



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JULYANNY PARREÃO DE ALMEIDA

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS, DETERIORAÇÃO E INTERVENÇÃO EM
PONTES SOBRE O CÓRREGO BREJO COMPRIDO EM PALMAS - TO

PALMAS – TO

2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JULYANNY PARREÃO DE ALMEIDA

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS, DETERIORAÇÃO E INTERVENÇÃO EM
PONTES SOBRE O CÓRREGO BREJO COMPRIDO EM PALMAS - TO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do Título de Engenheiro Civil do
Curso Superior de Engenharia Civil do
Instituto Federal do Tocantins, Campus
Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Moacyr Salles Neto
Coorientador: Esp. James de Sousa

PALMAS – TO
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

A447m Almeida, Julyanny Parreão de
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS, DETERIORAÇÃO E
INTERVENÇÃO EM PONTES SOBRE O Córrego Brejo
Comprido em Palmas - TO / Julyanny Parreão de Almeida. –
Palmas, TO, 2021.
129 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2021.

Orientador: Dr. Moacyr Salles Neto
Coorientador: Esp. James de Sousa

1. Patologias em pontes. 2. Concreto Armado. 3. Intervenção em
pontes. I. Salles Neto, Moacyr. II. de Sousa, James. III. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**

FOLHA DE APROVAÇÃO

JULYANNY PARREÃO DE ALMEIDA

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS, DETERIORAÇÃO E INTERVENÇÃO EM PONTES SOBRE O CÓRREGO BREJO COMPRIDO EM PALMAS - TO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do Título de Engenheiro Civil do
Curso Superior de Engenharia Civil do
Instituto Federal do Tocantins, Campus
Palmas.

Aprovado em: 02/12/2021.

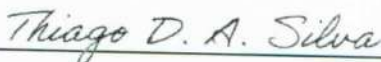
BANCA AVALIADORA



Prof. Dr. Moacyr Salles Neto (Orientador)
IFTO – Campus Palmas



Esp. James de Sousa (Coorientador)



Prof. Dr. Thiago Dias de Araújo de Silva
IFTO – Campus Palmas



Prof. Dr. Adriano dos Guimarães de Carvalho
IFTO – Campus Palmas

À minha mãe Valdenice de Sousa Parreão, meu maior exemplo e maior mestra da minha vida, sempre lutando ao lado para que eu alcance todos os meus objetivos. À minha doce vó Maria de Sousa Parreão, que acreditava nos meus sonhos e agora lá de cima olha por mim. E a Deus, que me sustentou e me deu forças em toda a minha trajetória.

RESUMO

ALMEIDA, de Julyanny P. **Manifestações patológicas, deterioração e intervenção em pontes sobre o córrego brejo comprido em Palmas – TO.** 2021. 121p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas, 2021.

A grande quantidade de pontes com problemas patológicos gera uma necessidade de estudo em torno desse fenômeno. Isto porque, a ideia da durabilidade infinita das estruturas de concreto, disseminada no passado, foi refutada, e sem planos de manutenções sabe-se que obras tem sua durabilidade reduzida. O estado precário que se encontra as pontes e viadutos nas vias urbanas, dificulta o deslocamento, causa desconfortos e prejudica a segurança da população. Diante desta situação, busca-se por meio dessa pesquisa avaliar o estado de conservação de 3 (três) pontes de concreto armado na cidade de Palmas – TO. Realizou-se um embasamento teórico em torno do assunto, para melhor entendimento das patologias que surgem nas estruturas de pontes bem como entendimento dos meios de tratamento e intervenção. Em seguida, procedeu-se com a visita “in loco” as pontes de estudo e, por meio de inspeções visuais, mapeou-se as anomalias e entre elas estão: presença de limo na estrutura, danos nas pistas de rolamento, eflorescências nas vigas e pilares, infiltrações no tabuleiro, armadura exposta em diversos pontos e desgastes na região dos apoios. Por fim, determinou-se as possíveis causas e origens da relação de manifestações encontradas para que soluções fossem propostas. Finalmente observa-se a partir do presente trabalho, que existe a necessidade de uma intervenção rigorosa nas pontes da cidade para que não ocorra problemas graves que podem afetar a segurança da sociedade.

Palavras chave: Patologias. Concreto Armado. Pontes de Concreto. Manifestações Patológicas. Obras Públicas.

ABSTRACT

ALMEIDA, de Julyanny P. **Pathological manifestations, deterioration and intervention in bridges over the long marsh stream in Palmas - TO.** 2021. 121p. Course Completion Word (Graduation) – Civil Engineering. Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins. Palmas, 2021.

The large number of bridges with pathological problems creates a need to study this phenomenon. This is because the idea of the infinite durability of concrete structures, disseminated in the past, was refuted, and without maintenance plans it is known that works have their reduction reduced. The precarious state that is found such as bridges and viaducts on urban roads, difficult to move, causes discomfort and harms the safety of the population. Given this situation, the aim of this research is to assess the state of conservation of 3 (three) reinforced concrete bridges in the city of Palmas - TO. There was a theoretical basis around the subject, for a better understanding of the pathologies that arise in the structures of as well as an understanding of the means of treatment and intervention. Then, the study bridges were visited "in loco" and, through visual inspections, the anomalies were mapped, including: presence of slime in the structure, damage to the carriageways, efflorescence on the beams and pillars, infiltration in the deck, exposed armor at different points and wear in the region of the supports. Finally, it was determined as possible causes and origins of the relationship of manifestations found for which proposed solutions. Finally, it can be seen from this work that there is a need for a rigorous intervention in the city's bridges so that serious problems that can affect society's security do not occur.

Keywords: Pathologies. Reinforced Concrete. Concrete Bridges. Pathological Manifestations. Public works.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Acidente causado por desabamento de ponte em Palmas - TO	12
Figura 2: Ponte - ilustração	15
Figura 3: Viaduto - ilustração.....	15
Figura 4: Desempenho ao longo do tempo	18
Figura 5: Lei de evolução dos custos, Lei de Sitter	20
Figura 6: Elementos constituintes	22
Figura 7: Guarda-corpo em ponte da cidade de Palmas.....	24
Figura 8: Percentuais de falhas patológicas.....	26
Figura 9: Organograma com sequência de ações.....	27
Figura 10: Causas intrínsecas das patologias em concreto armado	29
Figura 11: Causas extrínsecas das patologias em concreto armado	30
Figura 12: Deterioração progressiva devido à corrosão das armaduras	32
Figura 13: Corrosão das armaduras com o rompimento da camada passivadora ...	32
Figura 14: Escala de pH.....	33
Figura 15: Mecanismo de corrosão eletroquímica.....	34
Figura 16: Reação cura da Cal livre	36
Figura 17: Eflorescência em estrutura de piscina.....	36
Figura 18: Lixiviação com presença de estalactites	36
Figura 19: Aspecto micromecânico da reação	37
Figura 20: Reação Álcali-Agregado em ponte.....	39
Figura 21: Fissuras em ponte da cidade de Sobral - CE.....	40
Figura 22: Bolor em parede.....	43
Figura 23: Tipos de erosões em pontes	44
Figura 24: Abrasão por desgaste superficial	46
Figura 25: Mapa da cidade de Palmas.....	53
Figura 26: Esquema de desenvolvimento de atividades	54
Figura 27: Localização em mapa ponte 1	56
Figura 28: Localização em mapa ponte 2	56
Figura 29: Localização em mapa ponte 3	57
Figura 30: Pontes da Avenida Teotônio Segurado.....	65
Figura 31: Pontes da Avenida Teotônio Segurado.....	65
Figura 32: Passeio e dispositivo de segurança com formação de limo	67

Figura 33: Desgaste na pista.....	67
Figura 34: Formação de limos nos dispositivos de segurança e vegetação no passeio	68
Figura 35: Calçamento do passeio danificado.....	69
Figura 36: Desgaste na pista de rolamento.....	69
Figura 37: Eflorescências nas vigas	70
Figura 38: Manchas, eflorescências no tabuleiro e exposição da armadura	71
Figura 39: Formação de limo e eflorescências na parte inferior do passeio	71
Figura 40: Manchas, eflorescências e infiltração no tabuleiro	72
Figura 41: Eflorescências nas vigas	73
Figura 42: Eflorescência no tabuleiro	73
Figura 43: Manchas e eflorescência próximos a drenagem	74
Figura 44: Eflorescência no tabuleiro	74
Figura 45: Formação de limo e eflorescências na parte inferior do passeio	75
Figura 46: Locação dos pilares em ambos sentidos	76
Figura 47: Exposição da armadura P1	77
Figura 48: Exposição da armadura P5	77
Figura 49: Exposição da armadura P9	78
Figura 50: Exposição da armadura P7	78
Figura 51: Desgaste na região dos apoios com presença de eflorescência P3	79
Figura 52: Desgaste na região dos apoios com presença de eflorescência P2	80
Figura 53: Exposição da armadura e desgaste na região dos apoios com presença de eflorescência P6.....	80
Figura 54: Armadura exposta P6.....	81
Figura 55: Armadura exposta P5.....	81
Figura 56: Armadura exposta P5.....	82
Figura 57: Exposição da armadura e desgaste na região dos apoios com presença de eflorescência P4.....	82
Figura 58: Armadura exposta P4.....	83
Figura 59: Eflorescência no apoio P4.....	83
Figura 60: Armadura exposta P9.....	84
Figura 61: Armadura exposta P9.....	84
Figura 62: Desgaste no apoio P9	85
Figura 63: Desgaste no apoio P9	85

Figura 64: Armadura exposta P8.....	86
Figura 65: Armadura exposta P7.....	86
Figura 66: Armadura exposta na região do apoio P7	87
Figura 67: Fuga de material de aterro lado norte	87
Figura 68: Blocos de coroamento e viga de travamento sentido Norte/Sul.....	88
Figura 69: Pontes da Avenida NS - 2	89
Figura 70: Pontes da Avenida NS - 2	89
Figura 71: Calçamento e limo no dispositivo de segurança	91
Figura 72: Desgaste pista de rolamento.....	91
Figura 73: Dispositivo de segurança danificado e com limo.....	92
Figura 74: Limos nos dispositivos de segurança e ilustração do declive	92
Figura 75: Limos nos dispositivos de segurança e ilustração do declive	93
Figura 76: Desgaste na superfície da pista de rolamento	94
Figura 77: Desgaste na superfície da pista de rolamento	94
Figura 78: Danos no calçamento.....	95
Figura 79: Danos no calçamento e limo no dispositivo de segurança.....	95
Figura 80: Ponte na Avenida LO - 5, próximo a Polícia Militar, Avenida do HGP	96
Figura 81: Presença de formação de limos	98
Figura 82: Folhas secas nos dispositivos de drenagem	98
Figura 83: Fissura na cabeceira	99
Figura 84: Formação de estalagmites	100
Figura 85: Eflorescência na estrutura.....	100
Figura 86: Eflorescência na estrutura.....	101
Figura 87: Formação de limo no tabuleiro inferior.....	101
Figura 88: Ilustração das condições dos pilares e parede de contenção	102
Figura 89: Realização do ensaio de esclerometria – Teotônio Segurado	104
Figura 90: Realização de ensaio na ponte da LO – 5	104
Figura 91: Dados de índices esclerométricos e dureza superficial dos elementos	105
Figura 92: Resistência à compressão equivalente das áreas ensaiadas	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classes de agressividade ambiental.....	16
Tabela 2: Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto	17
Tabela 3: Valores indicativos do tempo de vida útil de projeto	19
Tabela 4: Definições e nomenclaturas importantes	28
Tabela 5: Classificação das aberturas quanto a espessura	40
Tabela 6: Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental	41
Tabela 7: Localização e endereço das pontes do estudo	55
Tabela 8: Roteiro de análise em vistoria.....	58
Tabela 9: Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutura, funcional e de durabilidade.....	59
Tabela 10: Exemplo de ficha de inspeção	63
Tabela 11: Manifestações e graus de riscos	111

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 PROBLEMA DE PESQUISA	9
3 JUSTIFICATIVA	10
4 OBJETIVOS	13
4.1 Objetivo Geral	13
4.2 Objetivo Específico.....	13
5 REVISÃO DE LITERATURA	14
5.1 Obras de Arte Especiais.....	14
5.2 O conceito de Desempenho.....	15
5.3 Contextualização da Durabilidade.....	16
5.4 Considerações sobre a vida útil.....	18
5.5 Manutenção	20
5.6 Pontes.....	21
5.6.1 Elementos constituintes das pontes	22
5.6.2 Dispositivos de segurança.....	23
5.6.3 Classificação das pontes	24
5.7 Principais manifestações patológicas em Pontes de Concreto	25
5.7.1 Mecanismos de deterioração e envelhecimento em relação à armadura...31	
5.7.1.1 Corrosão das Armaduras.....	31
5.7.2 Mecanismos de deterioração e envelhecimento do concreto	35
5.7.2.1 Lixiviação e Eflorescência	35
5.7.2.2 Reação Álcali-Agregado	37
5.7.2.3 Fissuração	39
5.7.2.4 Bolor	42
5.7.2.5 Erosão	43
5.7.2.6 Patologias em juntas de dilatação	44
5.7.3 Mecanismos de deterioração mecânicos	45
5.7.3.1 Abrasão	45
5.8 Inspeção em Pontes	46

5.8.1 Inspeção Cadastral.....	48
5.8.2 Inspeção Rotineira.....	48
5.8.3 Inspeção Extraordinária.....	49
5.8.4 Inspeção Especial	49
5.9 Ensaios complementares.....	50
6 METODOLOGIA	52
6.1 Desenho do Estudo	52
6.2 Área de Estudo.....	52
6.3 Objetos de Estudo	54
6.4 Inspeções	57
1ª Etapa: Levantamento dos dados	61
2ª Etapa: Classificação das manifestações patológicas	62
3ª Etapa: Entrega dos registros	62
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	64
7.1 Pontes da Avenida Teotônio Segurado	64
7.1.1 Investigação de campo.....	66
7.1.1.1 Superestrutura	66
7.1.1.2 Mesoestrutura.....	75
7.1.1.3 Infraestrutura	88
7.2 Pontes da Avenida NS – 2.....	88
7.2.1 Investigação de campo.....	90
7.2.1.1 Superestrutura	90
7.2.1.2 Mesoestrutura e Infraestrutura.....	96
7.3 Ponte da Avenida LO – 5.....	96
7.3.1 Investigação de campo.....	96
7.3.1.1 Superestrutura	97
7.3.1.2 Mesoestrutura.....	102
7.3.1.3 Infraestrutura	102
7.4 Exames complementares	102
7.4.1 Ensaio de esclerometria	103
7.4.2 Dureza superficial do concreto e resistência à compressão equivalente ..	105
7.5 Diagnóstico	106
7.5.1 Fuga do material de aterro	106

7.5.2 Desgaste superficial na pista de rolamento por abrasão	107
7.5.3 Exposição e corrosão das armaduras	107
7.5.4 Danos no passeio	107
7.5.5 Formação de limo	107
7.5.6 Fissuras	108
7.5.7 Eflorescências e Estalagmites	108
7.6 Intervenções e classificação das obras de artes	108
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	110
REFERÊNCIAS.....	113

1 INTRODUÇÃO

As Obras de Arte Especiais, como são classificadas as pontes e viadutos, necessitam de projetos especiais com análises mais detalhadas para seu desenvolvimento e tem função de ultrapassar obstáculos. Pontes podem transpor corpos hídricos, e viadutos as vias ou vales. Contudo, boa parte das obras públicas não acompanham o desenvolvimento, o que faz com que a operem nos limites mínimos permitidos de estabilidade e segurança, ocasionando diversas patologias, como fissuras, carbonatação, desgastes, entre outras (PAIXÃO et al., 2020).

A necessidade de transpor barreiras é datada de períodos pré-históricos. A partir disso foram aplicadas técnicas com uso de troncos, madeiras, alvenarias em pedra, aço, concreto armado e concreto protendido. Boa parte das obras da atualidade são realizadas em concreto, por ser um material de fácil execução, produzindo obras mais leves com possibilidade de vencer maiores vãos e com melhores custos benefícios (GRECA et. al, 2011).

Pontes e viadutos são estruturas de grandes necessidades no sistema viário por facilitarem o deslocamento da produção interna do país, já que 75% do escoamento de produtos como grãos, alimentos perecíveis, combustíveis e cargas graneis líquidas dependem das rodovias (NEWS, 2018). Além disso, permitem também a transição dentro das cidades, o que as tornam estruturas vitais para a manutenção e operação do transporte viário. Algumas dessas receberam subsídios de investimentos estrangeiros, o que na década de 70 impulsionou o setor nacional da construção permitindo o crescimento das rodovias. Esse momento ficou conhecido como milagre econômico (OLIVEIRA, 1999).

No ano de 2010, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) criou um Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários, o qual também pode ser utilizado em obras municipais. Ele apresenta meios de correção aos problemas patológicos que podem surgir em Obras de Artes Especiais de concreto armado ou protendido (FERREIRA, 2021).

Esses materiais são utilizados em diversas pontes e viadutos em todo o Brasil por apresentarem inúmeras vantagens, como manifestação de boa resistência às solicitações, resistência às intempéries do ambiente a qual serão expostos, boa durabilidade se seguidas todas as técnicas corretas de execução e manutenção e,

quando em estado fresco, facilitam a moldagem em diferentes formas (NOBRE, 2019).

De acordo com a NBR 9452/2019 – Inspeção de ponte, viaduto e passarela de concreto, a inspeção de estruturas são procedimentos que tem como objetivo proporcionar a conservação e restabelecer as condições de utilização. Podem ser funcionalidade, segurança estrutural e durabilidade, seguindo procedimentos técnicos que vão desde levantamento de informações para definição de um diagnóstico e um prognóstico até ajudar na escolha de uma correção (ABNT, 2019).

Em Cardoso e Quaresma (2019) avaliam-se patologias em três pontes e três viadutos de concreto armado na cidade de São Paulo, apontando como principais causas os ineficientes planejamentos e projetos, mas principalmente a falta de manutenção, que compromete as condições de segurança estrutural e o funcionamento das Obras de Arte.

Segundo os autores, a melhor alternativa para evitar o avanço dos danos é a prevenção. Esta por sua vez destina-se desde uma execução correta de projetos, até a elaboração de programas de manutenção rotineiros, que buscam verificação dos estados de deterioração, reduzindo assim gastos com tratamentos (CARDOSO e QUARESMA, 2019).

Desta forma, se esclarece a magnitude da avaliação das condições identificadas nas pontes da cidade de Palmas – TO, que por ser uma capital jovem, suas pontes tem estruturas recentes, mas que já apresentam problemas patológicos. A pesquisa tem como propósito reconhecer o grau de comprometimento das estruturas e por consequência prevenir acidentes com os usuários, aplicando as normativas brasileiras e criando uma conexão com o meio prático e técnico.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

Embora pontes sejam conhecidas como Obras de Arte Especiais com a função de facilitar o tráfego dentro e fora das cidades, a construção das mesmas requer altos investimentos econômicos. A constante utilização acompanhada da falta de manutenção tem impacto negativo em sua vida útil, tornando-a menor que o esperado e levando a diversos desconfortos para a sociedade.

Com intuito de detectar as manifestações patológicas existentes nas pontes de concreto armado, buscando auxiliar na antecipação de eventuais maiores danos, busca-se responder à seguinte questão: “Quais anomalias estão presentes nas pontes sobre o Córrego Brejo Comprido no município de Palmas – TO?”.

3 JUSTIFICATIVA

Uma expressiva quantidade das estruturas presentes no dia a dia das pessoas estão em péssimo estado de conservação. Boa parte das obras públicas não tem plano de inspeção e manutenção e as ações só acontecem quando são encontrados problemas graves e que submetem as vidas humanas a sérios riscos. Por essa razão, é comum encontrar Obras de Arte com diversas degradações e com grandes complexidades para recuperação (AMORIM, 2010).

Os acidentes, por exemplo, são frequentemente associados à falta de segurança das pontes ocasionadas pela ausência de reparações e manutenções. Diante dos custos elevados das obras e da falta de investimento, nota-se também uma redução de novas construções, além de não se ter os reparos nas construções existente. Mantê-las em plenas condições de uso é fundamental para evitar problemas graves (JACINTO, 2011).

Para Sartorti (2008), entende-se por manutenção todos os procedimentos que visam garantir um bom desempenho das estruturas ao longo do tempo, ou seja, são rotinas necessárias que tem o objetivo de proporcionar às estruturas um maior tempo de vida útil. Em grande maioria, a manutenção em pontes e viadutos são desprezadas, com a justificativa de grandes custos para a sua realização. As estruturas sem manutenção têm seu processo de deterioração e surgimento de patologias acelerado (MASCARENHAS et al., 2019).

Segundo Vítório (2015), as Obras de Artes Especiais fazem parte de um acervo público com valor incalculável, pois a importância delas no desenvolvimento econômico e social é grandíssima. Por se tratar de obras robustas e com estruturas avantajadas, é comum que os gestores atribuam uma vida longa para essas construções, o que reduz a preocupação com atividades relacionadas a sua conservação.

Dados divulgados pelo Tribunal de Contas da União (TCU) [s.d.] revelam que aproximadamente 75% das pontes situadas nas rodovias do Brasil, sem regime de concessão, estão em estado precário de conservação e necessitam de intervenções voltadas para recuperação, reforço ou alargamento, para se enquadrarem em boas condições (VITÓRIO, 2015).

Mendes (2009) apresenta dados retirados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), os quais apontam que em 5600 pontes

cadastradas, situadas nas rodovias federais, 70% delas tem idade maior de 30 anos, 79% apresentam largura inferior a largura padrão da atualidade, 94% das pontes são constituídas de sistema estrutural em viga de concreto armado ou protendido, 50% possuem vão com dois balanços, entre outros padrões. Esse modelo também está presente nas pontes estaduais e municipais, e em sua maioria com poucas informações cadastradas nos bancos de dados.

Nesse sentido, destaca-se que no ano de 2018 a ponte de Morandi em Genova – Itália, caiu fazendo 43 vítimas. Ela estava localizada em uma rodovia com grande fluxo de carros. O relatório técnico afirmava que a estrutura colapsou por diversos problemas, entre eles a falta de manutenção adequada. Estudos foram realizados antes do acontecimento e identificou-se o processo de corrosão na estrutura (JOVEM PAN, 2020).

Também no ano de 2018, parte de um viaduto desabou na cidade de Brasília. Foi divulgado o laudo de engenheiros da Universidade de Brasília - UNB apontando que por falta de manutenção a estrutura sofreu corrosão ocasionando a queda (MARQUES, 2020). Já em novembro do mesmo ano, o viaduto na Marginal Pinheiros na cidade de São Paulo cedeu um dos seus trechos, por consequência de uma manifestação patológica que se agravou.

