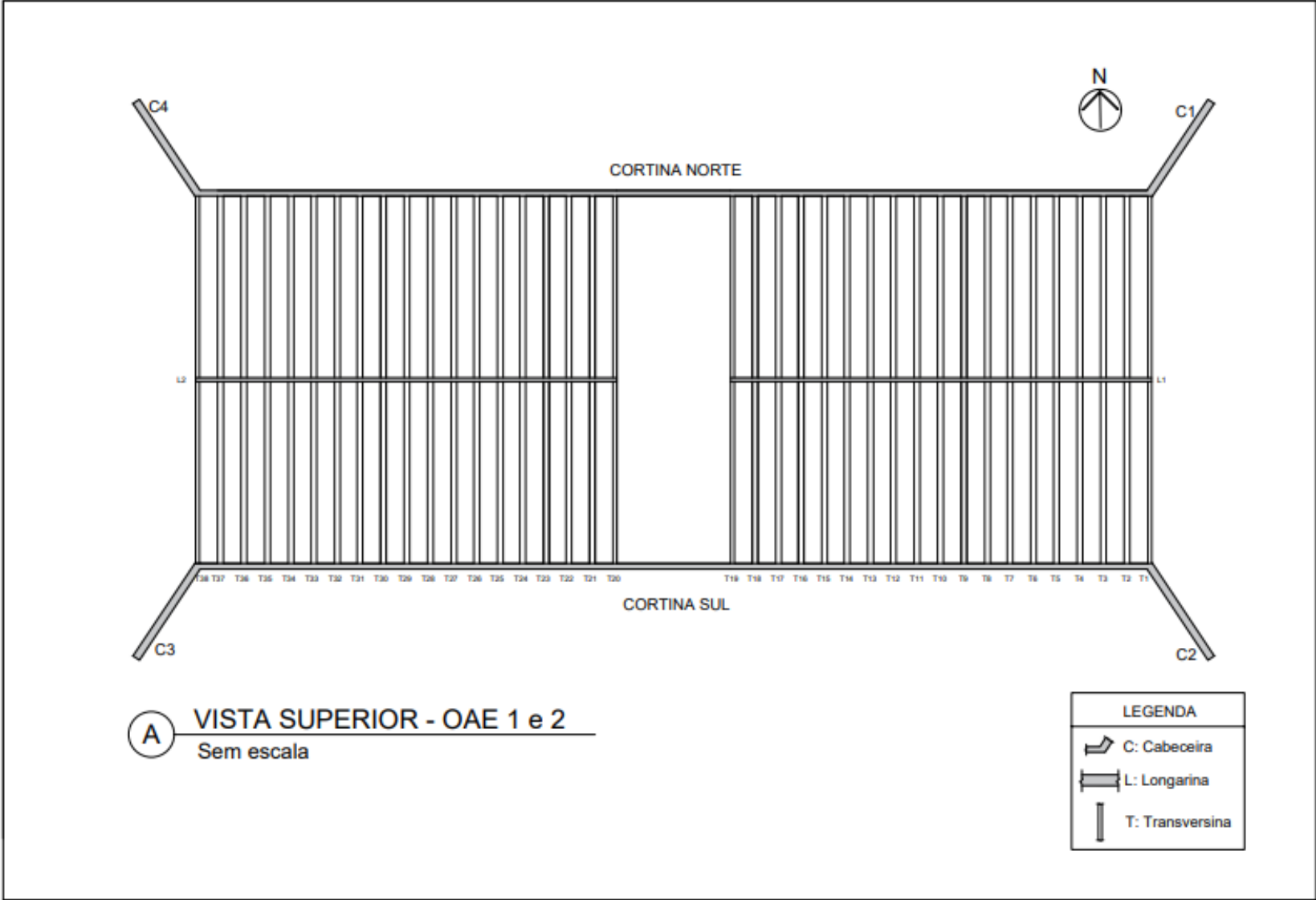
SOUZA, Marcos F. **Patologias Ocasionadas pela Umidade nas Edificações**. Monografia apresentada à Escola de Engenharia da UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Construção Civil. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Patologias%20Ocasionadas%20Pela%20Umidade%20Nas.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

SOUZA, Vicente C. M., RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1998. Disponível em: <<https://lucasmonteiro.site.files.wordpress.com/2017/08/vicente-custc3b3dio-e-thomaz-ripper-patologia-recuperacao-e-reforco-de-estruturas-de-concreto.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