Segundo laudos dos engenheiros do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) da Universidade de São Paulo, alguns dos pilares de sustentação apresentavam fissuras, armação de ferragem sob o concreto exposta, infiltração e drenagem ineficiente. Foi necessário investir aproximadamente R\$ 30 milhões para a realização de reparos na estrutura, que poderiam ser evitados se vistorias e manutenções preventivas tivessem ocorrido (PAULO, 2019).

Além dos problemas causados pela falta de manutenção nas estruturas, outro obstáculo é a demora para a finalização de reparos ou realização de novas construções, proporcionando complicações para os usuários. Em fevereiro de 2020, a cabeceira da ponte da Avenida NS – 3 em Palmas – TO cedeu formando uma cratera, e 1 (um) ano depois a avenida segue interditada, pois as obras não foram realizadas. A Avenida é um dos caminhos de rápido acesso para as quadras da área norte da cidade, levando muitas pessoas a se submeterem ao perigo de transitar por ela. Em uma dessas tentativas, um motociclista caiu da ponte (Figura 1) e ficou ferido (G1 TOCANTINS, 2021).

Figura 1: Acidente causado por desabamento de ponte em Palmas - TO



Fonte: G1 Tocantins (2021).

Mesmo após o acidente ter sido noticiado pelos meios de comunicação, nenhum reparo foi realizado no local. Todavia, isto poderia ter sido evitado com a aplicação de um plano de manutenção eficiente e periódico.

Em busca desses preceitos, é importante o conhecimento das patologias que podem ocorrer nessas estruturas (WINKEL, 2019). Por essas razões, analisar as anomalias presentes nas pontes de Palmas – TO pode auxiliar nas previsões de possíveis problemas estruturais, possibilitando uma melhor escolha de tratamentos, otimizando tempo, diminuindo os riscos de acidentes e de empecilhos com a mobilidade urbana. Tudo isso abrange questões econômicas, técnicas e sociais.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

O objetivo principal do presente trabalho é analisar pontes de concreto armado situadas na cidade de Palmas – TO por meio de estudo visual, fazendo comparativo nas literaturas vigentes das patologias existentes nas mesmas. A análise servirá de base para criação de diretrizes para criação de eventual plano de manutenção seguindo uma ordem de maior grau de comprometimento em contraste com a segurança dos usuários.

4.2 Objetivo Específico

- Revisão bibliográfica em torno das patologias apresentadas em pontes.
- Identificação das patologias presentes nas pontes escolhidas para a pesquisa, realizar levantamento fotográfico para facilitar a explicação das origens, mecanismos e possíveis causas dos acontecimentos.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Obras de Arte Especiais

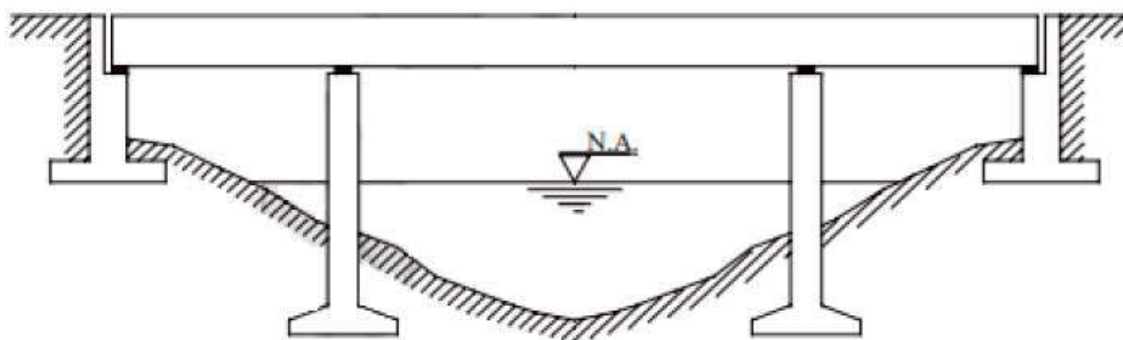
Obras de Arte Especiais são denominadas as obras de engenharia com finalidade diferenciada, sendo essas voltadas para travessias de acidentes geográficos ou viários, e que comportam grandes solicitações como grandes cargas sobre as mesmas. Conforme seus tipos e formas, elas conseguem suportar diferentes esforços, se destacando entre as obras mais comuns. A exemplo destas cita-se: pontes, viadutos, túneis e passarelas. Para a elaboração de projetos nessa magnitude é necessário que o engenheiro tenha uma qualificação específica para cada tipo de obra (COSTA, 2016).

Sobre as Obras de Arte na engenharia, Campos et al. (2011) afirma:

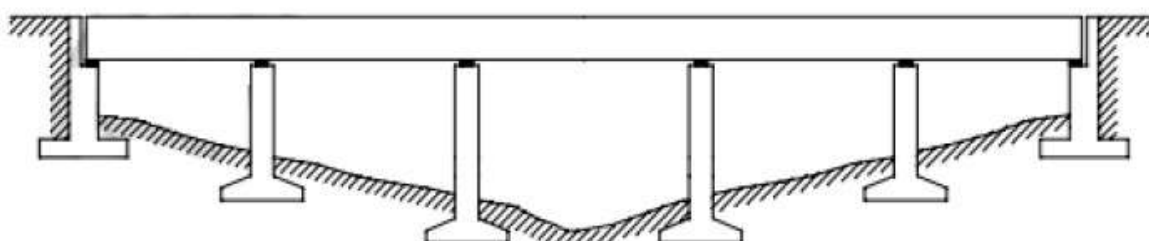
As pontes, os túneis, os viadutos são aquelas que principalmente se podem definir como “Obra de Arte” em Engenharia Civil. Quando se trata de execução de elementos com esta envergadura, estão subjacentes perigos e o elevado nível de responsabilidade na garantia da segurança na sua concepção, construção e utilização (CAMPOS et al., 2011, p. 7).

A função desse tipo de obra é auxiliar na ligação de espaços separados por barreiras tanto artificiais quanto naturais. Possuem alto grau de importância no país, visto que para o desenvolvimento do mesmo é necessário que estradas funcionem bem, que pessoas se locomovam e sejam transportadas e também seja feito o transporte de alimentos, entre outros. Por essa razão, manter um sistema que gerencie as obras a fim de mapear seus comportamentos é fundamental (MOSCOSO, 2017).

Segundo Pfeil (1983), as obras com objetivo de transpor obstáculos que dificultam a continuidade de uma via, assim como rios, braços de mar, vales profundos e outras vias tem como denominação ponte, conforme ilustra a Figura 2. Por sua vez as pontes que ultrapassam vales, outras vias ou obstáculos que não são constituídos por água, são denominados viadutos representados pela Figura 3.

Figura 2: Ponte - ilustração

Fonte: Debs e Takeya (2007).

Figura 3: Viaduto - ilustração

Fonte: Debs e Takeya (2007).

Há registros dos tempos pré-históricos que apontam uso de madeiras e vegetais em construções no formato de passarelas. Os romanos utilizavam arcos de alvenaria em pedra na construção de suas pontes, que ainda se encontram em pé nas cidades. A revolução industrial introduziu o uso de produtos siderúrgicos nas estruturas e por volta do século XX o concreto armado ganhou seu papel nas obras. Logo após a Segunda Guerra Mundial, o concreto protendido se difundiu, agregando uma boa qualidade e maior resistência às peças (PFEIL, 1983).

5.2 O conceito de Desempenho

Segundo NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto, desempenho é definido como a aptidão das estruturas de permanecerem em perfeito estado de uso, sem danos que possam prejudicar a sua função. Cada obra apresenta um desempenho distinto e este fator relaciona-se com as exigências de função e manutenção estabelecidas pela regulamentação vigente, entre normas nacionais (ABNT) e internacionais (POSSAN e DEMOLINER, 2013).

As estruturas deterioram-se ao decorrer dos anos, mesmo em situações onde há um planejamento de manutenção. Falhas de execução e de projeto podem fazer com que os danos surjam antes do esperado. Quando uma estrutura apresenta problemas no seu desempenho, esta deve ser analisada a fim de constatar se a estrutura pode receber intervenção (SOUZA e RIPPER, 1998).

Souza e Ripper (1998) ainda apresentam três casos de desempenho estrutural no decorrer da vida útil em função de eventuais fenômenos patológicos. O primeiro é o fenômeno natural, se acontecer intervenção a estrutura volta a atuar de maneira acima do nível necessário.

O segundo é quando surge um problema repentino, necessitando de uma rápida resposta para retornar as condições normais de operação. E o terceiro caso é aquele onde a estrutura possui problemas desde sua concepção e nesse caso a solução deve ser reforço ou nova construção (SOUZA e RIPPER, 1998).

5.3 Contextualização da Durabilidade

Durabilidade é a capacidade da estrutura de suportar as interferências do ambiente que foram previstas de antemão na elaboração dos projetos, de acordo com a NBR 6118/2014 (ABNT, 2014). Dessa forma, o conceito de durabilidade é entrelaçado ao ambiente que a estrutura está exposta, condições de uso e de manutenção. Assim essa propriedade não está ligada apenas a escolha dos materiais constituintes (BOLINA; TUTIKIAN E HELENE, 2019).

A NBR 6118/2014 ainda aponta os critérios que devem ser consultados para a elaboração de um projeto em estrutura de concreto, em especial pode-se citar duas tabelas apresentadas pela norma que auxiliam nesse entendimento sobre as classes de agressividade ambiental e a correspondência entre essas classes e a qualidade do concreto (ABNT, 2014).

Tabela 1: Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Frac	Rural	Insignificante
		Submersa	

II	Moderada	Urbana ^{1, 2}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹	Grande
		Industrial ^{1, 2}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1, 3}	Elevado
		Respingos de maré	

¹ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

² Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT NBR 6118: 2014, adaptado pela autora.

Tabela 2: Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

NOTAS

1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: ABNT NBR 6118: 2014, adaptado pela autora.

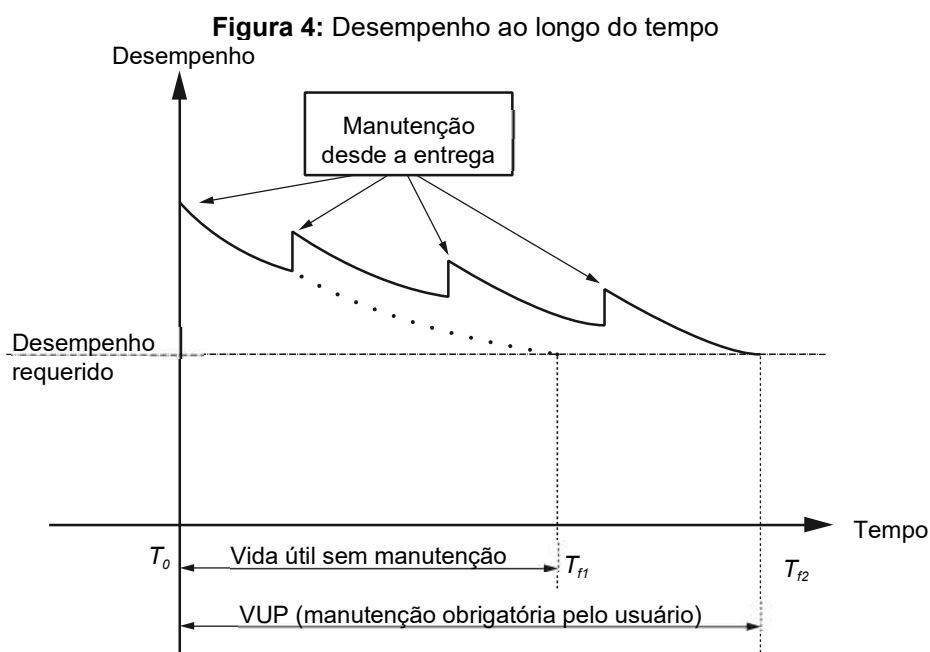
A Tabela 1 apresenta as classes de agressividade ambiental, na qual o meio ambiente pode influenciar negativamente na durabilidade das estruturas. Por essa razão existe a necessidade de uma classificação de risco, já que exposição a climas e agressivos químicos ocasionam uma maior chance de deterioração acelerada das estruturas. Já a segunda apresenta a proporcionalidade entre as classes de agressividade com a qualidade do concreto, analisando a relação água/cimento utilizada e classe do concreto (Tabela 2).

5.4 Considerações sobre a vida útil

A vida útil é definida pelo espaço de tempo que as estruturas se mantêm em boas condições de utilização, atendendo a finalidade de projeto (ROCK e JUNIOR, 2005). De acordo com a ISO 13823/2008 – *General Principles on the Design of Structures for Durability*, vida útil é o período em que a estrutura satisfaz os requisitos de desempenho sem a necessidade de manutenção ou reparos.

Da mesma forma, a NBR 15575/2013 – Edificações Habitacionais, explica que o conceito de vida útil é uma medida temporal da durabilidade de uma estrutura ou de partes dela e é influenciada por atividades de manutenção, forma de utilização, pela natureza do projeto e quem está na sua vizinhança (ABNT, 2013).

A Figura 4 apresenta de que maneira a manutenção programada pode interferir no desempenho da estrutura para que a mesma obtenha sua vida útil de projeto, provando que conforme as manutenções acontecem no decorrer do tempo, o desempenho diminui, mas não a ponto de tornar a estrutura inutilizada.



Fonte: ABNT NBR 15575-1: 2013.

Os conceitos de vida útil e durabilidade podem ser aplicados incorretamente pela proximidade dos termos. A vida útil é a forma quantificada da durabilidade que por sua vez é uma qualidade das estruturas, ou seja, a vida útil é

informada como um período de tempo (DA SILVA, 2001, apud ROCK e JUNIOR, 2005).

Para Brandão (1998), a vida útil das estruturas depende não apenas dos comportamentos dos elementos estruturais, mas também dos demais elementos que são incorporados a estrutura, mesmo sem função estrutural como juntas, drenos, apoios, entre outros. Esses elementos, por possuírem vida útil menor, devem ter seus reparos antecipados e previstos em projeto.

Também é importante ressaltar que a vida útil varia conforme a importância da estrutura, ou seja, estruturas de grande porte e de caráter permanentes devem ter uma vida útil mais longa (BRANDÃO, 1998). A Tabela 3 expõe o Eurocódigo 0/2009 – Bases para os projetos de estruturas, o qual especifica o tempo de vida útil de projeto conforme as categorias disponíveis. Tais valores servem de base para determinar desempenho em função do tempo, para eventuais cálculos como é o caso de determinação de fadiga.

Tabela 3: Valores indicativos do tempo de vida útil de projeto

Categoria do tempo de vida útil de projeto	Valor indicativo do tempo de vida útil de projeto (anos)	Exemplos
1	10	Estruturas provisórias ¹
2	10 a 25	Componentes estruturais substituíveis, por exemplo, vigas, apoios
3	15 a 30	Estruturas agrícolas e semelhantes
4	50	Estruturas de edifícios e outras estruturas correntes
5	100	Estruturas de edifícios monumentais, pontes e outras estruturas de engenharia civil

¹ As estruturas ou componentes estruturais que podem ser desmontados, tendo em vista a reutilização, não deverão ser considerados como provisórios.

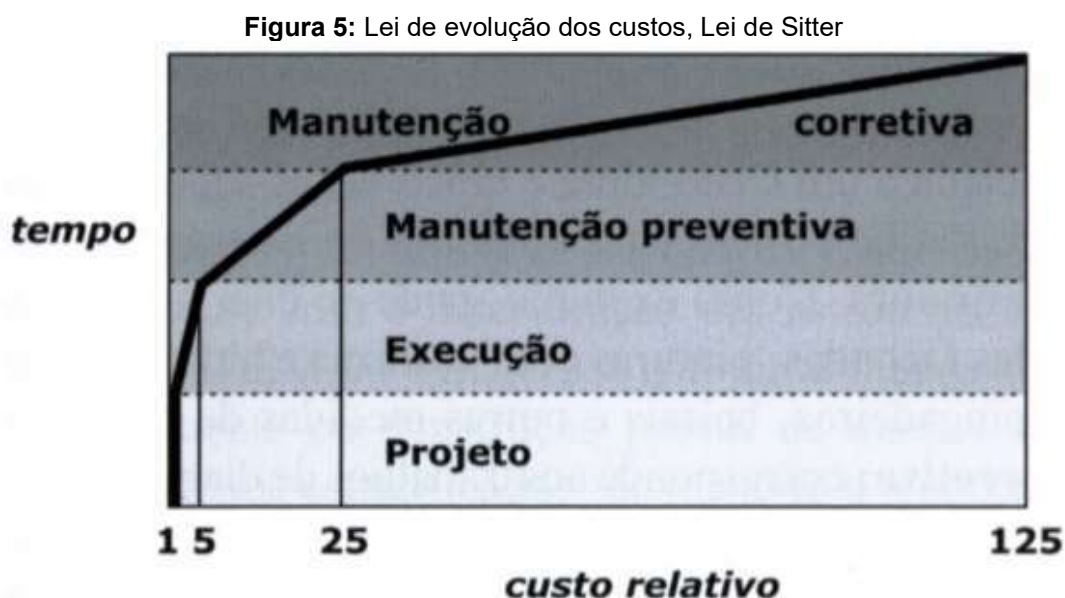
Fonte: NP EN 0: 2009, adaptado pela autora.

Pode-se notar que estruturas provisórias possuem um tempo de vida útil quase dez vezes menor que as pontes, exemplificando que as pontes são obras que necessitam de um cuidado grande em sua estruturação de projeto.

5.5 Manutenção

A manutenção é o conjunto de ações que devem ser realizadas para que uma estrutura mantenha seu desempenho satisfatório no decorrer dos anos, porque são elas que ajudam a prolongar a vida útil das mesmas (SOUZA e RIPPER, 1998). A expansão da vida útil de uma estrutura relaciona-se diretamente com a ocorrência de manutenções frequentes, tanto em caráter preventivo quanto corretivo. É necessário também manter vistorias periódicas com o objetivo de encontrar possíveis falhas na estrutura, e quando encontradas, é necessário que aconteça atividades de recuperação (VITÓRIO, 2006).

Por tratarem-se de obras com grande complexidade, considera-se que as pontes sejam projetos de durabilidade infinita, contudo boa parte delas estão expostas a condições de usos desfavoráveis. A única maneira de manter os desempenhos estruturais e funcionais é por meio de manutenções adequadas. A ausência desse tipo de intervenção acarreta em diversos prejuízos materiais e financeiros. A demora nos processos de manutenção encarece e aumenta a complexidade de execução dos reparos, como ilustrado abaixo (Figura 5).



Fonte: Sitter, 1984 apud Vitório, 2005.

Pela lei de evolução dos custos de Sitter, o aumento dos custos acontece em uma progressão geométrica de razão 5. Conforme o tempo passa é apresentado um aumento gradativo nos custos relativos para esses eventos, ou seja, uma

alteração realizada na etapa de execução é 5 vezes mais cara que uma realizada na etapa de projeto (VITÓRIO, 2005).

Bolina, Tutikian e Helene (2019), subdividem a manutenção em quatro tipos, sendo elas: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva e Manutenção Detectiva.

- Manutenção Corretiva – Tem como objetivo corrigir uma falha ou desempenho menor que o esperado, fazendo reparo ou troca do elemento deficiente e com isso tornando o sistema totalmente funcional novamente.
- Manutenção Preventiva – É aplicada no decorrer da vida útil do elemento, buscando evitar maiores danos causados por uma anomalia, preservando o desempenho das peças.
- Manutenção Preditiva – É aquela que usa como base a coleta de dados de desempenho dos elementos ao longo dos tempos, permitindo ações antes dos danos e melhores tomadas de decisões.
- Manutenção Detectiva – É realizada por meio de dispositivos ou sistemas computadorizados que permitem uma melhor identificação de falhas ocultas, que não são percebidas visualmente, de forma automatizada o que facilita a escolha dos métodos de correção.

Todas essas opções de manutenções podem ser aplicadas sozinhas ou em conjunto, conforme a necessidade do projetista e do porte da estrutura. Sem o uso desses métodos, a chances de aceleração da deterioração é substancial.

5.6 Pontes

Pontes são Obras de Arte Especiais construídas com função de vencer obstáculos sobre fluxos de água. Estas estão sujeitas a diversas atuações de cargas externas como passagens de carros, ações de ventos e águas, variação de clima, e quando construídas com concreto, retração e fluência (ARAUJO, 2014). Marchetti (2008), completa a definição apontando que as classificações das mesmas são as mais diversas, indo dos seus traçados e formas até o material de formação.

Já Pfeil (1979) considera que:

Quanto ao material com que predominantemente são construídas, as pontes

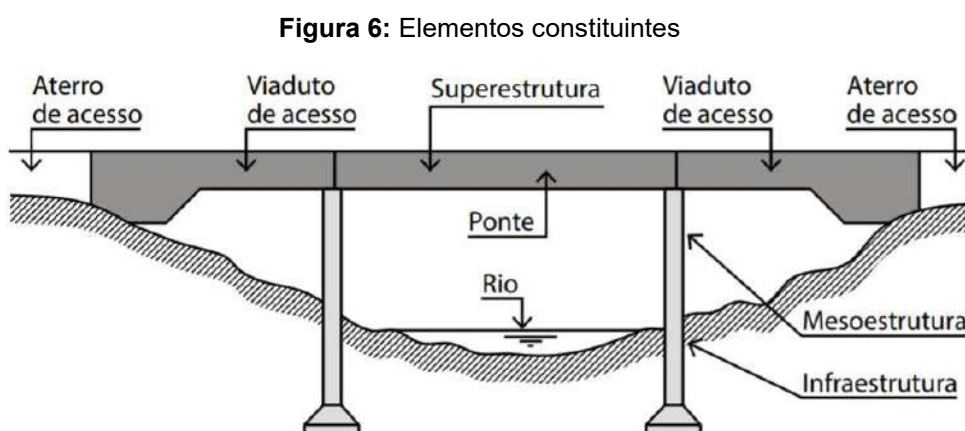
podem ser de madeira, de pedra, de concreto armado, normal ou protendido, e metálicas (geralmente de aço e, excepcionalmente, de ligas de alumínio) (PFEIL, 1979, p. 5).

A NBR 9452/2019 (ABNT, 2019), aborda de forma técnica que pontes são estruturas capazes de dar continuidade de uma via sobre obstáculos aquíferos. Já o DNIT (2004) expõe que pontes são estruturas construídas sobre obstruções, que podem ser água, rodovias ou ferrovias. Elas sustentam uma pista para que veículos possam transitar, e também tem um vão livre com dimensão maior que seis metros.

A construção das pontes pode ocorrer em lugares adversos e com grandes dificuldades geológicas, por ter condições de apresentar centenas de metros de altura e extensão. Por essa razão, são obras com alto nível de responsabilidade, e é necessário que todas as normas sejam seguidas, buscando evitar catástrofes, por meio de cálculos precisos e aplicação de métodos rigorosos (CAMPOS et al., 2011).

5.6.1 Elementos constituintes das pontes

A estrutura da ponte é composta fisicamente por uma superestrutura e uma infraestrutura. Sobre o vão se encontra a superestrutura, já os pilares, encontros, apoios e fundação são considerados como infraestrutura (REIS, 2006, apud COUTO, 2009). De maneira funcional Pfeil (1979) divide as pontes em três elementos de constituição: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura como apresentado na Figura 6.



Fonte: Pfeil, 1979.

Debs e Takeya (2007) consideram que a superestrutura é a parte das

pontes que vencem os obstáculos e ela pode ser dividida em duas outras classificações: a estrutura principal ou sistema estrutural que vence o vão livre, e a estrutura secundária ou tabuleiro que recebe as cargas diretamente e encaminha para a estrutura principal. Pfeil (1979) completa o conceito descrevendo que normalmente ela recebe o nome de tabuleiro ou estrado, sendo composta por vigas (principais, longarinas e transversinas), lajes superiores e inferiores.

A mesoestrutura é formada pelos pilares, travessas e encontros. Eles são os elementos que recebem os esforços da superestrutura e os enviam para a infraestrutura. Os encontros são vistos em algumas obras apenas, isso quando há necessidade de contenções de aterros. São construídos com função de permitir a transição entre a ponte e o aterro, recebem as cargas provenientes da superestrutura e os empuxos horizontais causados pelos aterros e geralmente são constituídos de alvenaria de pedra (PFEIL, 1979).

Já a infraestrutura ou fundação têm papel de transmitir ao solo todos os esforços provenientes da mesoestrutura, ela pode ser projetada com mais diversos tipos de fundações, como blocos, sapatas, estacas, etc. (PFEIL, 1979).

5.6.2 Dispositivos de segurança

Os dispositivos de segurança podem ser guarda-corpos (Figura 7), guardas-rodas e barreiras. Tem como função proteger os pedestres e aos veículos por demarcarem as vias e forçarem o retorno dos veículos sem controle e eles devem estar em perfeitas condições nas vias pois em caso de acidentes devem atuar de maneira coerente para evitar grandes danos. Em vistorias, quando notada a inexistência dos mesmos, a obra de arte deverá receber reparos (DNIT, 2009).

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006) apresenta, conforme o ano de projeto das pontes e a largura do estrado, quais as quantidades de guarda-rodas necessárias, com largura e altura da peça. Também exemplifica como devem ser realizadas as recuperações de guarda-rodas e guarda-corpos, conforme largura e material constituinte, podendo ser metálicos ou de concreto.

Figura 7: Guarda-corpo em ponte da cidade de Palmas



Fonte: Chaves et al., 2018.

5.6.3 Classificação das pontes

Segundo Vitório (2015) as pontes podem ser classificadas conforme a sua finalidade, quanto ao seu material de constituição e quanto ao sistema construtivo utilizado. Se tratando de finalidade a subclassificação as divide em:

1. Rodoviárias – Obras destinadas ao tráfego rodoviário;
2. Ferroviárias – Obras destinadas ao tráfego ferroviário;
3. Rodoferroviárias – Obras destinadas ao tráfego misto de veículos e trens;
4. Passarelas – Obra destinada exclusivamente ao tráfego de pedestres;
5. Aeroviárias – Obra destinada ao tráfego de aeronaves nos pátios dos aeroportos.

Em Vitório (2002), é apresentado a divisão conforme os materiais empregados, sendo eles:

1. Pontes de concreto (armado e/ou protendido) – As pontes de concreto armado têm seu surgimento datado para meados do final do século XIX. O registro das primeiras construções foi realizado na França, no parque do palácio do Marquês Tihene de Chazeret em forma de abóbora com 16,50m de vão e 4m de largura, e com

o uso de concreto incorporado apenas nas estruturas das lajes dos tabuleiros. Hoje, o concreto passou a ser um dos principais materiais de construção de pontes, conquistando elevado nível de qualidade graças aos controles tecnológicos. Quanto a limitação dos vãos nas superestruturas, o uso de concreto protendido possibilitou o rompimento desse empecilho;

2. Pontes metálicas – No final do século XVIII ocorreu o surgimento das pontes metálicas, com estruturas de ferro fundido. Seguindo o crescimento das ferrovias, se fez necessário grandes obras que suportassem cargas elevadas. Com a Revolução Industrial os produtos siderúrgicos ganharam destaque, o que difundiu a aplicação do aço, dando destaque as pontes de pênséis;

3. Mistas (aço/concreto, aço/madeira);

4. Pontes de pedras – No passado, as pedras naturais eram matérias primas de fácil acesso, apresentando bons resultados nas obras. A pedra continua sendo um bom material, pois tem grande resistência e boa ação contra o tempo. Na construção civil a pedra atualmente é aplicada na constituição de alvenarias com argamassa;

5. Pontes de madeira – Foram as primeiras pontes registradas na história, mas com o tempo foram sendo substituídas por outras com novos tipos de materiais. Hoje, a sua utilização se dá em estruturas provisórias, em locais de pouco tráfego e com deslocamento de pequenas cargas.

Por fim, quanto ao sistema estrutural são realizáveis as pontes em laje, pontes em vigas, pontes em tabuleiro celular, pontes em pórticos, pontes em arco, pontes pênséis, pontes estaiadas e pontes em balanço sucessivo.

5.7 Principais manifestações patológicas em Pontes de Concreto

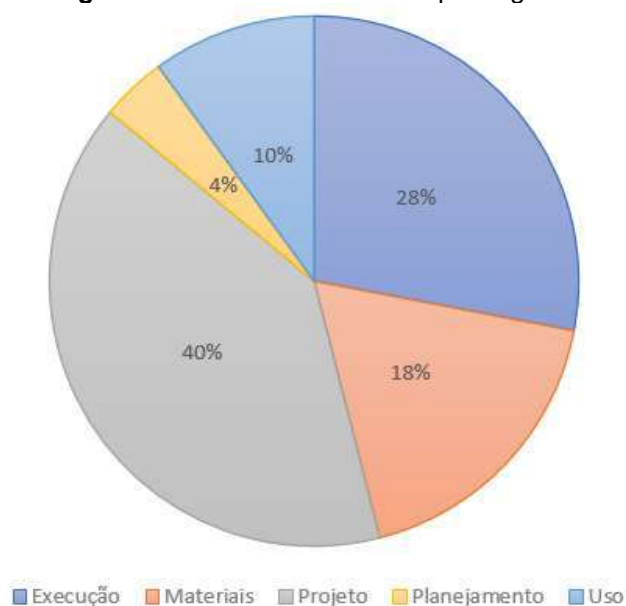
De acordo com Souza e Ripper (1998), Patologias das Estrutura é um campo da Engenharia das Construções que busca estudar as origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de deterioração das estruturas. Para Helene (1993) a Patologia é uma parte da engenharia que estuda os sintomas, mecanismos, causas e origens das falhas das construções, estudando as partes que constituem o diagnóstico do problema.

Boa parte dos problemas patológicos são transparecidos no exterior das estruturas, o que facilita no processo de busca da natureza, origem e mecanismos dos fenômenos envolvidos e auxilia na estimativa das consequências posteriores. Os

sintomas encontrados também podem ser chamados de lesões, danos, defeitos ou manifestações patológicas, e eles podem ser classificados e descritos para que seja possível a realização de um diagnóstico inicial (HELENE, 1993).

As Obras de Arte Especiais podem apresentar patologias com diversas origens e quando não corrigidas de maneira correta podem afetar a funcionalidade e o tempo de vida útil das estruturas. Muitos autores buscam determinar em quais etapas construtivas ocorrem mais falhas que podem gerar patologias. Esses dados foram agrupados de maneira estatística conforme a Figura 8 abaixo (LOURENÇO, 2009).

Figura 8: Percentuais de falhas patológicas



Fonte: Helene, adaptado (1993).

O maior percentual de falhas patológicas ocorre com erros durante a etapa de projeto, sendo ele em um valor de 40%, seguido da etapa de execução com 28% e depois dos tipos de materiais que são empregados na obra. A etapa de planejamento é a que gera menos problemas.

Para o Manual do DNIT 010 (2004), defeito é definido como a “Falta de conformidade com qualquer dos requisitos especificados no projeto ou em condições pré estabelecidas.”, sendo classificados em:

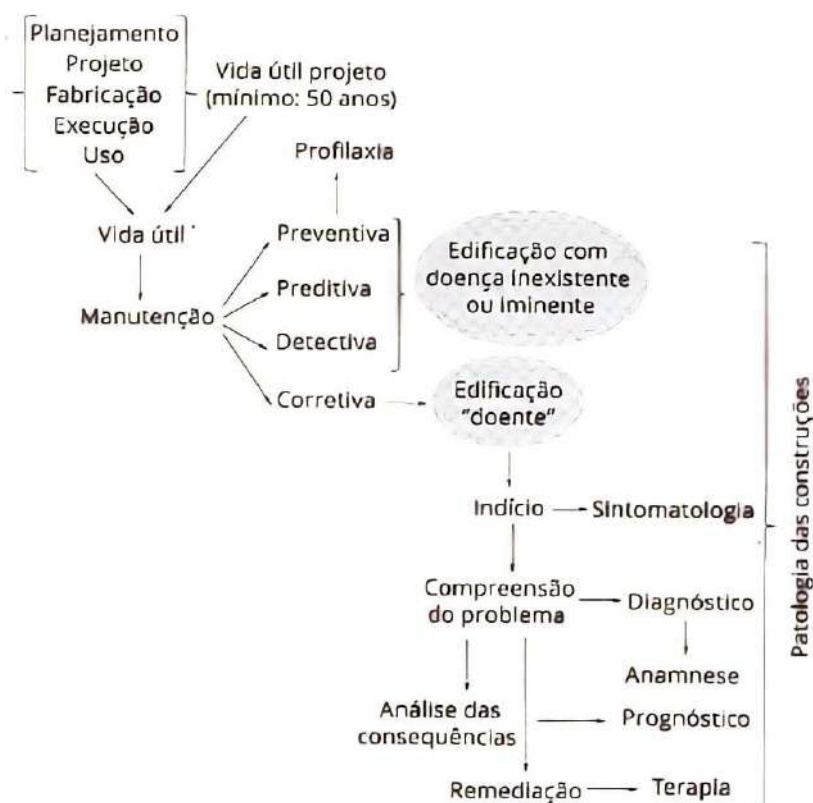
- Defeitos toleráveis – Que não reduzem, substancialmente, o desempenho da obra;
- Defeitos graves – Que podem afetar, em partes, o desempenho da obra;

- Defeitos críticos – Que podem afetar, de forma acentuada, o desempenho da obra.

O processo de busca por uma patologia em estruturas requer que algumas etapas de estudo sejam seguidas, sendo elas: identificação do problema incidente, qual a consequência dele, suas origens (diagnóstico), reunião dos documentos, dados da construção e relatos de usuários (anamnese), análise das consequências evolutivas se o processo não estiver contido (prognóstico) e também deve-se propor uma solução adequada para correção (terapia), sempre visando aplicação de medidas preventivas que auxiliem na não recorrência dos problemas em outras estruturas (profilaxia) (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

O organograma da Figura 9 ilustra a sequência de ações que devem ocorrer desde a descoberta da manifestação patológica e a Tabela 4 apresenta de forma sucinta algumas definições importantes.

Figura 9: Organograma com sequência de ações



Fonte: Bolina, Tutikian e Helene, adaptado (2019).

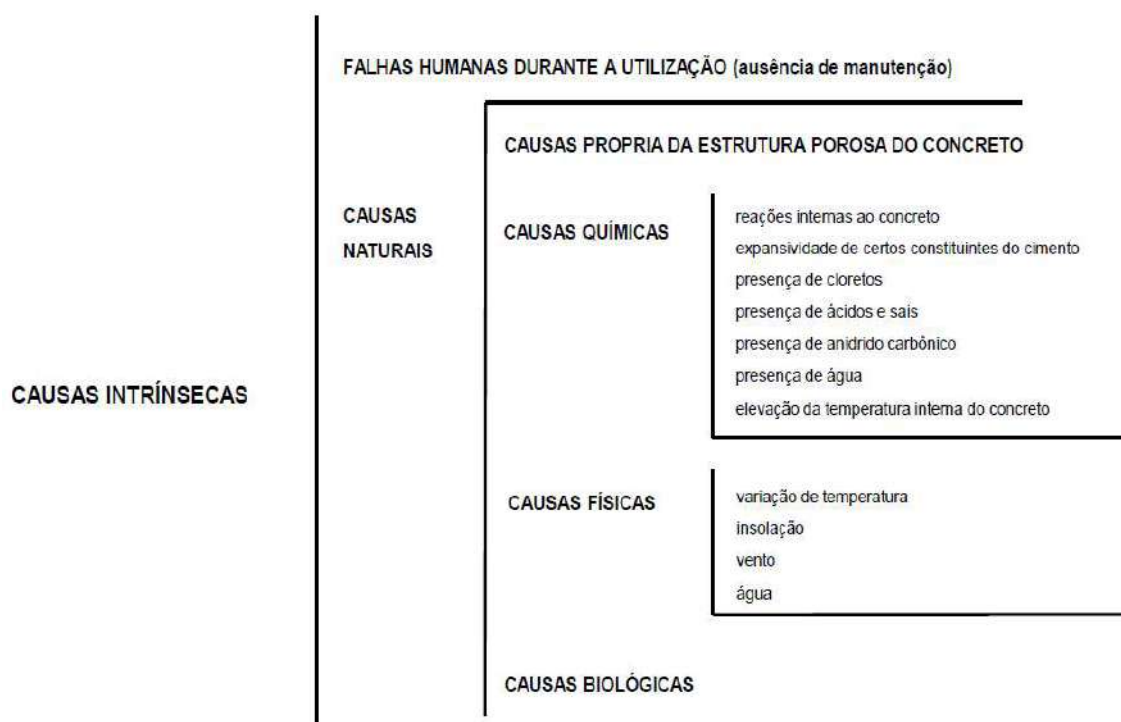
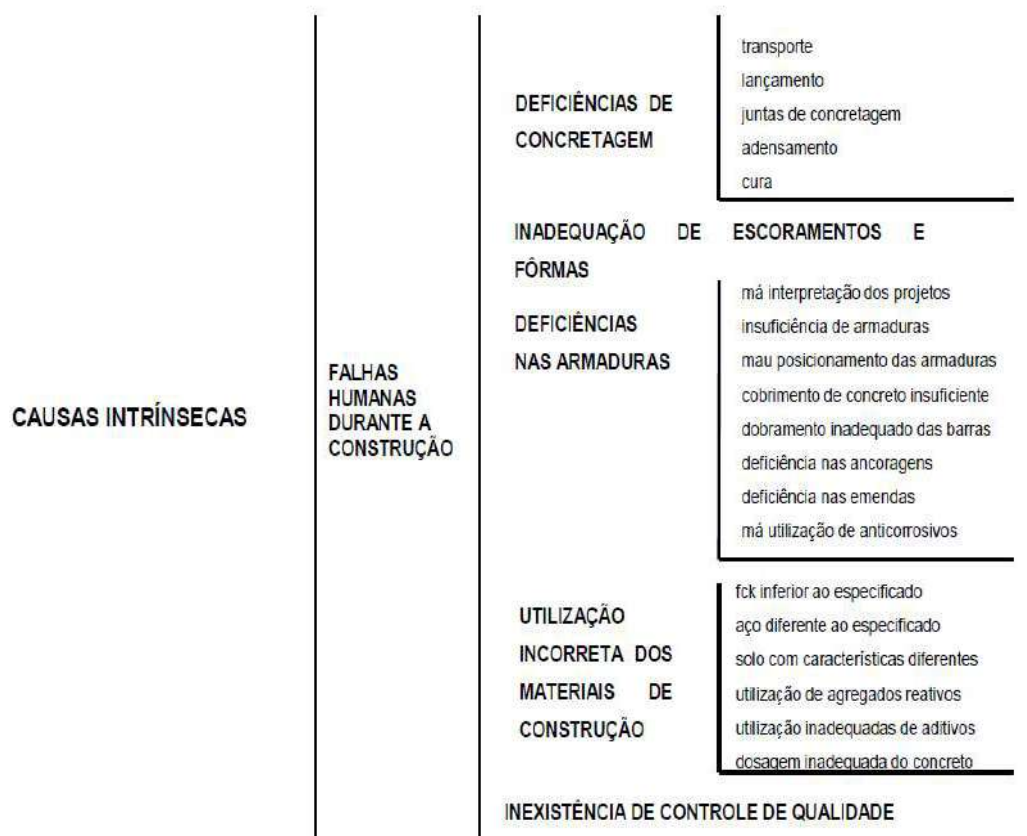
Tabela 4: Definições e nomenclaturas importantes

Nomenclatura	Definição
Diagnóstico	Busca do entendimento do que aconteceu, qual fenômeno instalado, porque aconteceu, quais as suas consequências. Explicando os sintomas, origens e mecanismos envolvidos.
Anamnese	Análise de documentos, projetos e histórico da edificação.
Prognóstico	É o que irá ocorrer na peça caso não aconteça nada para se corrigir ou estancar o problema.
Terapia	É a correção dos danos. Podendo ser um reforço, reparo, restauro, retrofit, entre outros.
Profilaxia	São medidas que devem ser adotadas para prevenir a ocorrência de problemas nas construções. Como exemplo: adoção de cobrimento adequado para proteção das armaduras contra corrosão.

Fonte: Bolina, Tutikian e Helene, adaptado pela autora (2019).

Visando a identificação dos problemas, se faz necessário realização de inspeções a fim de buscar esses eventuais defeitos e apresentar soluções viáveis. Para Souza e Ripper (1998), quando ocorre o surgimento de uma manifestação patológica, é o indicativo da existência de uma ou mais falhas, seguindo as causas citadas nas Figuras 10 e 11.

Com isso é possível identificar quais as origens das mesmas, pois estão associadas a uma das etapas básicas que constitui a elaboração da construção, sendo elas concepção (projeto), execução (construção) e utilização (manutenção) da estrutura.

Figura 10: Causas intrínsecas das patologias em concreto armado

Fonte: Souza e Ripper, adaptado (1998).

Figura 11: Causas extrínsecas das patologias em concreto armado

Fonte: Souza e Ripper, adaptado (1998).

As causas intrínsecas das doenças patológicas em concreto armado estão diretamente ligadas as possíveis falhas humanas durante a sua construção e durante a utilização. Entre elas pode-se citar os problemas durante a concretagem das pontes, tempo incorreto de escoramento e da retirada das formas, a não adoção das premissas de projeto de armaduras e a falta de controle de qualidade.

Similarmente, as falhas com ausência de manutenção ocorrem por causas naturais, a estrutura é exposta a diversos agentes que atingem a mesma, como variação de temperatura, ação da presença de água, dentre outros. Por sua vez as falhas extrínsecas são voltadas as falhas durante a elaboração do projeto, ações mecânicas sobre as pontes e ações físicas.

5.7.1 Mecanismos de deterioração e envelhecimento em relação à armadura

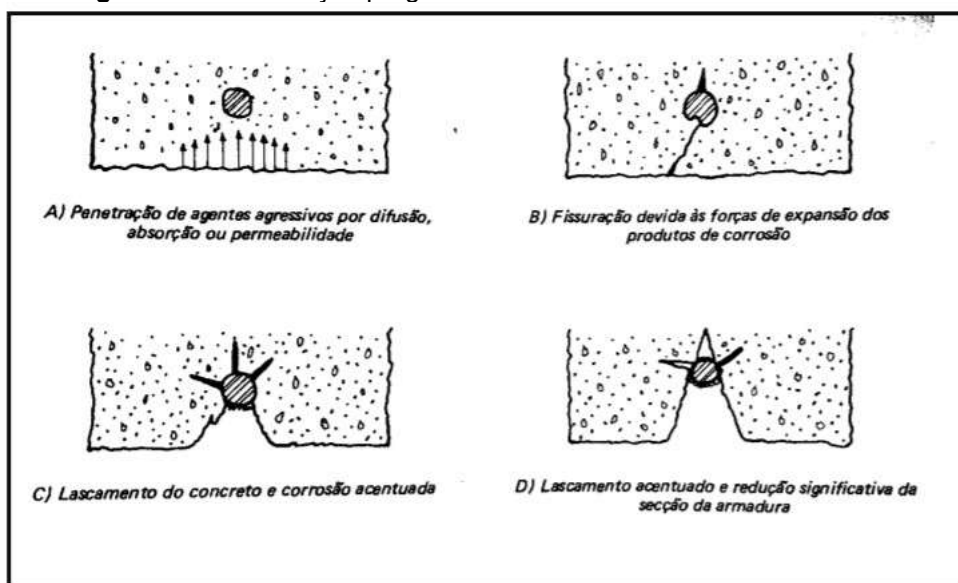
5.7.1.1 Corrosão das Armaduras

A corrosão das armaduras é um processo de deterioração de um metal por intermédio de uma ação química ou eletroquímica por meio da interação com o meio ambiente, que pode ou não estar ligada a um esforço mecânico e é o principal mecanismo de deterioração as estruturas de concreto armado. Esse processo pode prejudicar a vida útil das estruturas e ocasionalmente torná-las impróprias para uso (LOURENÇO, 2009).

As armaduras embutidas nas estruturas de concreto têm inicialmente uma proteção realizada pelo cobrimento estabelecido em projeto, o mesmo forma uma barreira protetora contra fatores externos. Quando ocorre a perda da proteção, o processo corrosivo acontece de maneira acelerada. A corrosão acontece quando o concreto é permeável o bastante para que os íons juntamente com água e oxigênio penetrem até a armadura. A Figura 12 apresenta como acontece a entrada dos agentes e o que eles acarretam as peças de concreto (SOARES; VASCONCELOS; DO NASCIMENTO, 2015).

Diversos fatores podem motivar o surgimento da corrosão, entre eles pode-se citar a exposição a ambientes agressivos, porosidade elevada, alta capilaridade, deficiência no cobrimento, materiais de construção com problemas e fissuração elevada (SARTORTI, 2008). Quando uma peça é atingida por um desses fatores o resultado pode variar entre fissuração (decorrente do acréscimo de volume devido ao acúmulo de óxidos e hidróxidos ao redor das barras), corrosão, desagregação, manchas vermelhas/pretas no concreto, redução da armadura ou até mesmo ruptura (ALVES, 2012).