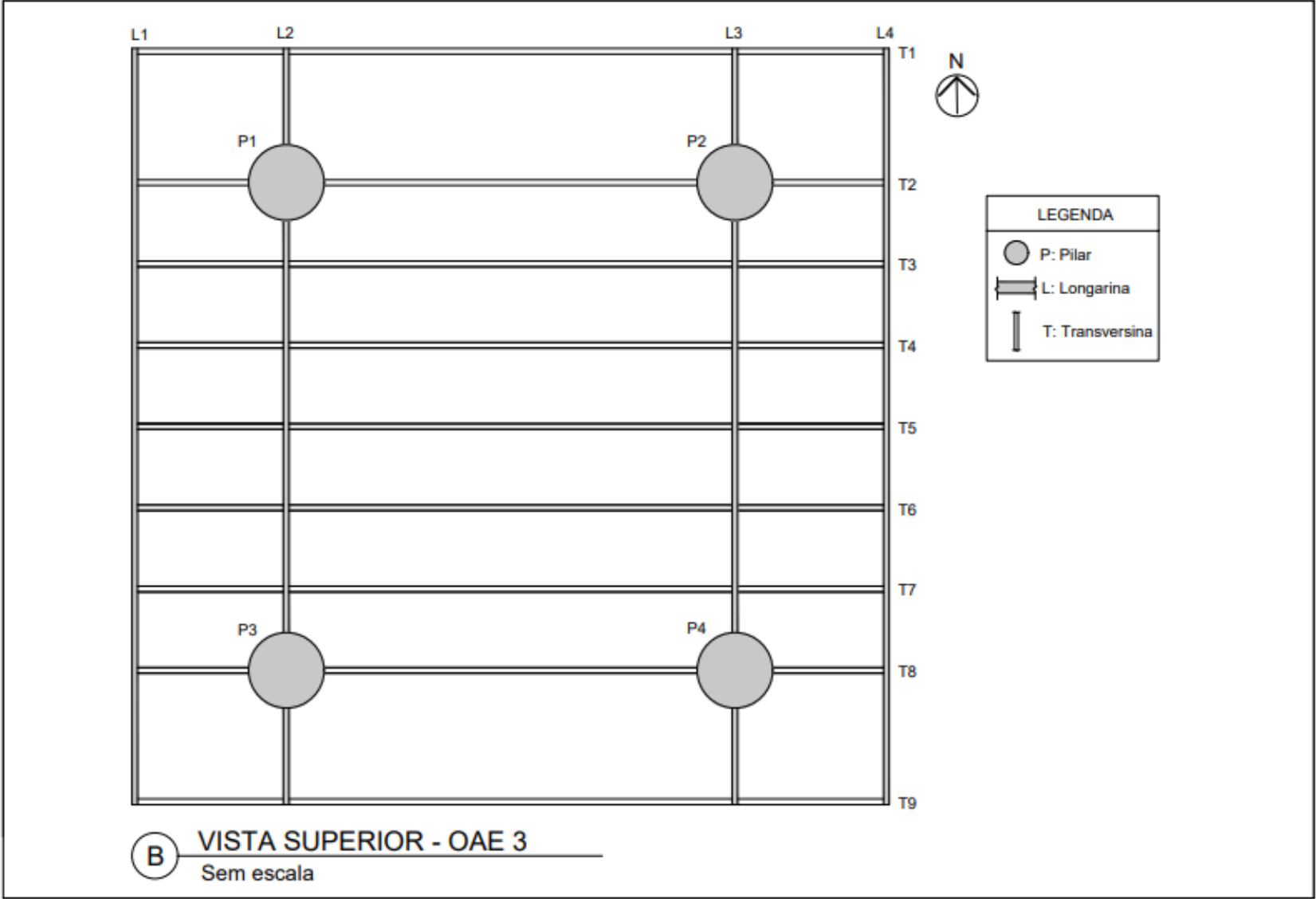
TOCANTINS. Jesuino Santana Jr.. Secretaria da Comunicação. **Entenda os motivos que levaram o Governo a interditar a ponte de Porto Nacional**. 2019. Disponível em: <<https://secom.to.gov.br/noticias/entenda-os-motivos-que-levaram-o-governo-a-interditar-a-ponte-de-porto-nacional-429659/>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

APÊNDICES

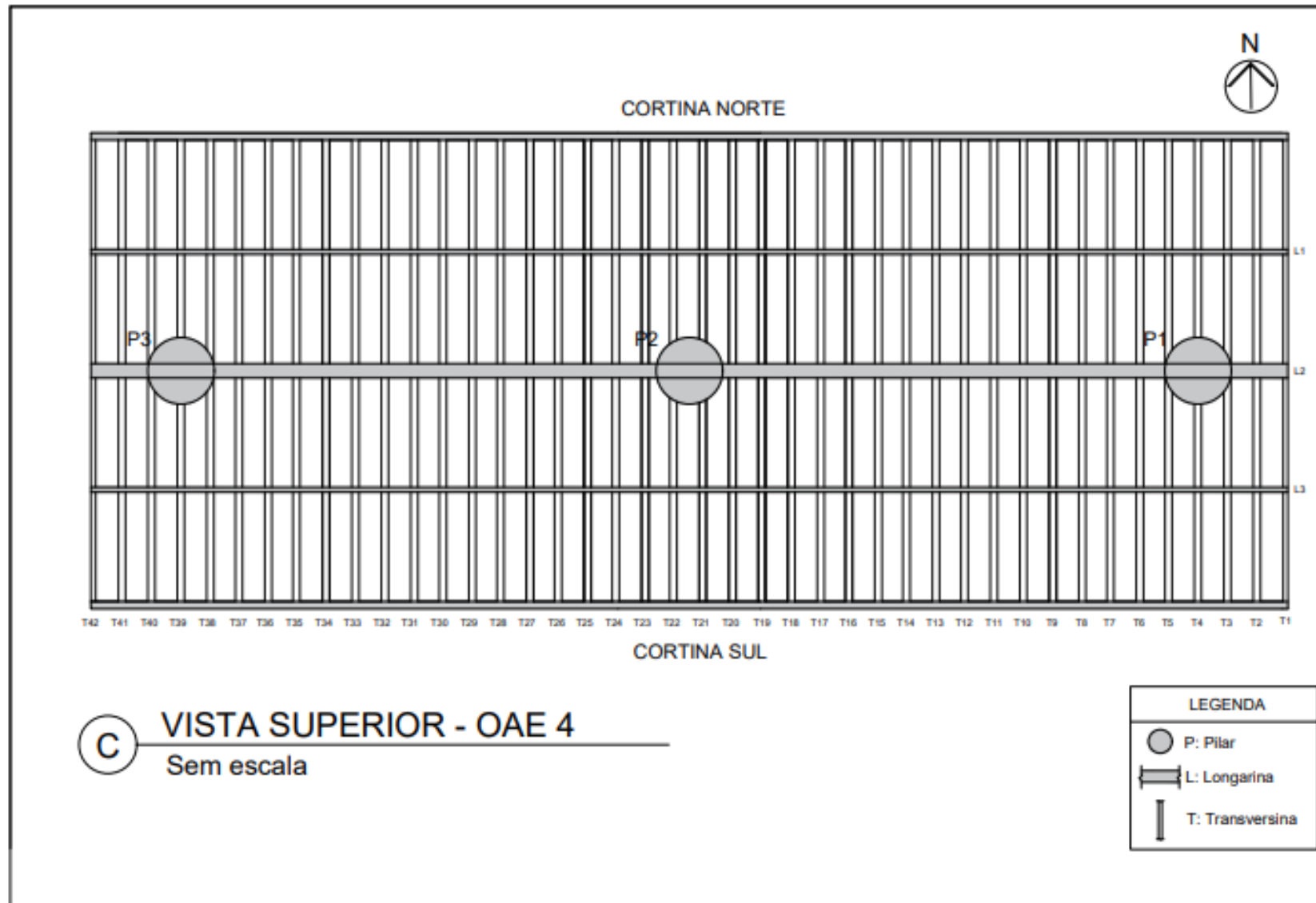
APÊNDICE A – Croqui elaborado das OAE's 1 e 2.



APÊNDICE B - Croqui elaborado da OAE 3.



APÊNDICE C – Croqui elaborado da OAE 4.



CopySpider

Ferramentas Ajuda

Arquivo URL Iniciar Parar Limpar Opções Scholar

E-mail: daniel-pontes@hotmail.com Modo de pesquisa: Buscar em arquivos da internet

Nome do arquivo de entrada	Relatório	Tempo	Progresso	Chance	Status	Principal	Remover
C:\Users\Daniel\Documents\ULBRA\10º PERIODO\TCC - Danie...	Analisar	00:05:32	100%	0,98%	Ok		✗

APOIA.se

Torne-se um Apoiador e tenha acesso a licenças exclusivas com todos os recursos do CopySpider.

Versão: 1.4.3

CopySpider Scholar

Exportar relatório Referências ABNT Visualizar

TCC - Daniel Vingren.docx (24/10/2019):

Documentos candidatos

- uenf.br/ct/leciv/fi... [0,98%]
- tcc.bu.ufsc.br/Ssoci... [0,46%]
- contomospesquisa.or... [0,26%]
- epic.eci.ufmg.br/por... [0,23%]
- puc-rio.br/ensinopes... [0,23%]
- sbhpsi.com.br/?page_... [0,22%]
- link.springer.com/ar... [0,12%]
- femargs.com.br/uploa... [0,11%]
- linguee.com.br/portu... [0,08%]
- researchgate.net/pub... [0,04%]

Arquivo de entrada: TCC - Daniel Vingren.docx (6030 termos)

Arquivo encontrado	Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)	
uenf.br/ct/leciv/fi...	Visualizar	17310	228	0,98
tcc.bu.ufsc.br/Ssoci...	Visualizar	15367	98	0,46
contomospesquisa.or...	Visualizar	4567	28	0,26
epic.eci.ufmg.br/por...	Visualizar	368	15	0,23
puc-rio.br/ensinopes...	Visualizar	252	15	0,23
sbhpsi.com.br/?page_...	Visualizar	238	14	0,22
link.springer.com/ar...	Visualizar	369	8	0,12
femargs.com.br/uploa...	Visualizar	326	7	0,11
linguee.com.br/portu...	Visualizar	3139	8	0,08
researchgate.net/pub...	Visualizar	11291	8	0,04