Figura 12: Deterioração progressiva devido à corrosão das armaduras

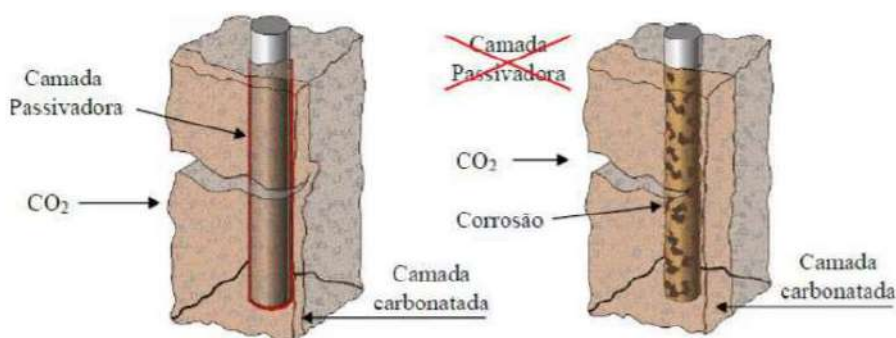


Fonte: Helene (1993).

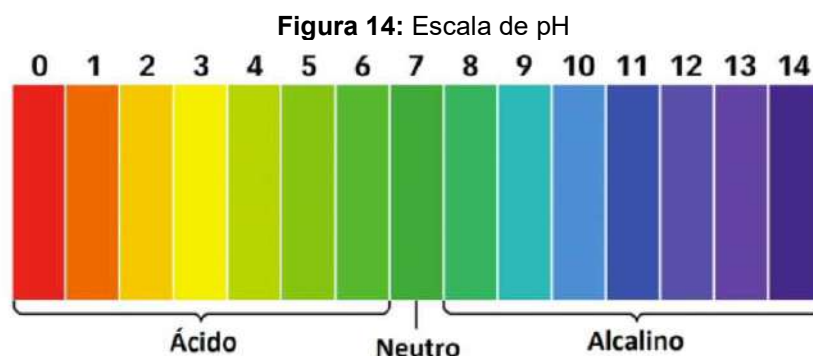
Os metais são constituídos por uma camada protetora (película passivadora – Figura 13) fina localizada nas suas superfícies. Se o pH da camada passivadora, em conformidade com a Figura 14, diminuir para um valor menor que 11 na escala o mesmo se torna alcalino. Essa diminuição favorece a formação de compostos ferrosos expansivos que aumentam o volume do aço inicial, causando fissuração e lascamento no concreto.

A vida útil do concreto protege a camada passivadora, por essa razão o cobrimento de cada estrutura deve ser pensado buscando essa proteção, levando em consideração o ambiente de exposição e as condições que o concreto vai ser submetido (SOARES; VASCONCELOS; DO NASCIMENTO, 2015).

Figura 13: Corrosão das armaduras com o rompimento da camada passivadora



Fonte: Tula (2019), apud Araújo (2017).



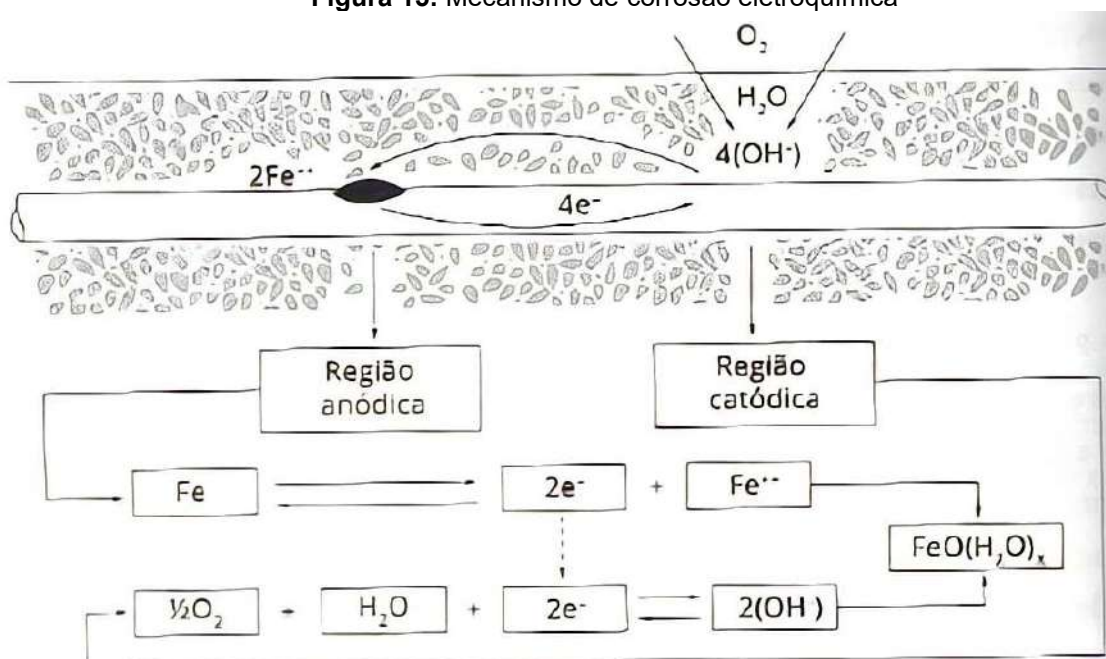
Fonte: Beduka, 2019

Por conseguinte, a deterioração do aço pode ser ocasionada por três diferentes processos, sendo eles: o processo eletroquímico, a oxidação direta, e também ataques químicos. O processo eletroquímico resulta na formação de pilhas ou células de corrosão pela presença de umidade nas barras ou no concreto que as envolve. Sempre que houver umidade ou a temperatura estiver ambiente é considerado um processo de corrosão eletroquímica (VERÇOZA, 1991).

Verçoza (1991) ainda explica que a corrosão eletroquímica é um processo galvânico, isso porque forma um circuito elétrico quando há diferença de potenciais elétricos. Quando substâncias próximas causam uma diferença de potencial ocorre uma troca de elétrons, buscando um equilíbrio, e isso ocasiona em uma perfuração em um local e depósito de material em outro.

A Figura 15 exemplifica como acontece o mecanismo de corrosão eletroquímica, nas regiões anódicas o metal se dissolve e é transportado para a solução como íon de Fe^{++} , liberando elétrons. Esses elétrons se deslocam do metal para as áreas catódicas, combinando com o oxigênio dissolvido na solução, o que promove a formação de íons de hidroxila OH^- . A hidroxila se encontra com Fe^{++} e forma o hidróxido metálico ($Fe(OH)_2$), que se fixa na superfície do metal, esse hidróxido não é estável, e quando na presença de água e oxigênio se oxida formando $Fe(OH)_3$.

Por fim, o composto se descreve como $FeOOH + H_2O \cdot FeOOH$, que é a ferrugem comum, avermelhada ou amarronzada, sempre que o composto se reage ocorre a formação de um produto mais volumoso, causando problemas nos elementos (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Figura 15: Mecanismo de corrosão eletroquímica

Fonte: Bolina, Tutikian e Helene, adaptado (2019).

A oxidação direta é o processo onde os átomos de aço reagem diretamente com o oxigênio. É um processo muito lento quando a estrutura estiver exposta a temperatura ambiente por essa razão pode ser significativa em altas temperaturas (HELENE, 1993).

Os outros dois processos que podem ocasionar a despassivação do aço por meio de ataques químicos, iniciando um processo de corrosão, sendo eles: a carbonatação e a presença de íons de cloreto.

- **Carbonatação** – É um processo físico-químico que consiste na reação do dióxido de carbono (CO_2), presente no ar, dissolvido no interior dos poros de concreto quando o mesmo ainda está em fase aquosa, com os hidróxidos do cimento. Ela se desenvolve principalmente com o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), resultando no carbonato de cálcio (CaCO_3), o que acidifica o concreto, reduzindo o pH do concreto de 12,5 para menos de 9, isso ocasiona um comprometimento na camada passivadora do aço (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

- **Íons de cloreto** – Os íons de cloreto estão presentes na composição do concreto, oriundos de ambientes externos ou incorporados na fase de produção, quando em grandes quantidades o concreto tende a reter mais umidade o que auxilia no processo de corrosão das armaduras. Eles são encontrados em maresias, névoas salinas, solos contaminados, e podem estar nos compostos de aditivos de

pega, em águas ou agregados contaminados (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Figueiredo e Meira (2013), explicam que a corrosão pode ser classificada como generalizada ou localizada. A corrosão generalizada acarreta no desgaste do material de maneira uniforme e o ataque acontece em uma região significativa da superfície do metal. Já a corrosão localizada tem um desgaste em uma superfície limitada e ocorre de maneira mais acelerada que a primeira.

O Manual de Inspeções de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004), expõe que o tratamento da estrutura afetada com corrosão consiste na retirada da parte danificada, no lugar é importante realização de reposição de concreto com boa qualidade e utilização de revestimentos contra corrosão.

5.7.2 Mecanismos de deterioração e envelhecimento do concreto

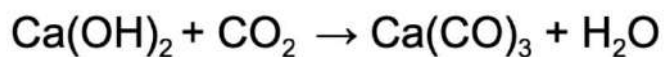
5.7.2.1 Lixiviação e Eflorescência

A lixiviação acontece quando se dissolve o hidróxido de cálcio presente no cimento endurecido por intermédio de águas pura ou com baixas impurezas e também por águas pantanosas, subterrâneas, profundas ou ácidas. Esse processo diminui o pH do concreto (SOUZA e RIPPER, 1998).

As águas oriundas de condensação de neblina, vapor ou da chuva são compostas por baixas ou nenhuma concentração de íons de cálcio e elas podem ser consideradas águas puras. Quando entram em contato com o cimento o cálcio da sua composição é dissolvido e esse processo forma a lixiviação, sendo os produtos dela os íons de cálcio que reagem com o CO₂ da atmosfera. Já a reação química que explica o processo é chamada de “cura da Cal livre”, conforme Figura 16.

O resultado é o aparecimento de crostas brancas de carbonato de cálcio na superfície do concreto, essas manchas são conhecidas como eflorescências, como exemplificado na Figura 17. Além do problema estético a lixiviação causa perda de resistência mecânica do concreto (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Figura 16: Reação cura da Cal livre



CARBONATAÇÃO DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

Fonte: Neves, 2019

Figura 17: Eflorescência em estrutura de piscina



Fonte: Capela, 2019

Sartorti (2008) explica que a lixiviação também ocasiona no concreto a formação de estalactites e estalagmites sobre a sua superfície como demonstrado pela Figura 18.

Figura 18: Lixiviação com presença de estalactites



Fonte: MACEDO et al. (2007).

Segundo a Norma 090 – Patologias do concreto (DNIT, 2006), o procedimento para tratamento das eflorescências é simples, com uso de jateamento

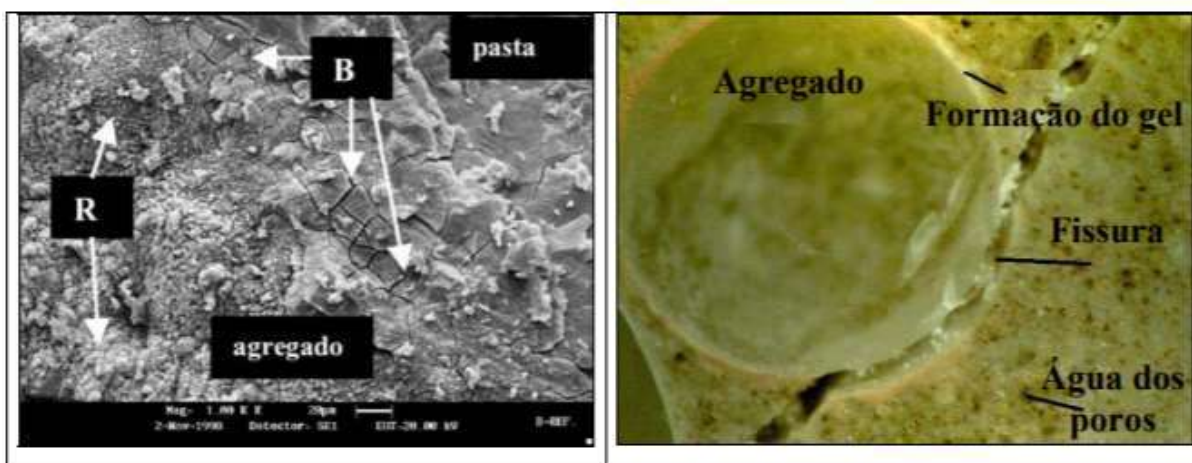
leve de areia ou escovação com escova e água. Entretanto, alguns sais após entrarem em contato com a atmosfera, se tornam insolúveis a água e por isso é necessário a remoção dos mesmos com uso de soluções diluídas de ácidos. Também é possível evitar a ocorrência de novas eflorescências, aplicando pinturas hidrofugantes nos elementos, buscando evitar a absorção da água pelo concreto.

5.7.2.2 Reação Álcali-Agregado

A reação Álcali-Agregado é uma degradação que atinge o concreto por meio do fenômeno de expansão. Diversos efeitos são consequências da expansão da reação Álcali-Agregado e a fissuração só ocorre se uma expansão se desenvolver. A velocidade de surgimento e magnitude das deformações dependem de vários fatores, entre eles está o nível de álcalis no cimento, a temperatura do ambiente, a exposição a umidade e de casuais impedimentos a expansões físicas (VALDUGA, 2002).

Os danos estruturais acontecem quando os álcalis da solução (presente no cimento), situados entre as moléculas da estrutura, e sílica reativa dos agregados reagem, formando um gel hidrofílico (gel álcali-sílica) que aumenta de volume em presença de água. A Figura 19 expõe de maneira micromecânica como o gel se apresenta na presença de água, ele cria uma pressão interna em algumas regiões e produz deformações que podem fissurar o concreto (LOPES, 2004).

Figura 19: Aspecto micromecânico da reação



Fonte: LOPES (2004).

As expansões e fissurações oriundas da reação Álcali-Agregado podem

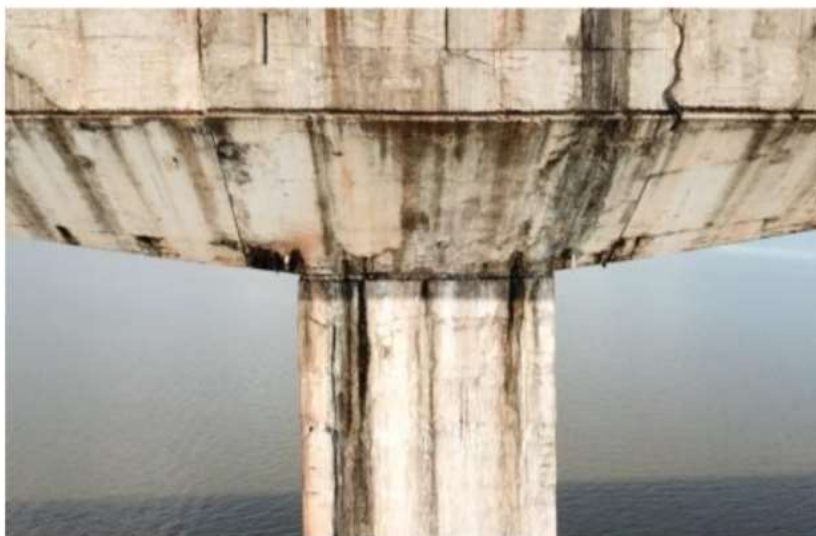
diminuir a resistência e a elasticidade do concreto, afetando a sua durabilidade (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Para Andrade (1997), a reação Álcali-Agregado pode ser classificada em três diferentes tipos, conforme a composição mineralógica do agregado utilizado no concreto, sendo elas: Reação Álcali-Sílica, Reação Álcali-Silicato e Reação Álcali-Carbonato.

A reação álcali-sílica, dá-se quando há separação dos hidróxidos alcalinos, presentes no cimento, com a sílica amorfa presente no agregado, a reação ocorre quando o ataque dos álcalis é realizado em planos mais fracos, poros e superfícies dos agregados, onde a sílica prevalece. Quando os géis de silicato alcalino se dissolvem quando entram em contato com água movimentam-se do interior dos agregados para regiões com microfissuras, e essas atingem a superfície externa do concreto. As fissuras são irregulares, sendo chamadas de fissuras mapeadas (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

A segunda reação é a álcali-silicato, que diverge da primeira na velocidade de ação, ela é mais lenta porque os minerais reativos estão mais introduzidos nas peças de concreto, participam dela os álcalis do cimento e os silicatos presentes em algumas rochas como ardósias, filitos e xistos. A reação forma uma espécie de vidro ou gel. Já a terceira é a reação álcali-carbonato, o produto dela não forma um gel alcalino, mas sim um composto cristalizado que enfraquece a estrutura. Ela ocorre devido à expansão das rochas carbonáticas ou dos calcários dolomíticos argilosos, a partir do ataque dos álcalis do cimento ao calcário (NOGUEIRA, 2010).

Figura 20: Reação Álcali-Agregado em ponte



Fonte: SILVA e SANTOS (2019).

A reação apresenta um aspecto escuro as peças conforme ilustrado na Figura 20, também é visível o surgimento de fissuras na superfície que causam danos tanto estéticos como estruturais, diminuindo a estabilidade da mesma.

5.7.2.3 Fissuração

Segundo a Norma do DNIT 083 (2006), as fraturas lineares de concreto, conhecidas como trincas, podem se desenvolver parcialmente ou completamente ao longo de um elemento estrutural. Apesar das diferenças entre fissuras e trincas não serem conceitos bem definidos sabe-se que as fissuras apresentam menores aberturas em relação a trincas.

A fissuração em pontes (Figura 21) é um fenômeno bastante comum e a sua origem tem relação com a distribuição irregular de tensões no interior das estruturas, mas também pode ser ocasionada a partir da decomposição ou desagregação do concreto. Esse processo pode ocasionar danos incalculáveis, voltados para a desestabilidade estrutural, que por sua vez ocasiona riscos de utilização com possíveis rompimentos na estrutura (LOURENÇO et al, 2009).

Segundo o Manual de inspeção de Obras de Arte Especiais do DNER (2004), as fissuras passam a se constituir em um problema patológico quando as mesmas apresentam aberturas superiores aos valores admissíveis, ou quando não são originárias do funcionamento natural das peças.

Figura 21: Fissuras em ponte da cidade de Sobral - CE

Fonte: DIÓGENES et al. (2014).

A classificação das aberturas, conforme Tabela 5 se dá por meio de sua espessura e atividade. Para Oliveira (2012) pela análise de espessura, elas são classificadas como fissuras, trincas, rachaduras, fendas e brechas. Por outro lado, quando se trata de atividade as aberturas podem ser ativas, podendo mudar de espessura conforme as condições que ocasionam as mesmas sofrem alterações e as passivas não sofrem alterações em sua espessura ou comprimento (ZANZARINE, 2016).

Tabela 5: Classificação das aberturas quanto a espessura

ANOMALIAS	ABERTURAS
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 a 1,5
Rachadura	De 1,5 a 5,0
Fenda	De 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Oliveira, adaptado pela autora (2012).

A fissuração do concreto pode surgir antes ou depois do endurecimento, podendo ser originárias de esforços mecânicos causados por erros, carga não previstas anteriormente em projeto, e por consequência de retrações plásticas,

hidráulicas ou térmicas do concreto (ANDRADE, 1997).

A retração plástica é causada pela perda de umidade no concreto, que se contrai, ou ganho de umidade, onde ele se expande. Essa variação de volume nas estruturas pode ser bastante prejudicial, causando fissuras nas superfícies de concreto (SOUZA e MURTA, 2012).

Fissuras provenientes de retração hidráulica surgem quando acontece a perda de água de emassamento na evaporação. Se o concreto for composto por um grande volume de pasta ou argamassa, maiores são as chances de ocorrer esse tipo de fissuração (ANDRADE, 1997).

Já as fissuras térmicas podem ser ocasionadas devido as reações de hidratação do cimento, que liberam calor. O concreto se expande proporcionalmente a possibilidade que seu coeficiente de dilatação térmica permite, e quando atinge a temperatura máxima o mesmo se contrai, o que diminui as tensões de compressão. Com a redução das tensões de compressão, o concreto gera tensões de tração quando a temperatura continua reduzindo. Esse processo faz com que o material apresente fissurações, devido as tensões de tração (ANDRADE, 1997).

A NBR 6118/2014 apresenta pressupostos básicos para controle das fissuras e proteção das armaduras através de limites que protegem a aceitabilidade sensorial dos usuários, controlando a abertura das fissuras. A Tabela 6 apresenta as exigências de durabilidade relacionadas à fissuração, onde w_k é o valor limite da abertura característica das fissuras, e por intermédio dos cálculos estruturais apresentados em norma, o projetista pode assegurar uma minimização das ações de fissuras (ABNT, 2014).

Tabela 6: Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	--
Concreto armado	CAA I	$ELS-W w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	$ELS-W w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	$ELS-W w_k \leq 0,2$	

		mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós- tração com CAA I e II	ELS-W wk ≤ 0,2 mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós- tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ¹	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ¹	Combinação frequente

¹ A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com a = 25 mm.

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2 (NBR 6118).

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens

Fonte: ABNT NBR 6118: 2014, adaptado pela autora.

5.7.2.4 Bolor

As estruturas das pontes normalmente se encontram em ambientes úmidos, por essa razão é comum encontrar bolores e limos. Os bolores são causados por fungos que se introduzem nas frestas e fissuras já existentes, em razão da umidade e de infiltração de água. Visualmente aparecem manchas esverdeadas e preto-esverdeadas (Figura 22), por consequência da decomposição de matéria orgânica que alimenta os fungos (PINHEIRO; SILVA; FLORENCIO, 2018).

Figura 22: Bolor em parede



Fonte: Guerra, 2021.

Shirakawa, Monteiro e Cincotto (1995) explicam que bolor ou mofo são termos utilizados para apresentar a colonização de diferentes espécies de fungos filamentosos sobre vários substratos. Quanto mais umidade um ambiente apresentar maior a probabilidade do desenvolvimento de fungos, mas apenas a água absorvida pela peça pode ser utilizada na proliferação dos mesmos.

Além de afetar diretamente a estética, os bolores e mofos podem sinalizar um problema a mais na estrutura de concreto. Em alguns casos podem estar relacionados a uma infiltração que por sua vez pode acarretar a danos nos elementos de sustentação (AZEVEDO et al., 2020).

5.7.2.5 Erosão

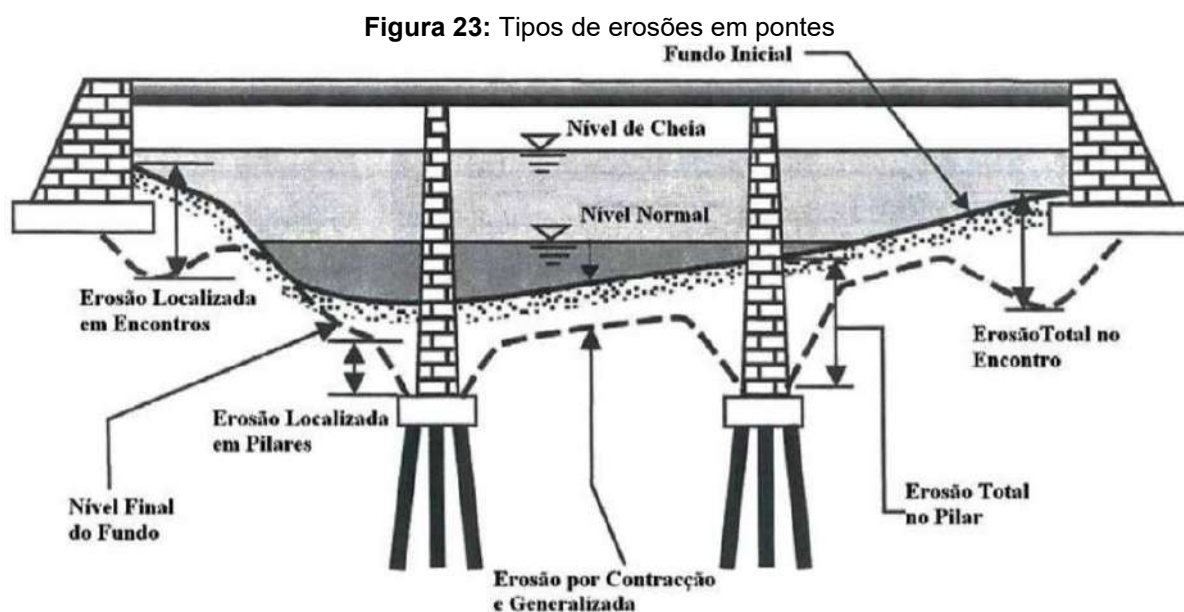
As estruturas das pontes são pensadas para transpor cursos de água, e em alguns casos por questões arquitetônicas ou devido as tecnologias utilizadas em sua construção há a necessidade de adoção de pilares em leitos de rios. Os leitos de rios são compostos por solos de formação aluvionares, terrenos formados por depósitos de matérias orgânicas e inorgânicas deixados pelas águas (SILVA, 2008).

Ainda segundo Silva (2008), a erosão pode acontecer devido a interação das forças de escoamento, dos sedimentos, tanto do fundo dos rios quanto das margens, com os encontros ou pilares das pontes. Esse fenômeno pode causar a ruptura e queda de pilares, encontros e também dos tabuleiros de pontes.

Pilares e encontros são obstáculos que modificam o curso das águas, os quais podem influenciar no aumento da velocidade e turbulência das mesmas,

gerando cavidades de erosão próximo as estruturas, o que pode se transformar em afundamento do solo rente as fundações, desestabilizando toda a estrutura.

Em pontes é possível apontar três tipos de erosões mais comuns: a erosão generalizada no leito do rio a longo prazo (a montante, a jusante ou sob a ponte), a erosão de contração junto à ponte (apenas sob a ponte), e a erosão localizada (em torno dos pilares e encontros) (VITÓRIO, 2015). A Figura 23 ilustra os diferentes tipos de erosão.



Fonte: Cardoso (2008).

5.7.2.6 Patologias em juntas de dilatação

As juntas de dilatação são elementos que auxiliam na separação entre as partes das estruturas, possibilitando a movimentação das mesmas em decorrência das variações dimensionais pela exposição a diferentes temperaturas, evitando a transmissão de esforços de uma para outra. Sem as juntas de dilatação as chances de surgimentos de problemas como fissuras e infiltração da água é substancial (TRINDADE, 2015).

Segundo a Norma do DNIT 092 (2006), as juntas de dilatação são separações físicas entre duas partes de uma estrutura, elas têm função de permitir a movimentação das partes sem que ocorra transmissão de esforços entre as mesmas. Também devem assegurar uma transição suave entre os acessos e as pontes, quando mal projetas podem ter uma duração menor e são perigosas e desconfortáveis

para o tráfego. É importante que a abertura seja suficiente para a dilatação, mas não com tamanho exagerado. Elas têm vida útil menor que as pontes onde se localizam, o que torna extremamente necessário sua inspeção regular para eventuais reparos.

São encontrados dois tipos de juntas: as abertas e as fechadas. As abertas facilitam a passagem de resíduos e água, e as fechadas são formadas por compostos elásticos ou materiais metálicos. As patologias associadas as juntas podem ocorrer antes da utilização da via, por intermédio da má aplicação do material ou de baixa qualidade, e também no seu dimensionamento falho que não permite uma boa trabalhabilidade da mesma (SILVA et al., 2018).

5.7.3 Mecanismos de deterioração mecânicos

Os processos de deterioração mecânicos estão associados a ação de cargas em excesso, vibrações e erosão do concreto. As cargas excessivas, quando não previstas em projeto podem provocar fissuração elevada e permitir que outras patologias se formem (BRANDÃO, 1998).

Vibrações podem ser causadas por detonações ou operações de equipamentos, quando atingem as fundações podem causar grandes deformações nas estruturas. Já as erosões são os desgastes da camada superficial por atrito, arranhamento ou percussão. Todas essas deteriorações podem ser evitadas se as especificações de dimensionamento forem seguidas em projeto (BRANDÃO, 1998).

Para Mascarenhas et al. (2019) as principais patologias que esses agentes podem causar são fissurações, esmagamento, flexocompressão, cisalhamento, torção, tração, e também degradações por choques de veículos e por incêndios.

5.7.3.1 Abrasão

A abrasão é um processo de erosão que causa um desgaste superficial (Figura 24), atribuído a fricção ocasionada por agentes abrasivos como tráfego ou partículas transportadas por vento e água sobre o concreto, fazendo com que ocorra a perda da argamassa na superfície das peças (DNIT, 2006).

Figura 24: Abrasão por desgaste superficial



Fonte: Patologias do concreto armado, 2019.

Ainda segundo o a Norma do DNIT 090 (2006), os desgastes podem ser dos tipos leves, médios, pesados e severos. Eles acontecem porque o concreto possui baixa resistência a atrito, e para evitar é importante obter uma boa resistência à abrasão nas superfícies utilizando de um concreto com resistência a compressão maior que 28 Mpa. Também é recomendado uma baixa relação de água/cimento, granulometria, lançamento e adensamento adequados.

5.8 Inspeção em Pontes

A inspeção trata-se de uma atividade técnica especializada que engloba coleta de elementos, projetos e de construção, exame minucioso de estrutura, elaboração de relatórios e avaliação do estado das obras. Também inclui recomendações de novas vistorias, obras de manutenção, obras de recuperação, reforço ou reabilitação (DNIT, 2004).

As atividades de inspeção e manutenção tem grande importância nas obras da construção civil como um todo, visto que asseguram um bom funcionamento das estruturas e garantem a segurança dos usuários. Para pontes e viadutos, os recursos e conceitos de inspeção e diagnósticos se assemelham aos de edificações comuns, entretanto, faz-se necessário analisar as particularidades em torno dos requisitos esperados para essas obras, os diferentes tipos de solicitações estruturais e ambientais e as diferenças decorrentes do método construtivo específico que deve ser adotado (FERREIRA, 2018).

A NBR 9452/2019 expõe que inspeção de estruturas de concreto é um agrupamento de procedimentos técnicos e especializados voltados a coleta de dados importantes para formular um diagnóstico e prognóstico de uma estrutura, buscando preservar ou reestabelecer os requisitos de segurança, a funcionalidade e durabilidade (ABNT, 2019).

Segundo o DNIT (2004), as vistorias devem ser realizadas por profissionais especializados, para que se tenha um olhar crítico, bom embasamento técnico, sendo de responsabilidade, além de um conhecimento mínimo da estrutura a ser vistoriada. Caso seja necessário reparos ou manutenções urgentes, esses requisitos serão de grande utilidade, diminuindo o tempo para correção de falhas.

Quando verificado que uma estrutura de concreto apresenta problemas patológicos é necessário que se realize uma vistoria detalhada e cuidadosamente planejada, para determinar as condições reais da estrutura, avaliando as anomalias, causas, e quais providencias devem ser tomadas para recuperação e reparo (SOUZA e RIPPER, 1998).

Para Silva (2011), de forma genérica a metodologia empregada para inspeção de estruturas convencionais se divide em: levantamento de dados, análise e diagnóstico. A etapa de levantamento de dados auxilia na realização correta de todas as outras fases, ela é composta pela classificação do meio ambiente, levantamento visual e medições da estrutura, estimativa de possíveis consequência dos danos (se necessário possíveis medidas podem ser tomadas nessa verificação), levantamento dos sintomas, identificação dos erros na execução da estrutura e instrumentação da estrutura por meio de ensaios laboratoriais.

A segunda etapa consiste no entendimento de como surgiram e como se desenvolveram os sintomas patológicos. E a terceira etapa, é a conclusão das etapas de levantamento e análise, buscando meios de correção das patologias encontradas (SILVA, 2011).

Para a NBR 9452/2019, as inspeções podem ser de quatro tipos, sendo elas: Inspeção Cadastral, Inspeção Rotineira (todos os anos), Inspeção Especial (a cada 5 anos) e Inspeção Extraordinária (quando ocorre acidentes). Os parâmetros analisados são os: Estruturais, Funcionais e Durabilidade das estruturas (ABNT, 2019).

5.8.1 Inspeção Cadastral

A Inspeção Cadastral é a primeira a ser realizada sobre a estrutura, deve ser feita logo após a construção finalizada, buscando verificar se todos os projetos e relatórios foram seguidos e verificados. Sempre que as estruturas sofrem modificações importantes essa inspeção deve ser realizada.

Os dados cadastrais podem ser agrupados nas seguintes classes: dados básicos, dados para programação de inspeção, dados sobre as características da obra, dados sobre rotas alternativas, aspectos especiais e elementos constituintes da OAE (DNIT, 2004).

O laudo para essa inspeção é composto por: registro fotográfico, desenhos esquemáticos da planta do tabuleiro, e das seções transversais e longitudinais, com medidas, classificação da OAE e qualquer outra informação importante. Os registros fotográficos devem permitir boa visibilidade da superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura, composto por vista geral, superior, lateral e inferior do tabuleiro, e também imagens das anomalias existentes que comprometem a segurança, seguindo o relatório de entrega da NBR 9452/2019 (ABNT, 2019).

5.8.2 Inspeção Rotineira

As Inspeções Rotineiras são inspeções programadas, com determinados intervalos, normalmente de um a dois anos, e tem como função a coleta de observações ou a identificação de anomalias que se desenvolveram, além de qualquer alteração em relação a Inspeção Cadastral. São inspeções visuais com uso de equipamentos especiais apenas quando não se tem acesso viável as estruturas (DNIT, 2004).

Segundo a NBR 9452/2019, a inspeção rotineira deve possuir dados de cadastro, fornecidos na inspeção cadastral, contendo informações básicas, tal qual rodovia e trecho inspecionado, classificação da Obra de Arte Especial, comentários sobre alterações do estado geral da obra comparada a inspeção anterior, ficha de inspeção rotineira com registro das anomalias, registro fotográfico e outras informações que forem julgadas importantes para a inspeção (ABNT, 2019).

5.8.3 Inspeção Extraordinária

A Inspeção Extraordinária é uma inspeção não programada, ela pode ocorrer quando danos estruturais surgirem repentinamente, podendo esses serem provocados pelos homens ou pelo meio ambiente. Os inspetores devem avaliar a gravidade dos danos, podendo diminuir a carga de tráfego sobre a estrutura, interromper ou restabelecer o mesmo. Também, é necessário avaliar quais técnicas devem ser utilizadas para a recuperação da obra (DNIT, 2004).

Já para a NBR 9452/2019, esse tipo de inspeção ocorre quando uma das demandas a seguir surgem:

1. Necessidade de avaliação mais criteriosa de elemento isolado ou parte de uma obra, proveniente ou não de inspeção antecedente;
2. Quando ocorre impacto de veículo, trem ou embarcação na obra;
3. No caso de interferência de eventos naturais, como inundação, vendaval, abalos sísmico, entre outros.

Deve ser apresentado um relatório específico da inspeção, com descrição da obra e com identificação das anomalias, por meio de mapeamentos, documentação fotográfica e terapia recomendada. Conforme a gravidade do caso pode ser necessário uso de equipamentos especiais.

5.8.4 Inspeção Especial

A Inspeção Especial deve acontecer em intervalos de no máximo 5 anos em todas as pontes consideradas excepcionais. Elas podem se enquadrar nesse aspecto quando evidenciarem grande porte, um sistema estrutural que requer maiores cuidados ou comportamento diferenciado. Quando as inspeções cadastrais ou rotineiras apresentarem danos graves ou críticos, também se faz necessário uso de inspeções especiais de tempos em tempos para acompanhamento (DNIT, 2004).

O período de 5 anos pode ser ampliado em até 8, desde que a obra se enquadra nos casos a seguir:

1. Obras com classificação de intervenção de longo prazo (notas de classificação 4 e 5);
2. Obras com total acesso a seus elementos de constituição na inspeção rotineira.

Esse tipo de inspeção deve ser bastante detalhada para a formação de um laudo de diagnóstico e prognóstico completo. E quando necessário, deverá fazer uso de equipamentos especiais, para melhor verificação de componentes estruturais. Ela pode ser antecipada quando: inspeções anteriores indicarem uma classificação de intervenção de curto prazo (notas de classificação 1 e 2) nos parâmetros de desempenho estrutural e de durabilidade, e em caso de grandes adequações, como alargamentos, prolongamentos, reforços e elevação da classe, o que visa aumentar a quantidade de carga suportada pela ponte e viaduto conforme a NBR 9452/2019 (ABNT, 2019).

5.9 Ensaios complementares

Vitório (2002), aponta que em alguns casos, após inspeção visual, é importante execução de ensaios que buscam coletar mais informações sobre ruptura e resistência das estruturas, o que favorece uma melhor caracterização dos elementos.

O Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários define que ensaio é a atividade realizada para apontar as características físicas do material, através de processos padrões e equipamentos adequados (DNIT, 2010).

Os ensaios podem ser classificados conforme duas técnicas: ensaios destrutivos e ensaios não destrutivos. Ensaios destrutivos quando realizados danificam a peça, diferente dos não destrutivos que visam não ocasionar danos aos elementos (DNIT, 2004).

Entre os ensaios destrutivos estão:

- Medição da umidade interna – a umidade dentro das estruturas de concreto revela o processo de corrosão, e a medição é realizada com a retirada de testemunhos que deverão ser colocados em estufa (DNIT, 2004);
- Resistência do concreto – realização de ensaios em laboratório após retirada de testemunhos, entre eles estão os ensaios de quantidade de vazios, resistência a tração, resistência a compressão, quantidade de cimento, módulo de elasticidade e resistência ao cisalhamento (DNIT, 2004);
- Carbonatação – colocação de fenolftaleína na superfície do concreto, se apresentar a cor magenta indica que não está carbonatado (DNIT, 2004);
- Resistência das armaduras – é necessário retirada de amostras das

armaduras para ensaios, o que não é sempre possível pois essa extração enfraquece as peças (DNIT, 2004).

Entre os ensaios não-destrutivos estão:

- Ultrassom – por meio de emissão de ondas sonoras, com auxílio de equipamento específico, é possível identificar as discontinuidades dos elementos de concreto (VOTORANTIM, 2016);
- Método elétrico – medição da condutividade elétrica do concreto com utilização de eletrodo de sulfato de cobre, quando o concreto apresentar baixa resistência elétrica é possível indicar que há existência de cloretos, que corroem as armaduras (DNIT, 2004);
- Fissurometria – ensaio realizado por intermédio de um equipamento chamado fissurômetro, tem como objetivo medir as aberturas na peça de concreto (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019);
- Esclerometria – medição in loco da dureza na superfície do elemento de concreto com auxílio de equipamento esclerômetro de reflexão, ele fornece o índice esclerométrico e possibilita a avaliação da resistência a compressão na superfície do concreto, de acordo com a NBR 7584/2012 – Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio.
- Termografia infravermelha – por meio de equipamentos infravermelhos é possível analisar a temperatura na superfície das estruturas, facilitando o encontro de anomalias não aparentes (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

6 METODOLOGIA

6.1 Desenho do Estudo

Uma pesquisa científica, assim como o presente estudo, tem como finalidade executar um conjunto de procedimentos objetivos, aplicados por um pesquisador, no intuito de desenvolver um experimento com propósito de agregar novos conhecimentos e ampliar os já existentes. São etapas com normas pré-estabelecidas, de forma ordenada, por meio de lógica e racionalidade.

Entre as etapas está a escolha do tema a ser estudado, planejamento de investigação, desenvolvimento do método escolhido, coleta e organização de dados, análise de resultados, elaboração de conclusão e divulgação de resultados. Com isso, é possível afirmar que a pesquisa procurou explicar quais as razões das manifestações patológicas identificadas sem uso de apresentação de valores (FONTELLES et al., 2009).

O procedimento metodológico adotado está voltado para uma pesquisa bibliográfica, onde o estudo é desenvolvido com base em publicações, materiais de acesso fácil para o público que fornecem uma base analítica para o desenvolvimento da mesma, sendo uma união de informações em forma de pesquisa de campo (MORESI, 2003).

6.2 Área de Estudo

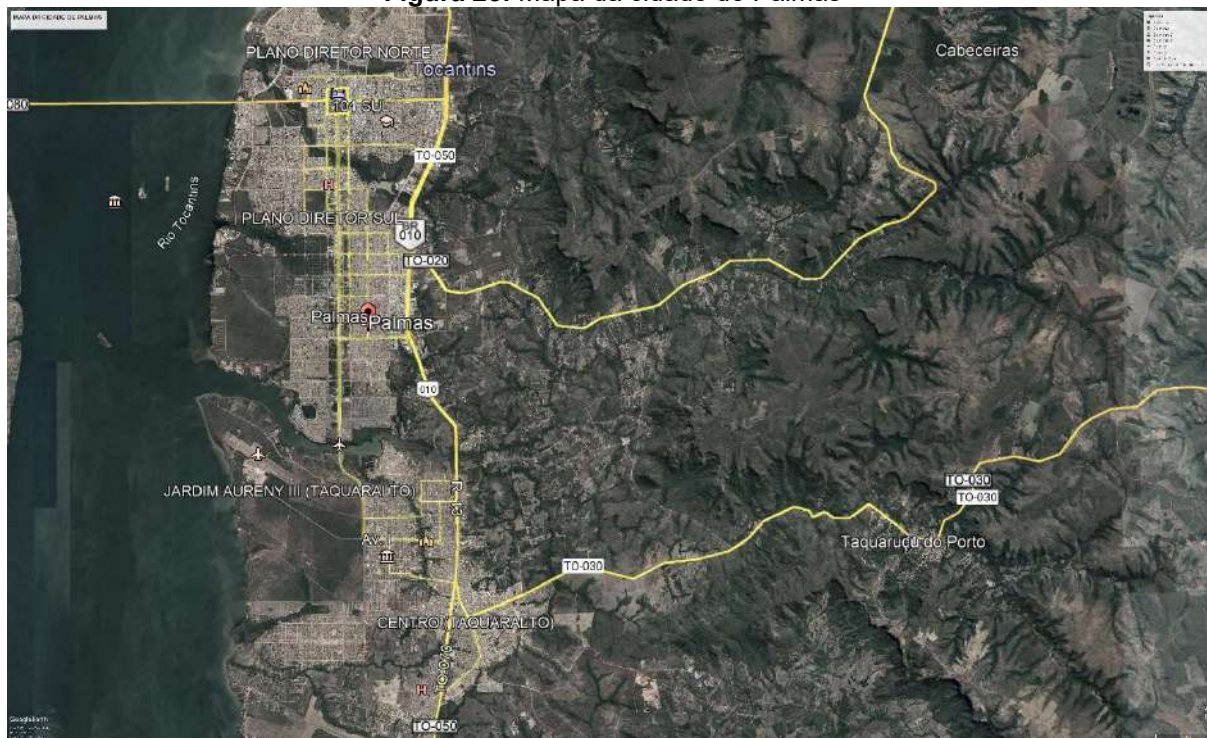
A área de estudo se delimita ao município de Palmas, capital do Tocantins, situada no centro do estado. A cidade se localiza na região Norte do país, com uma área de 2.219 km², população de aproximadamente 257.904 habitantes e foi fundada em 20 de maio de 1989 (PREFEITURA DE PALMAS, 2021).

A cidade de Palmas, capital mais nova do país, foi a última cidade completamente planejada em território nacional. Além disso é considerada o município do norte com melhor qualidade de vida. Durante a década de 90, teve um grande crescimento populacional e a urbanização acompanhou esse processo. Atualmente tem um crescimento econômico na faixa de 8,7%.

Palmas tem 45 bairros e distritos, entre eles estão os planos diretores que foram planejados para conter as sedes dos órgãos dos Governos Estadual e Federal,

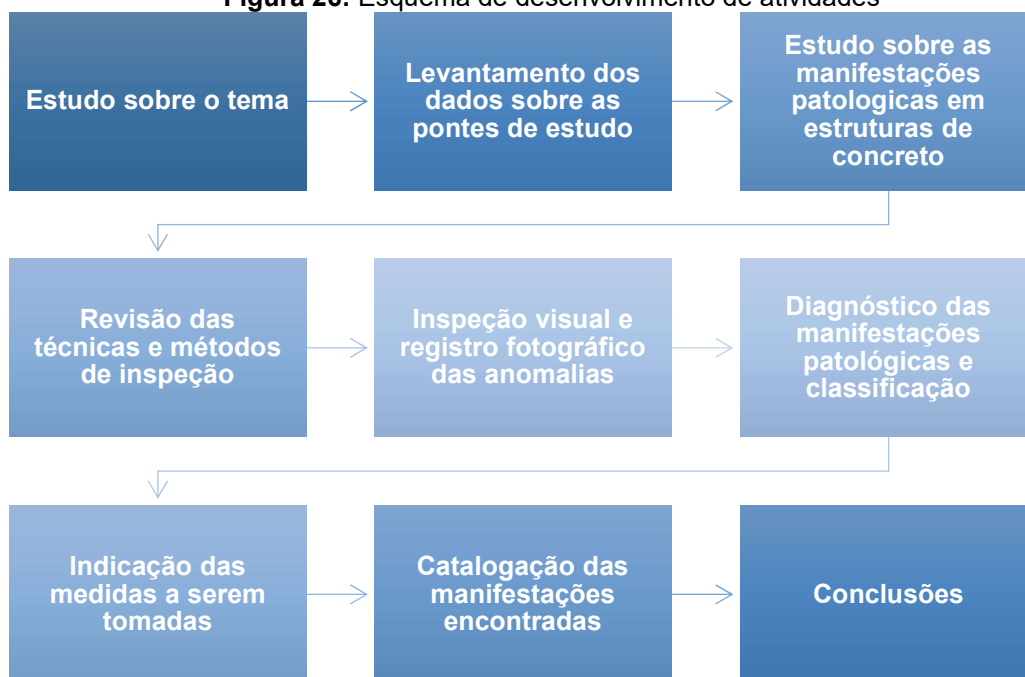
além disso abrigar residências, comércios e serviços. São 3 planos diretores: Plano Diretor Norte, Plano Diretor Sul e Plano Diretor Expansão Sul, cada um deles se subdivide em bairros diversos (ENCONTRA PALMAS, 2021). A Figura 25 a seguir, ilustra a divisão da cidade de Palmas.

Figura 25: Mapa da cidade de Palmas



Fonte: Google Earth, adaptado (2021).

Dentro da capital existem diversos córregos que receberam pontes e viadutos para viabilidade de tráfego urbano. Por essa razão, o presente estudo tem como destaque pontes de vãos pequenos e médios e segue a organização conforme o esquema exposto na Figura 26.

Figura 26: Esquema de desenvolvimento de atividades

Fonte: Autora.

6.3 Objetos de Estudo

A primeira atividade desenvolvida para elaboração da pesquisa é a identificação das pontes de estudo, a mesma foi desenvolvida seguindo a verificação da localização das pontes e viadutos presentes na cidade de Palmas - TO por meio de visitas e análises dos mapas pertinentes. Priorizando aquelas de fácil acesso para inspeção, tanto para superestrutura quanto para mesoestrutura, isso para evitar uso de equipamentos mais complexos.

O trabalho terá como foco as pontes apresentadas a seguir, situadas em Palmas e duas delas apresentam dois sentidos de tráfego, sendo delas:

- Ponte sobre Córrego Brejo Comprido Avenida Teotônio Segurado – sentido Norte/Sul e sentido Sul/Norte;
- Ponte sobre Córrego Brejo Comprido Avenida NS 2 – sentido Norte/Sul e sentido Sul/Norte;
- Ponte sobre Córrego Brejo Comprido Avenida LO 5.

A tabela 7 a seguir, ilustra os endereços das pontes de estudo, pontos de referência e suas coordenadas conforme o sentido das mesmas, já a Figura 27, 28 e 29 trazem as localizações em mapa.

Tabela 7: Localização e endereço das pontes do estudo

Nº	PONTE	ENDEREÇO	PONTO DE REFERÊNCIA	COORDENADAS	
				LATITUDE	LONGITUDE
1.1	Ponte sobre Córrego Brejo Comprido – NORTE/SUL	Q. 401 Sul, Avenida Joaquim Teotônio Segurado, 1027 – 685 – Plano Diretor Sul, Palmas, TO.	Próximo ao Espaço Cultural	10°12'09.8"S	48°20'01.7"W
1.2	Ponte sobre Córrego Brejo Comprido – SUL/NORTE	Q. 401 Sul, Avenida Joaquim Teotônio Segurado, 1027 – 685 – Plano Diretor Sul, Palmas, TO.	Próximo ao Espaço Cultural	10°12'09.8"S	48°19'59.7"W
2.1	Ponte sobre Córrego Brejo Comprido – NS 2 - SUL/NORTE	Av. NS 2 - Plano Diretor Sul, Palmas - TO	Próximo a Feira da 304 Sul	10°12'10.6" S	48°19'48.2" W
2.2	Ponte sobre Córrego Brejo Comprido – NS 2 - NORTE/SUL	Av. NS 2 - Plano Diretor Sul, Palmas - TO	Próximo a Feira da 304 Sul	10°12'10.5" S	48°19'48.6" W
3	Ponte sobre Córrego Brejo Comprido – LO 5	Av. LO 5, 78-264 - Plano Diretor Sul, Palmas - TO	Próximo a Polícia Militar, Avenida do HGP	10°11'52.4" S	48°20'30.7" W

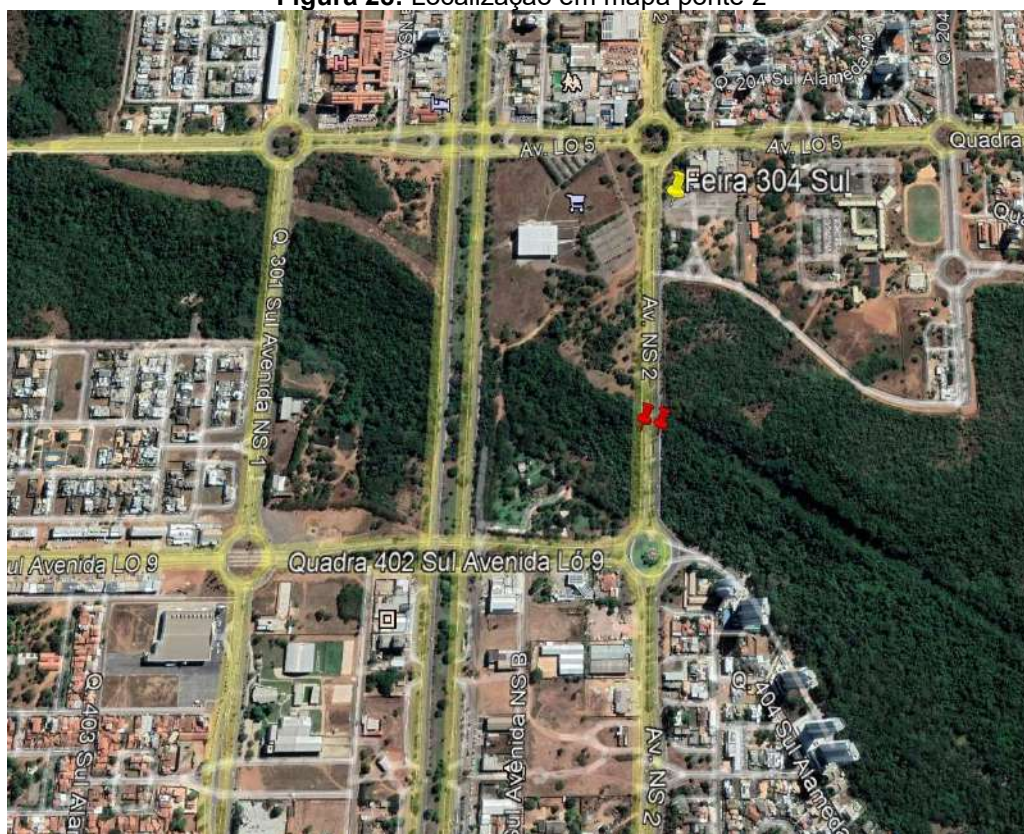
Fonte: Autora.

Figura 27: Localização em mapa ponte 1



Fonte: Google Earth, adaptado pela autora (2021).

Figura 28: Localização em mapa ponte 2



Fonte: Google Earth, adaptado pela autora (2021).

Figura 29: Localização em mapa ponte 3



Fonte: Google Earth, adaptado pela autora (2021).

6.4 Inspeções

Os elementos de pesquisa foram escolhidos para delimitar as inspeções visuais que serão realizadas, compondo assim um roteiro de visitas que deve ser composto com um passo a passo do que deve ser desenvolvido.

Em uma inspeção rotineira é necessário conter, segundo a NBR 9452/2019 (ABNT, 2019):

1. Apresentação das informações básicas da Obra de Arte;
2. Registro fotográfico;
3. Classificação das condições que as obras se encontram;
4. Comparação de alterações em relação a antigas inspeções;
5. Informações pertinentes para futuras inspeções.

É importante que da inspeção seja retirado todos os dados para interpretação do comportamento da obra, juntamente com relatório fotográfico, por

isso ocorre a necessidade de um roteiro de inspeção (SILVA, 2016).

Vitório (2006), apresenta quais elementos devem ser analisados em uma vistoria, partindo do princípio das possibilidades de realizar observações em uma vistoria visual (Tabela 8).

Tabela 8: Roteiro de análise em vistoria

ELEMENTOS	DADOS ANÁLISE
Infra-estrutura	1. Tipo de fundação adotada;
	2. No caso de fundações em estacas, verificar o estado de conservação dos blocos, vigas de amarração e das próprias estacas, descrevendo se estão expostas, partidas ou com corrosão, no caso de perfis metálicos;
	3. Características do terreno de fundação, ocorrência de erosão, empuxos de terra ou de água, condições dos taludes das cabeceiras, tipo e condições da proteção adotada;
	4. Avaliação do processo construtivo adotado, indicando a qualidade de execução.
Mesoestrutura	1. Tipo estrutural, geometrias e materiais adotados;
	2. Condições atuais (prumo, alinhamento, fissuras, trincas, infiltração d'água, umidade, falhas de concretagem, cobrimento e exposição das armaduras);
	3. Sistema de drenagem (funcionamento dos drenos e barbacãs, água acumulada no encontro);
	4. Contenção das terras (atuação dos empuxos de terras sobre as diversas paredes, fugas de aterro, solapamento / descalçamento das fundações, ação de enchentes sobre aterros);
	5. No caso das pontes com extremidades em balanço, observar as condições das cortinas, alas laterais e placas de transição. Verificar a ocorrência de deslizamento de terras dos aterros de acesso sob as cortinas;
	6. No caso de encontros de grande altura, implantados em encosta ou meia encosta, verificar a possibilidade de ruptura do maciço, bem como de deslizamento ou tombamento.
Superestrutura	1. Sistema estrutural;
	2. Material empregado (concreto armado, concreto protendido, estrutura mista, metálica, de madeira);
	3. Número de vãos, especificando dimensões de cada um, comprimento total da obra, largura da pista de rolamento, dos passeios e demais peças da plataforma;
	4. Definição das dimensões das peças examinadas como comprimento, altura, largura, se seção cheia ou vazada, etc;
	5. Exame detalhado das vigas principais, transversinas, cortinas, lajes centrais, lajes em balanço, lajes inferiores (tabuleiros celulares) e dentes, visando definir as condições atuais do concreto, das armaduras e do cobrimento;
	6. Verificação da ocorrência de alguma anomalia (fissuras ou trincas, infiltração, corrosão da armadura, deterioração do concreto etc.), sempre possível, as suas causas;
Acabamentos	1. Análise do estado dos guarda-corpos, registrando a necessidade de substituição ou reparos;
	2. Verificação da ocorrência de danos na pavimentação asfáltica ou de concreto sobre a ponte;
	3. Análise da vedação, fixação e desgaste das juntas de dilatação do tabuleiro;

	4. Análise do sistema de drenagem (insuficiência e/ou obstrução de drenos, declividade insuficiente, empoçamento e infiltração de água no tabuleiro);
	5. Verificação de desgaste nos guarda-rodas e nos passeios de pedestres;
	6. Observação de falhas e/ou ausência do sistema de sinalização.
Acessos	1. Ocorrência de desníveis entre a ponte e o aterro de acesso (indicativo de ausência de placa de transição);
	2. Abatimentos e trincas no pavimento sobre os aterros;
	3. Situação dos taludes dos aterros (ocorrência de erosão, tipo de proteção, canaletas de drenagem, etc.);
	4. Ocorrência de erosão no maciço, comprometendo a faixa de rolamento;
	5. Existência ou não de acostamento;
	6. Existência ou não de sinalização;
	7. Condições do sistema de sinalização dos acessos.

Fonte: Vitório, adaptado (2006).

A NBR 9452/2019 (ABNT, 2019) apresenta meios de se classificar as Obras de Arte. A classificação tem como objetivo dar parâmetros das condições que as obras apresentam nas inspeções. Os critérios presentes na norma seguem os parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade, pontuando de 1 a 5 as obras como apontado pela Tabela 9.

Tabela 9: Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutura, 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 obra de arte apresenta segurança e conforto aos usuários.	A obra de arte está em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção de rotina.
4	Boa	A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas isoladas, sem comprometer a segurança estrutural.	A obra de arte apresenta pequenos danos que não chegam a causar perda redução significativa de	A obra de arte apresenta pequenas e poucas anomalias que comprometam sua vida útil. Estrutura em região

			desempenho, desconforto ou insegurança ao usuário.	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 obra de arte apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo.	A obra de arte apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometam sua vida útil, em regiões de moderada a alta agressividade ambiental ou apresenta moderadas a muitas anomalias, mas a estrutura está em região de baixa agressividade ambiental.
2	Ruim	Há danos que comprometem a segurança da estrutura, porém SEM risco iminente. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A obra de arte necessita de intervenções significativa a curto prazo.	A obra de arte com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	A obra de arte apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometam sua vida útil, em regiões de alta agressividade ambiental.
1	Crítica	Há danos que geram grave insuficiência estrutural. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural. A obra de arte	A obra de arte não apresenta condições funcionais de utilização.	A obra de arte encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional.

		necessita de intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição parcial ou total ao tráfego e escoramento provisório, associada a monitoramento por instrumentalização, ou não.		
--	--	--	--	--

Fonte: ABNT NBR 9452: 2019, adaptado pela autora.

No fim da vistoria, é necessário preenchimento de ficha de inspeção, contendo todos os dados e valores encontrados, conforme exemplo da Tabela 10, seguindo modelo disponível na NBR 9452/2019 (ABNT, 2019).

Para obtenção de dados de inspeções rotineiras e manutenções anteriormente realizadas a autora entrará em contato com os órgãos responsáveis da cidade de Palmas – TO, visto que as pontes se localizam em vias municipais, facilitando uma comparação na atual vistoria com as anteriores. Assim, o método de inspeção seguirá a seguinte ordem:

1ª Etapa: Levantamento dos dados

a) Investigação documental

Coleta e organização de todas as informações pertinentes as obras que permitam a caracterização das mesmas.

b) Investigação de campo

Realização de vistorias para inspeções visuais e levantamento fotográfico de todas as patologias evidenciadas na mesma, também é importante que seja feito o mapeamento das localizações das anomalias encontradas.

c) Diagnóstico

Com auxílio da pesquisa já realizada será formulado as possíveis origens e o que acarretou no desenvolvimento das patologias.

2ª Etapa: Classificação das manifestações patológicas

Essa etapa consiste em classificar, conforme os critérios citados anteriormente, o grau do estado das anomalias para determinação de intervenções. É importante que seja elaborado recomendações técnicas sobre o que pode ser feito nas obras.

3ª Etapa: Entrega dos registros

Os resultados serão entregues por meio de registros fotográficos, ficha de inspeção e gráficos que apontam as anomalias e os graus ricos das mesmas.

Tabela 10: Exemplo de ficha de inspeção

Inspeção rotineira (ano):	OAE Código:
Jurisdição (Órgão, Concessão ou outros):	Data da inspeção:
Informações gerais	
Localização:	
Data da inauguração:	
Tipo de OAE: Ponte ☐ Viaduto ☐ Passarela ☐ Outro: _____	
Tipo de estrutura:	
Elementos: (exemplos)	
Tabuleiro	
Vigas	
Pilares	
Encontros	
Descrição das intervenções executadas ou em andamento	
Reparos:	
Alargamentos:	
Reforços:	
Classificação da OAE (NBR - 9452)	
Elementos	Classificação
Tabuleiro parte	
Vigas	
Pilares	
Encontros	
Classificação geral:	
Recomendações	
Inspeção especial:	
Reparos e Manutenções:	

Fonte: Silva, adaptado (2016)

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após realização das inspeções de campo foram coletados dados que possibilitaram os resultados que serão apresentados a seguir, por meio de um mapeamento das manifestações patológicas. As anomalias e falhas foram observadas e listadas em cada um dos objetos de estudo.

As manifestações patológicas serão descritas e ilustradas por meio de registros fotográficos realizados nas pontes de origem. Foi possível identificar exposição de armaduras nos pilares, manchas e eflorescências, formação de estalactites, rachaduras, presença de vegetação em excesso, dispositivos de segurança e calçadas danificados, abrasão por desgaste superficial. Todas essas manifestações citadas serão apontadas e ilustradas por meio dos registros fotográficos.

7.1 Pontes da Avenida Teotônio Segurado

As pontes da Avenida Teotônio Segurado estão localizadas próximo ao Espaço Cultural e a Quadra 401 Sul. As duas são pontes classificadas como rodoviárias e tem como material de constituição o concreto armado. Recebem diariamente um grande fluxo de tráfego por se localizarem em uma das avenidas mais importantes da cidade.

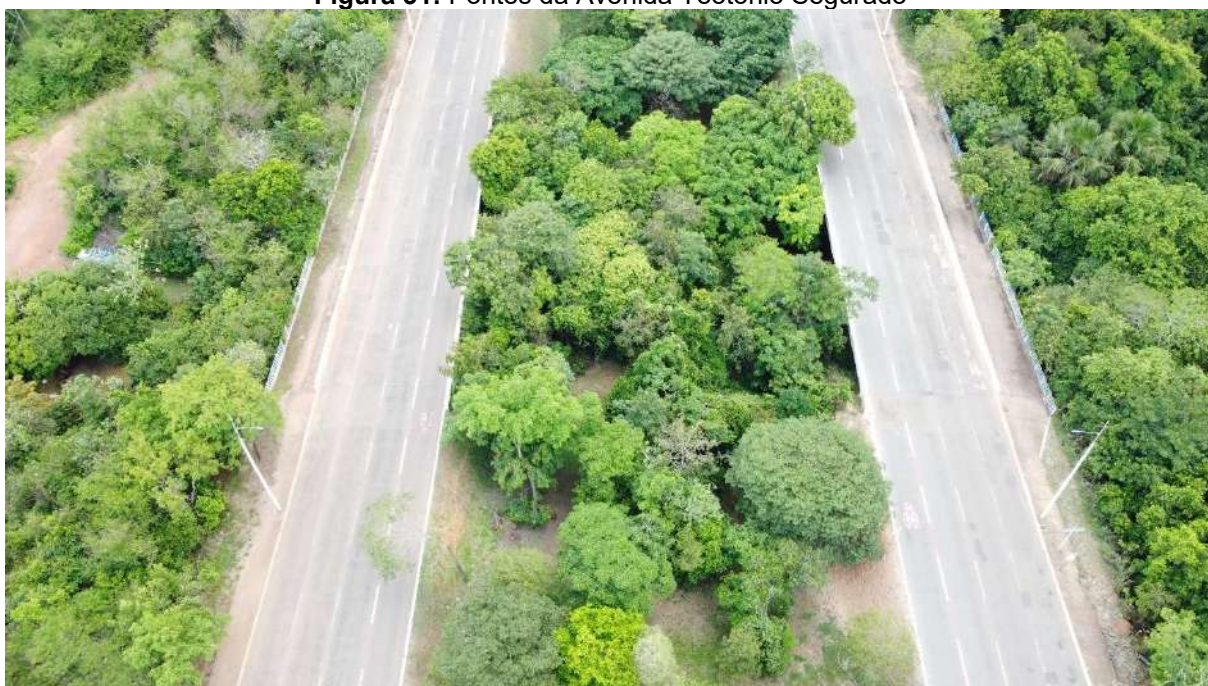
Para fundamentação do estudo foi realizada vistoria em torno da estrutura e levantamento de todas as manifestações visíveis.

Figura 30: Pontes da Avenida Teotônio Segurado



Fonte: Autora (2021).

Figura 31: Pontes da Avenida Teotônio Segurado



Fonte: Autora (2021).

7.1.1 Investigação de campo

A primeira parte do trabalho é constituída por vistoria e anamnese da estrutura, isso para a elaboração de uma avaliação com auxílio de inspeções visuais, levantamento fotográfico, informações dos órgãos competentes e de trabalhos realizados anteriormente.

Os registros fotográficos ilustram como se encontram a superestrutura, a mesoestrutura e a infraestrutura, e com isso será possível encontrar os possíveis mecanismos que causam as manifestações. Também, foi realizado o ensaio com uso de esclerômetro em três pontos distintos (dois pilares e uma viga), para avaliação da resistência a compressão na superfície do concreto.

Com a realização da inspeção visual foi possível identificar as seguintes demonstrações patológicas: exposição da armadura e corrosão das mesmas, deslocamento da camada protetora de concreto, formação de limo, desgaste nas regiões de apoios, formação de eflorescências, rachaduras nos elementos, desgastes superficiais na pista de rolamento e acumulo de água pluviais no passeio.

Sousa (2018) apresentou em sua vistoria as mesmas manifestações encontradas, provando que ainda não houve a realização de manutenções nas pontes em questão pelos órgãos competentes.

7.1.1.1 Superestrutura

A superestrutura é composta pelas lajes principais e pelas vigas, tem como função vencer o vão livre. Nos dois sentidos da ponte foi identificado formação de limos nos dispositivos de segurança e no passeio (Figuras 32 e 34), na pista de rolamento há diversos pontos de desgaste superficial (Figuras 33 e 36), no sentido Sul/Norte o calçamento está danificado e com grande quantidade de vegetação (Figura 35).

- Sentido Norte/Sul:

Figura 32: Passeio e dispositivo de segurança com formação de limo



Fonte: Autora (2021).

Figura 33: Desgaste na pista



Fonte: Autora (2021).

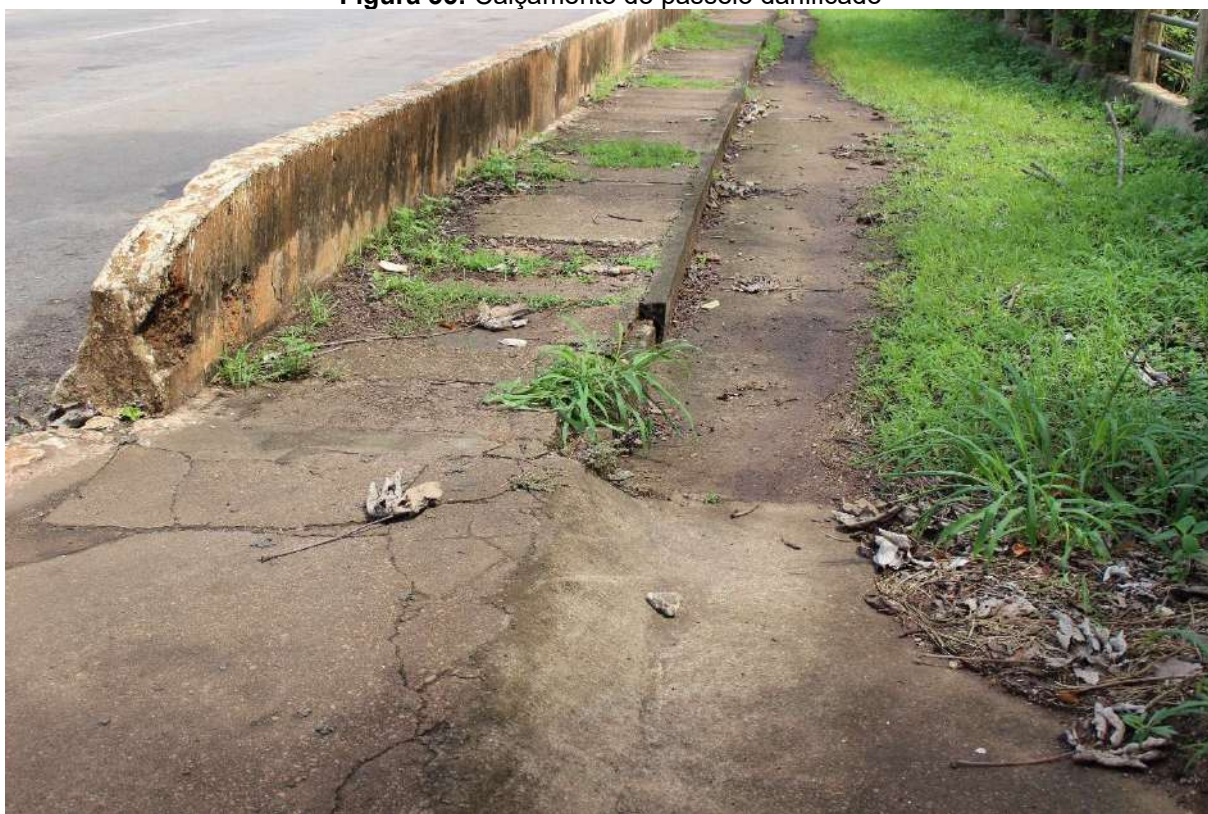
- Sentido Sul/Norte:

Figura 34: Formação de limos nos dispositivos de segurança e vegetação no passeio



Fonte: Autora (2021).

Figura 35: Calçamento do passeio danificado



Fonte: Autora (2021).

Figura 36: Desgaste na pista de rolamento



Fonte: Autora (2021).

Na parte inferior dos tabuleiros foi identificado diversos pontos de eflorescências nas vigas (Figuras 37 e 41), na laje há manchas causadas por infiltrações próximas aos sistemas de drenagem (Figura 43), eflorescências em pontos isolados e exposição da armadura (Figuras 38, 40, 42 e 44), formação de limos e eflorescências na parte inferior do passeio (Figuras 39 e 45).

- Sentido Norte/Sul:

Figura 37: Eflorescências nas vigas



Fonte: Autora (2021).

Figura 38: Manchas, eflorescências no tabuleiro e exposição da armadura



Fonte: Autora (2021).

Figura 39: Formação de limo e eflorescências na parte inferior do passeio



Fonte: Autora (2021).

Figura 40: Manchas, eflorescências e infiltração no tabuleiro



Fonte: Autora (2021).

- Sentido Sul/Norte:

Figura 41: Eflorescências nas vigas



Fonte: Autora (2021).

Figura 42: Eflorescência no tabuleiro



Fonte: Autora (2021).

Figura 43: Manchas e eflorescência próximos a drenagem



Fonte: Autora (2021).

Figura 44: Eflorescência no tabuleiro



Fonte: Autora (2021).

Figura 45: Formação de limo e eflorescências na parte inferior do passeio



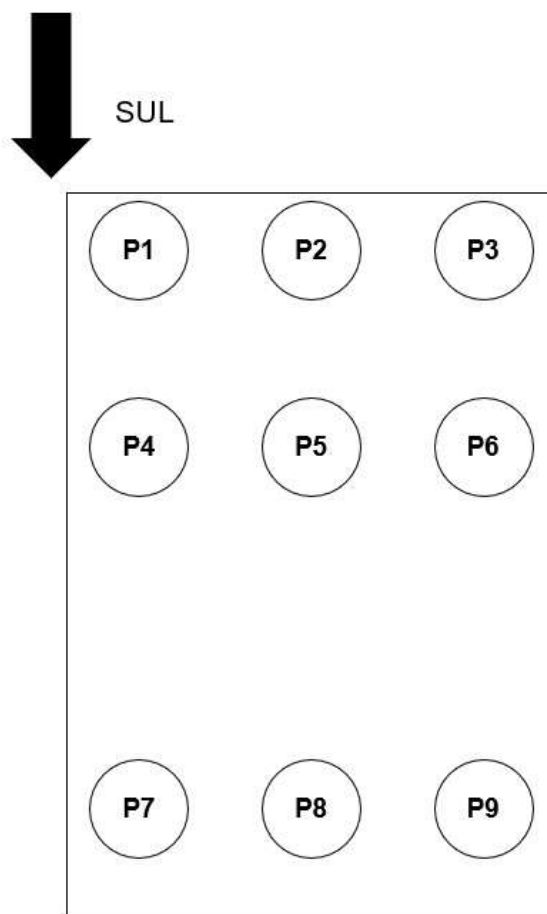
Fonte: Autora (2021).

7.1.1.2 Mesoestrutura

A mesoestrutura é composta pelos pilares, travessas, encontros, e também paredes de contenção. Nas pontes em questão esses elementos foram os que mais apresentaram manifestações patologias graves, sendo elas manifestações sérias nos pilares e fuga na região dos aterros.

Para um melhor entendimento da localização dessas manifestações a Figura 46 apresenta como são localizados os pilares das estruturas, nos dois sentidos existem 9 (nove) pilares que recebem os esforços da superestrutura, por essa razão seu bom estado é de suma importância.

Figura 46: Localização dos pilares em ambos sentidos



Fonte: Autora (2021).

As manifestações encontradas nesses elementos são voltadas para a exposição das armaduras nos pilares o que ocasionou corrosão das armaduras (Figuras – 47, 48, 49, 50, 54, 55, 56, 58, 60, 61, 64 e 65), danos nos apoios da estrutura com os pilares (Figuras – 51, 52, 53, 57, 59, 62, 63 e 66) e fuga de material do aterro (Figura 67).

- Sentido Norte/Sul:

Figura 47: Exposição da armadura P1



Fonte: Autora (2021).

Figura 48: Exposição da armadura P5



Fonte: Autora (2021).

Figura 49: Exposição da armadura P9



Fonte: Autora (2021).

Figura 50: Exposição da armadura P7



Fonte: Autora (2021).

- Sentido Sul/Norte:

Figura 51: Desgaste na região dos apoios com presença de eflorescência P3



Fonte: Autora (2021).

Figura 52: Desgaste na região dos apoios com presença de eflorescência P2



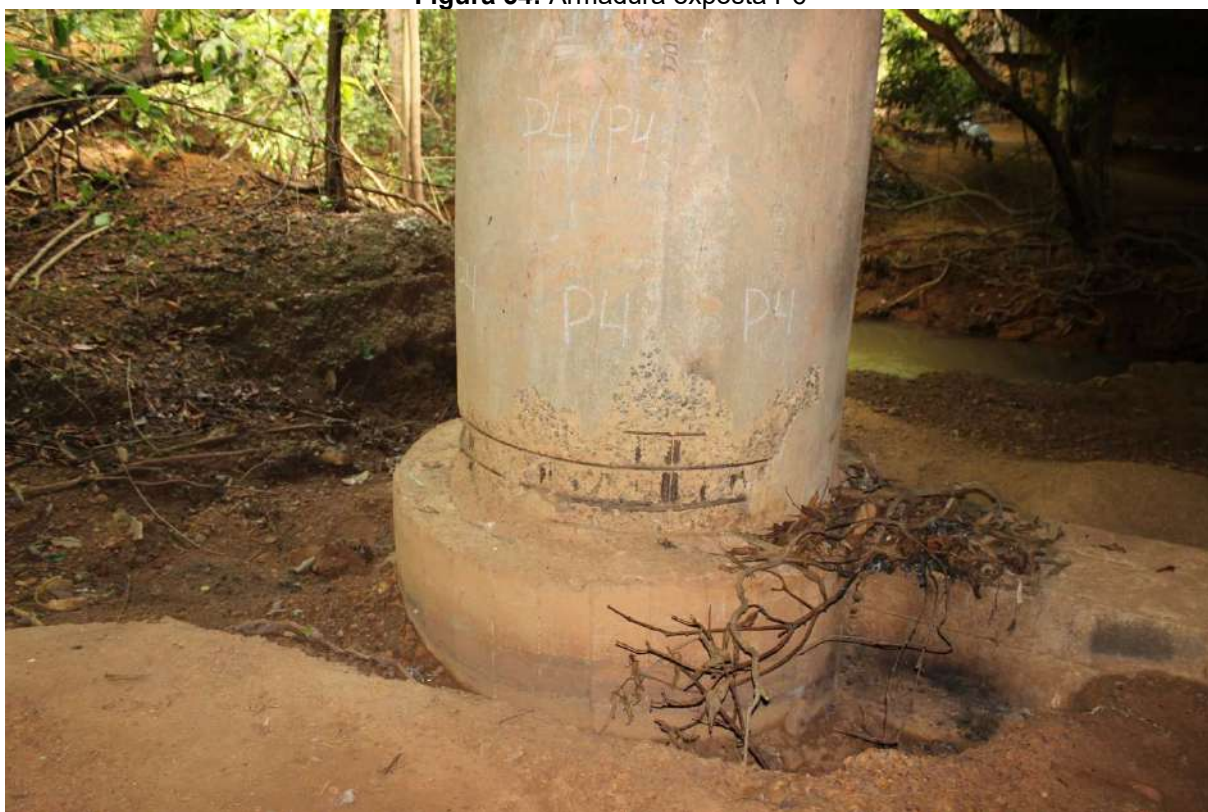
Fonte: Autora (2021).

Figura 53: Exposição da armadura e desgaste na região dos apoios com presença de eflorescência P6



Fonte: Autora (2021).

Figura 54: Armadura exposta P6



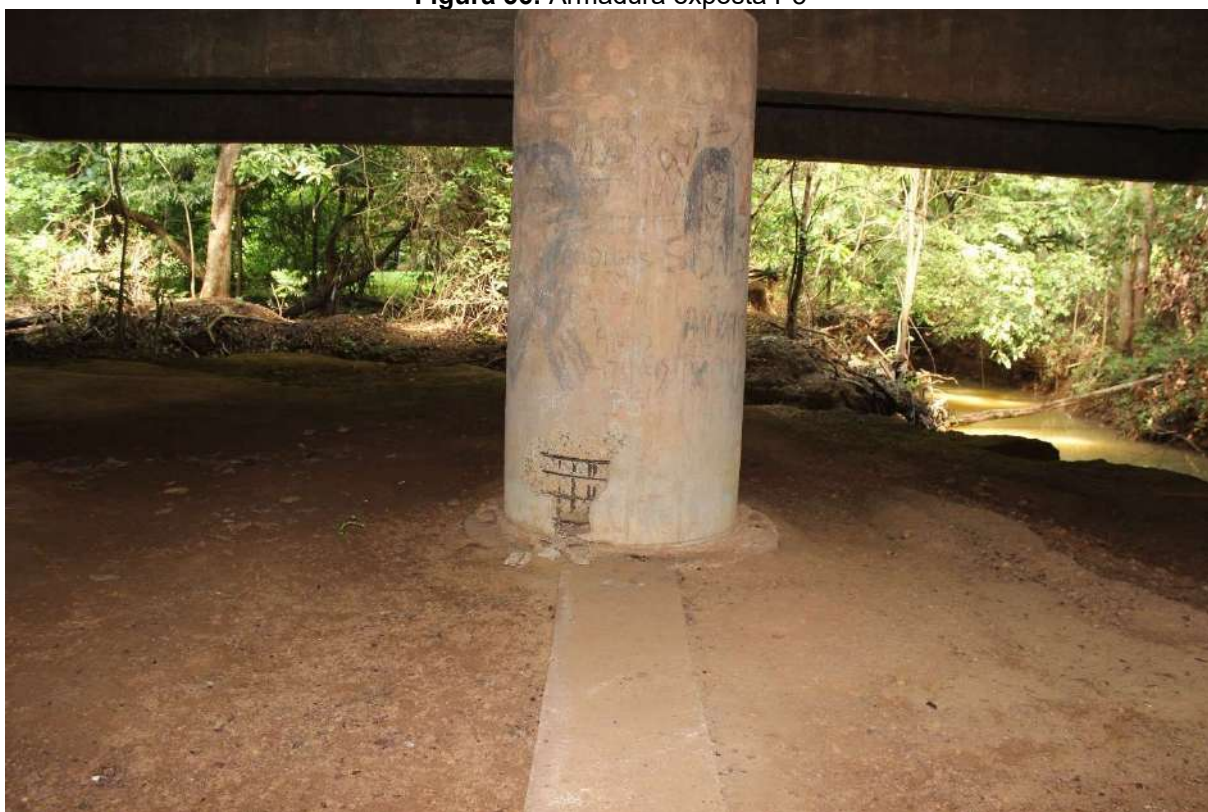
Fonte: Autora (2021).

Figura 55: Armadura exposta P5



Fonte: Autora (2021).

Figura 56: Armadura exposta P5



Fonte: Autora (2021).

Figura 57: Exposição da armadura e desgaste na região dos apoios com presença de eflorescência P4



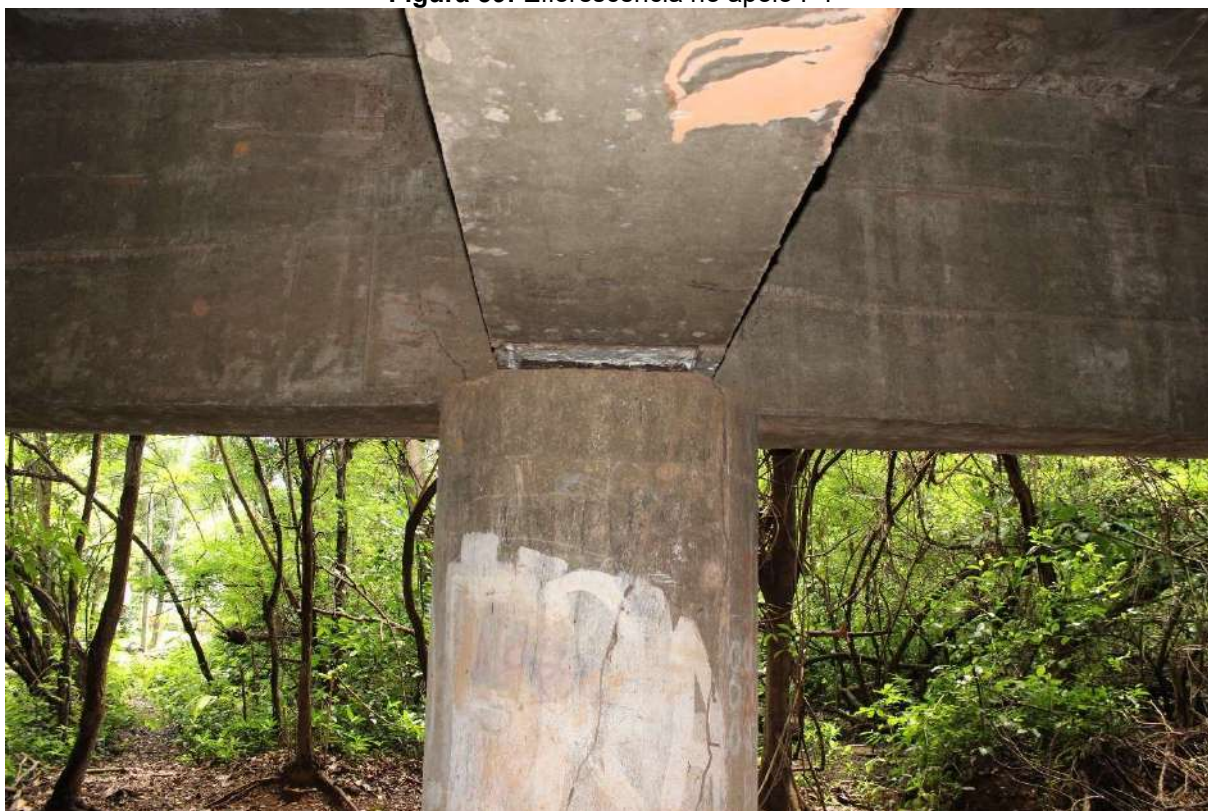
Fonte: Autora (2021).

Figura 58: Armadura exposta P4



Fonte: Autora (2021).

Figura 59: Eflorescência no apoio P4



Fonte: Autora (2021).

Figura 60: Armadura exposta P9



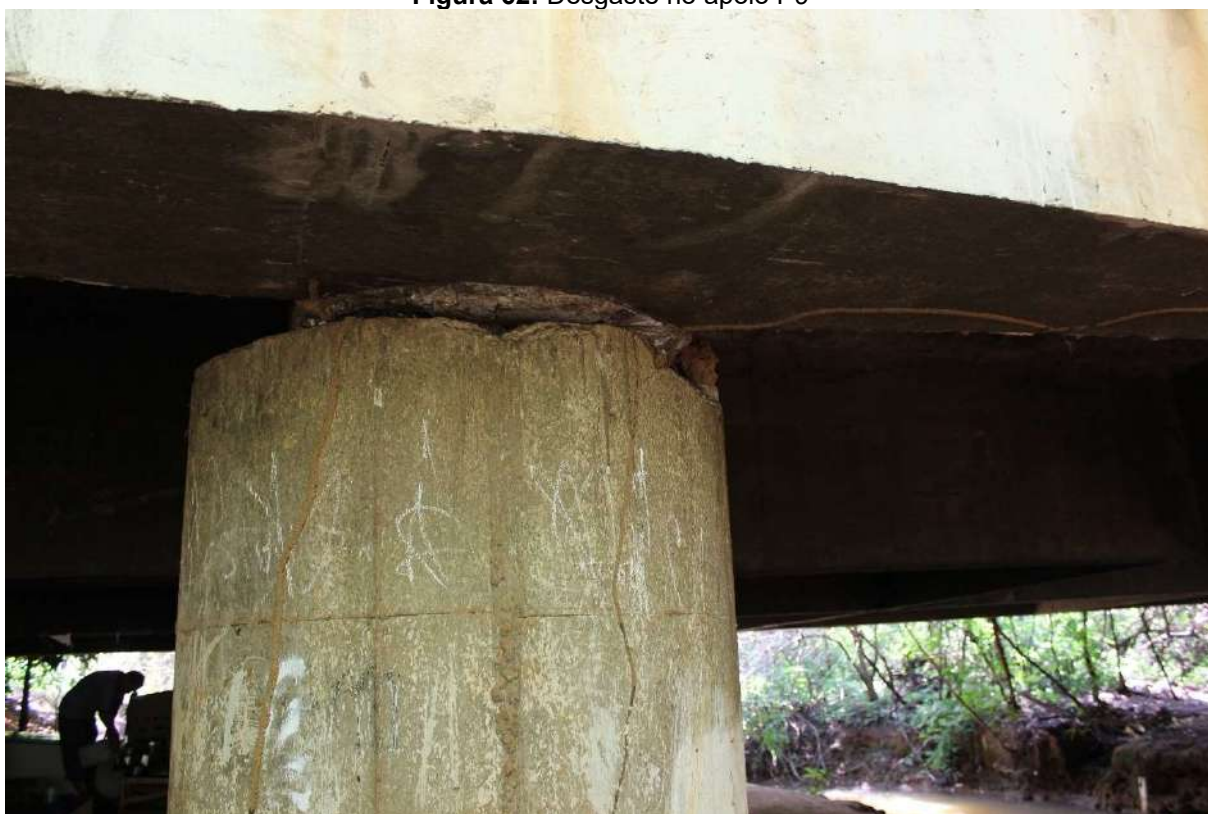
Fonte: Autora (2021).

Figura 61: Armadura exposta P9



Fonte: Autora (2021).

Figura 62: Desgaste no apoio P9



Fonte: Autora (2021).

Figura 63: Desgaste no apoio P9



Fonte: Autora (2021).

Figura 64: Armadura exposta P8



Fonte: Autora (2021).

Figura 65: Armadura exposta P7



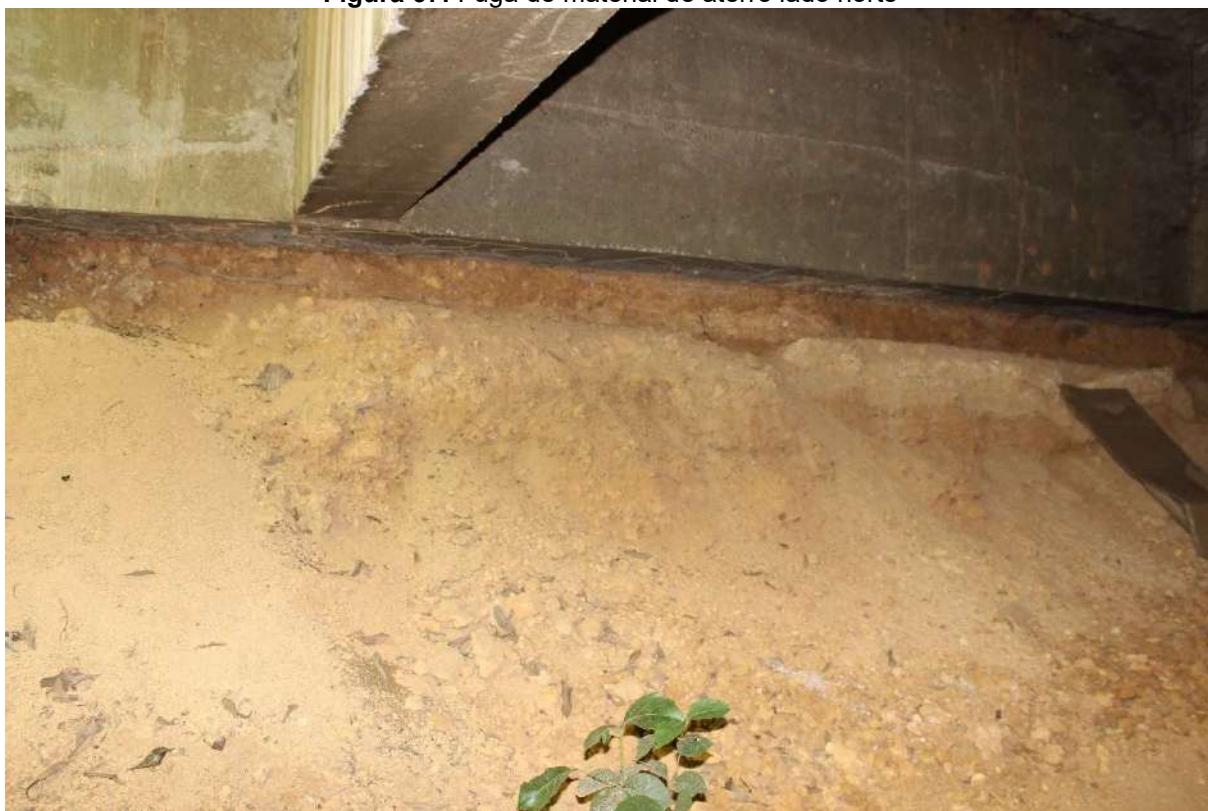
Fonte: Autora (2021).

Figura 66: Armadura exposta na região do apoio P7



Fonte: Autora (2021).

Figura 67: Fuga de material de aterro lado norte



Fonte: Autora (2021).

7.1.1.3 Infraestrutura

A visualização da infraestrutura nos dois sentidos não é de fácil acesso. No sentido Sul/Norte não foi possível realização de registro fotográfico, já no sentido Norte/Sul, em uma região localizada dentro do córrego (Figura 68), os blocos de coroamento estão imersos na água juntamente com uma viga de travamento, não apresentam grandes problemas, apenas manchas causadas pela grande umidade, mas é importante que avaliações mais precisas sejam realizadas na região.

Figura 68: Blocos de coroamento e viga de travamento sentido Norte/Sul



Fonte: Autora (2021).

7.2 Pontes da Avenida NS – 2

As pontes da Avenida NS – 2 estão localizadas próximo a feira da 304 Sul sobre o Córrego Brejo Comprido. Tem como material de constituição o concreto armado e possibilitam o acesso tanto da região Sul para Norte quanto do Norte para Sul. Não foram encontrados relatos de interdições por conta das manifestações patológicas na estrutura, e também não foi possível acesso a mesoestrutura e

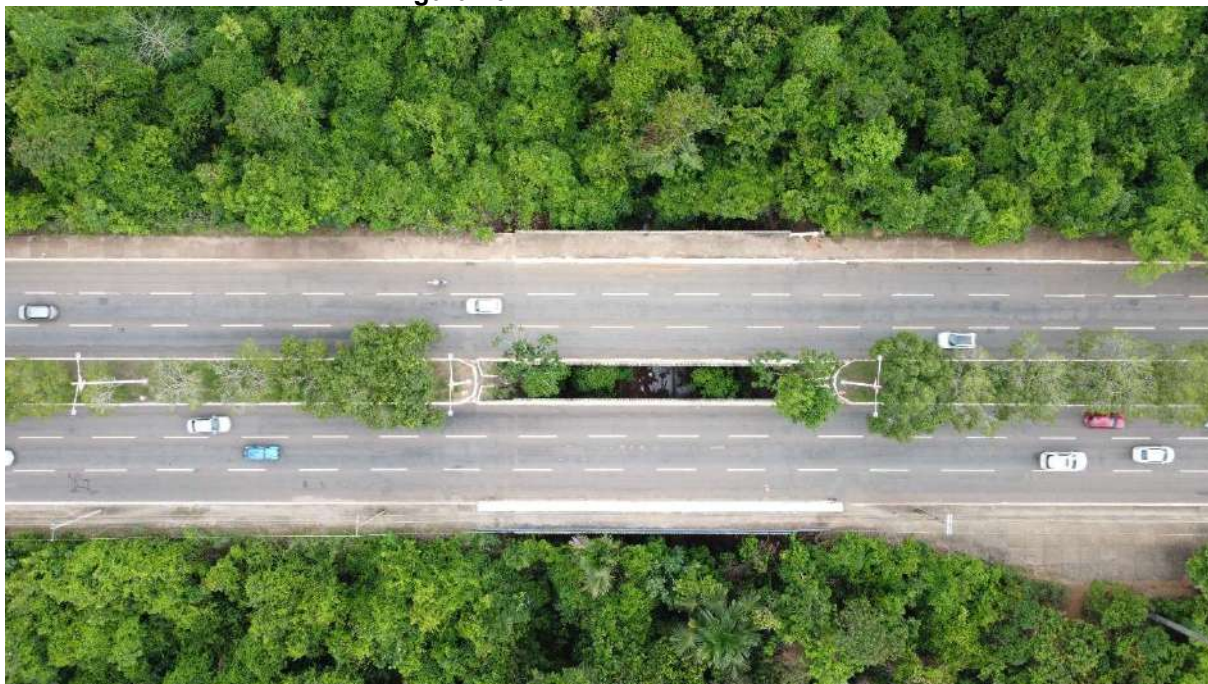
infraestrutura da ponte pela autora. Por se localizar em um local de difícil acesso a pesquisa só contara com as manifestações presentes na superestrutura da mesma.

Figura 69: Pontes da Avenida NS - 2



Fonte: Autora (2021).

Figura 70: Pontes da Avenida NS - 2



Fonte: Autora (2021).

7.2.1 Investigação de campo

Por meio de inspeções visuais e levantamento fotográfico a primeira parte do trabalho foi elaborada, sendo ela a anamnese da estrutura de estudo. Os registros fotográficos só foram realizados na superestrutura, pois não foi possível acesso as demais partes da ponte, isso porque a quantidade de vegetação nos arredores e o grande declive onde a estrutura se encontra impossibilitaram a vistoria.

Com a realização da inspeção visual foi possível identificar desgastes superficiais na pista de rolamento, danos na região dos dispositivos de segurança e passeio.

Sousa (2018) elaborou uma vistoria detalhada da ponte em questão para a prefeitura de Palmas, que também constatou as manifestações aqui relatadas e algumas mais graves nas demais estruturas. Entre elas estão armadura exposta, fissuras e rompimento da seção de concreto nas vigas de travamento, rompimento da seção de pilares, fuga do material de aterro, concreto poroso na cabeceira, diversas eflorescências e manchas no tabuleiro e longarinas.

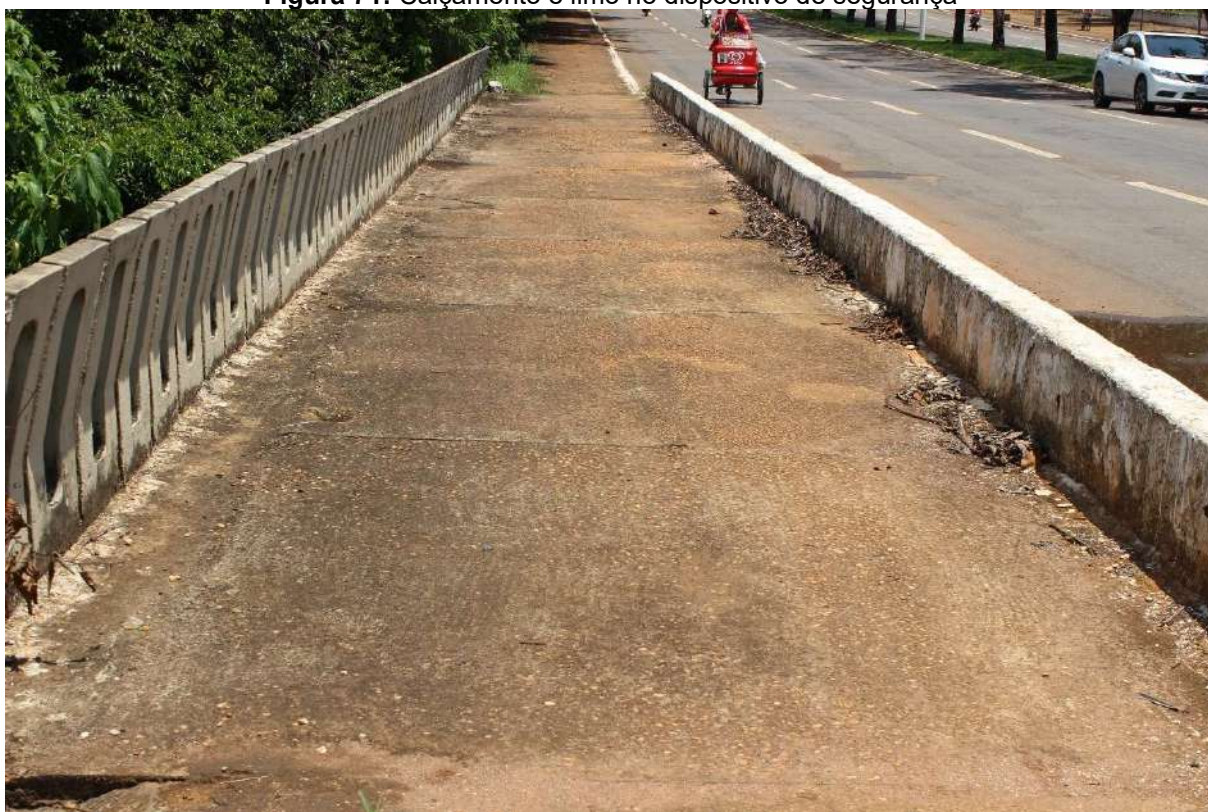
Por não ter acontecido manutenções nas manifestações citadas pela autora é acreditado que essas também não tenham sido tratadas, isso mostra que a ponte está em estado crítico de atuação.

7.2.1.1 Superestrutura

A superestrutura da ponte em questão foi vistoriada apenas pelo lado superior, nela foi identificado formação de limo e danos nos dispositivos de segurança (Figuras – 71, 73, 74 e 75), desgaste superficial na pista de rolamento (Figuras – 72, 76 e 77) e calçamentos danificados com vegetação (Figuras – 78 e 79).

- Sentido Norte/Sul:

Figura 71: Calçamento e limo no dispositivo de segurança



Fonte: Autora (2021).

Figura 72: Desgaste pista de rolamento



Fonte: Autora (2021).

Figura 73: Dispositivo de segurança danificado e com limo



Fonte: Autora (2021).

Figura 74: Limo nos dispositivos de segurança e ilustração do declive



Fonte: Autora (2021).

Figura 75: Limo nos dispositivos de segurança e ilustração do declive



Fonte: Autora (2021).

- Sentido Sul/Norte:

Figura 76: Desgaste na superfície da pista de rolamento



Fonte: Autora (2021).

Figura 77: Desgaste na superfície da pista de rolamento



Fonte: Autora (2021).

Figura 78: Danos no calçamento



Fonte: Autora (2021).

Figura 79: Danos no calçamento e limo no dispositivo de segurança



Fonte: Autora (2021).

7.2.1.2 Mesoestrutura e Infraestrutura

Como já mencionado, não foi possível vistoriar a mesoestrutura e a infraestrutura da ponte em questão, por falta de acesso. As redondezas são cobertas por uma vegetação densa que impossibilita a chegada ao lado inferior da estrutura.

7.3 Ponte da Avenida LO – 5

A ponte da Avenida LO – 5 foi construída em concreto armado e possui apenas uma pista para passagem de tráfego. Está situada próximo ao quartel da Polícia Militar da cidade Palmas e do Hospital Geral. Não foi encontrado registros de intervenções da ponte em questão por se tratar de uma ponte relativamente nova na cidade.

Figura 80: Ponte na Avenida LO - 5, próximo a Polícia Militar, Avenida do HGP



Fonte: Autora (2021).

7.3.1 Investigação de campo

A ponte de estudo foi inspecionada presencialmente por meio de

verificação visual e uso de esclerômetro em três pontos distintos (dois pilares e uma viga). Não foram constatadas manifestações patológicas graves em sua estrutura, mas é importante ressaltar que manutenções devem ser realizadas para corrigir o que foi encontrado e manter a qualidade da estrutura.

Na inspeção visual foram encontradas eflorescências e formação de estalagmites no tabuleiro, fissuras nos dispositivos de segurança e formação de limos no passeio.

No ano de 2018, o engenheiro Cleidson Dias realizou uma vistoria na ponte em questão que fundamentou um relatório fotográfico. Neste foram apresentadas todas essas manifestações citadas e também um empoçamento no tabuleiro, próximo ao passeio e aos dispositivos de segurança, que foi corrigido com a realização de manutenção nessa região.

7.3.1.1 Superestrutura

Na superestrutura notou-se, por falta de manutenção regular, a presença de limos na base dos dispositivos de segurança (Figura 81), por causa da grande quantidade de vegetação no entorno folhas secas obstruíam os furos para drenagem (Figura 82), que podem ocasionar problemas futuros, e também foi possível notar algumas fissuras na cabeceira (Figura 83).

Figura 81: Presença de formação de limos



Fonte: Autora (2021).

Figura 82: Folhas secas nos dispositivos de drenagem



Fonte: Autora (2021).

Figura 83: Fissura na cabeceira



Fonte: Autora (2021).

Na parte inferior do tabuleiro, foi identificado a formação de estalagmites, a presença de eflorescências e limos em alguns pontos divergentes na ponte, conforme apresentado nas figuras 84, 85, 86 e 87.

Figura 84: Formação de estalagmites



Fonte: Autora (2021).

Figura 85: Eflorescência na estrutura



Fonte: Autora (2021).

Figura 86: Eflorescência na estrutura



Fonte: Autora (2021).

Figura 87: Formação de limo no tabuleiro inferior



Fonte: Autora (2021).

7.3.1.2 Mesoestrutura

A mesoestrutura, composta em sua maioria por pilares e parede de contenção, apresenta uma estrutura em bom estado de conservação, sem sinais de manifestações patológicas (Figura 89).

Figura 88: Ilustração das condições dos pilares e parede de contenção



Fonte: Autora (2021).

7.3.1.3 Infraestrutura

A verificação da infraestrutura ou fundação da ponte não foi realizada por falta se ter acesso aos dispositivos que a compõe. Por essa razão, não se realizou o registro fotográfico ou vistoria desse elemento.

7.4 Exames complementares

Os exames complementares foram realizados nas pontes da Avenida

Teotônio Segurado e na ponte da LO – 5. Já na ponte da NS – 2 não foi possível por não haver acesso aos elementos da parte inferior da superestrutura (vigas, longarinas e laje inferior) e da mesoestrutura (pilares, travessas e encontros).

Nas pontes de melhor acesso foi realizado o ensaio de esclerometria em dois pilares e uma viga, para formar uma análise mais detalhada das condições das estruturas.

7.4.1 Ensaio de esclerometria

O ensaio de esclerometria tem como objetivo analisar a dureza na superfície do concreto das peças escolhidas e a resistência a compressão das regiões de realização. São realizados com o aparelho aplicando 16 golpes contra a peça em uma área próxima sendo eles distanciados um do outro em 5 cm, conforme exigido pela NBR 7854: 2012. Com os dados extraídos dos ensaios é possível calcular o índice esclerométrico efetivo - IE_e , com aplicação da fórmula:

- $IE_e = k \times IE$

Onde, k é o coeficiente de correção do esclerômetro e IE é o índice esclerométrico médio.

As Figuras 89 e 90 ilustram a realização do ensaio pela autora nas pontes em questão.

Figura 89: Realização do ensaio de esclerometria – Teotônio Segurado



Fonte: Autora (2021).

Figura 90: Realização de ensaio na ponte da LO – 5



Fonte: Autora (2021).

A Figura 91, em forma de quadro, apresenta os dados de índices esclerométricos e de dureza superficial dos elementos que foram analisados nas pontes.

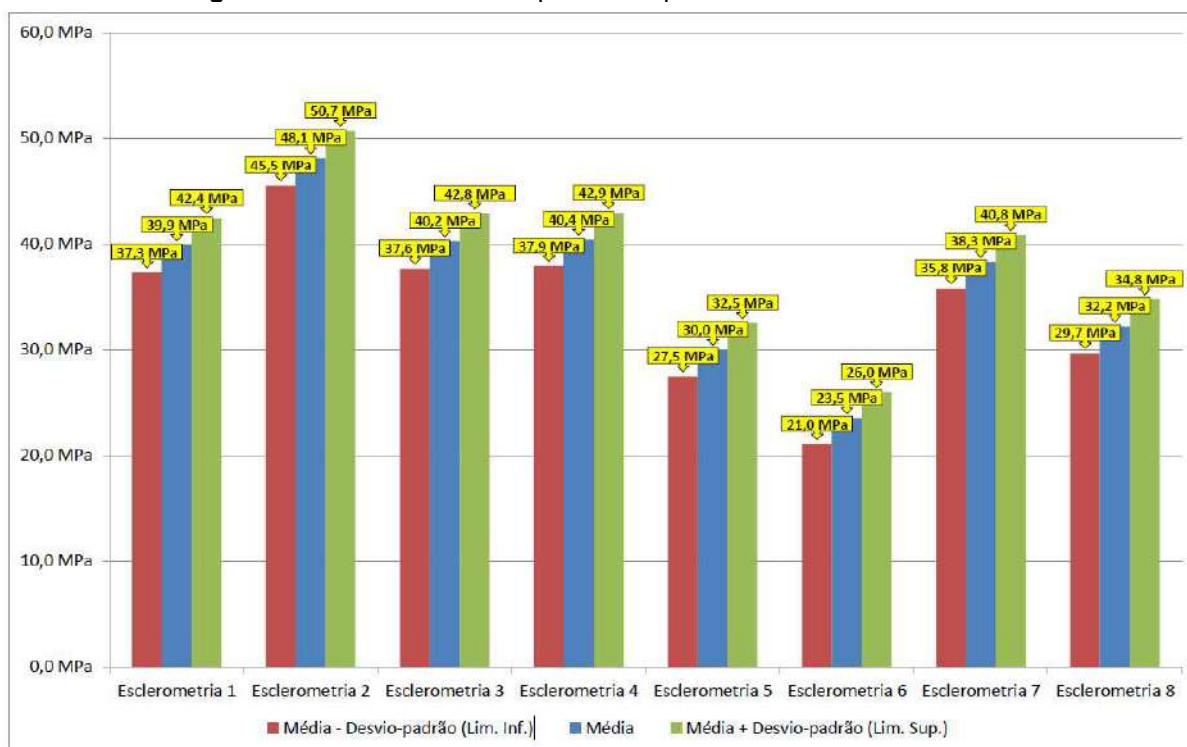
Figura 91: Dados de índices esclerométricos e dureza superficial dos elementos

PONTE	ELEMENTO	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	DUREZA SUPERFICIAL (Mpa)
Ponte da Avenida Teotônio Segurado - Sul/Norte	Pilar P9	59,5	55,5	62,5	67	61,5	57,5	61	63	64,5	57	62	53	62	67	56	54	39,9
	Pilar P7	64,5	70,5	64,5	63,5	65,5	64	64,5	66,5	65,5	56,5	59,5	60,5	64,5	59,5	67	61	48,1
	Viga longitudinal lateral direita	69	66	65	60	61	56,5	61,5	60,5	59	63,5	55	63,5	55	59	60	60	40,2
Ponte da Avenida Teotônio Segurado - Norte/Sul	Pilar P1	58	60	56	53,5	62	61,5	65	59,5	63	63	63	62,5	55	64	54	61,5	40,4
	Pilar P8	58	52,5	54,5	52,5	52,5	52,5	56	53,5	54	51,5	53	54	50,5	51,5	54,5	54,5	30
	Viga longitudinal lateral esquerda	41,5	52	48,5	50,5	45,5	58	49	43,5	48,5	49,5	53,5	46	49	49	50,5	48	23,5
Ponte da Avenida LO - 5	Pilar	61	61,5	54	59,5	62	62,5	54	57,5	64,5	52	57,5	59,5	52,5	60	64	61	38,3
	Viga longitudinal	51,5	58	58,5	60,5	51,5	53	56,5	64	53,5	57	55,5	58	47	53,5	55	55,5	32,2

Fonte: Autora (2021).

7.4.2 Dureza superficial do concreto e resistência à compressão equivalente

Com os dados retirados dos ensaios de esclerometria, foi realizado a relação entre as durezas superficiais do concreto e a resistência a compressão equivalente. A Figura 92 ilustra as resistências a compressão de todas as áreas ensaiadas, dentro dos limites inferiores, superiores e médios.

Figura 92: Resistência à compressão equivalente das áreas ensaiadas

Fonte: Autora (2021).

7.5 Diagnóstico

Após vistorias, realização de ensaio e análise de levantamento fotográfico, foi possível compreender que a maior parte das manifestações patológicas encontradas foram causadas inicialmente por contato direto das estruturas com águas oriundas das chuvas, isso por falhas nos sistemas de drenagem, e pela falta de manutenções, pois as estruturas foram se deteriorando com o tempo e não houve ações corretivas. Sem a intervenção nas aberturas as armaduras e os passeios estão expostos ao acesso direto das águas.

Com isso, serão apresentados os diagnósticos encontrados através da vistoria.

7.5.1 Fuga do material de aterro

Por causa das grandes quantidades de chuvas o aterro recebe diretamente essas águas, o que pode acarretar no carregamento de solo por causa da infiltração direta na região.

7.5.2 Desgaste superficial na pista de rolamento por abrasão

A abrasão é causada pelo processo de fricção entre os agentes abrasivos como tráfego ou partículas de vento e água sobre a via. Podem ter sido ocasionados por causa da utilização de um material de pavimentação com baixa resistência ao atrito ou também o mesmo já ter atingido sua vida útil, necessitando de uma manutenção para se recuperar.

7.5.3 Exposição e corrosão das armaduras

As armaduras se corroeram por que estão totalmente expostas aos intemperes do ambiente, chuvas e ventos por exemplo. Nos locais que elas estão presentes e nítido que há um deslocamento da camada protetora de concreto, uma explicação para isso pode ser o uso de um material de baixa qualidade, uma execução errada da camada, ou até mesmo desgastes por abrasão e fendas no tabuleiro. As fendas no tabuleiro podem facilitar o acesso das águas de chuva as armaduras, que por sua vez podem entrar em processo de corrosão e se expandir dentro da estrutura, causando também o deslocamento do concreto.

7.5.4 Danos no passeio

Os problemas nos passeios são consequência da falta de manutenção periódica nos mesmos. Por se tratar de uma estrutura mais exposta as mudanças climáticas, eles vão se deteriorando com o tempo em uma velocidade maior, diminuindo assim as condições ideais de uso.

7.5.5 Formação de limo

Por se encontrarem em ambientes úmidos é comum encontrar limos nas estruturas de pontes. Isso porque os mesmos são causados por fungos que necessitam da água que fica empoçada em infiltrações. É importante que os locais que foram encontrados os limos sejam analisados com maiores cuidados e que manutenções aconteçam, pois o surgimento pode estar relacionado a danos não visíveis nos elementos.

7.5.6 Fissuras

As fissuras são aberturas que se formam por consequência da má distribuição das tensões no interior da estrutura, ou por decomposição do concreto. As encontradas tem aberturas menores que 0,5 o que as classificam como fissuras verdadeiramente.

É importante que sejam realizados os devidos tratamentos pois conforme a mesma não se estabiliza pode acarretar em grandes riscos de utilização da ponte.

7.5.7 Eflorescências e Estalagmites

As eflorescências e as estalagmites são os sinais da ação do processo de lixiviação nas estruturas. Elas surgem quando o hidróxido de cálcio do cimento se dissolve com auxílio das águas ácidas, processo que diminui o pH do concreto. O primeiro se apresenta como manchas nas superfícies e o segundo como um crescimento de sedimentos.

Apesar de não ocasionar grandes riscos, é importante que sejam realizados tratamentos para remoção das mesmas, como apresentado na Norma 090 – Patologias do concreto (DNIT, 2006), uso de jateamento de areia ou escovação com escova. E para não ocorrência dessas manifestações o mais interessante seria aplicação de pinturas hidrofugantes nos elementos.

7.6 Intervenções e classificação das obras de artes

As manutenções são extremamente importantes para evitar todas essas manifestações patológicas aqui citadas, pois antes do surgimento de um problema grave a estrutura dá sinais que precisa de intervenção.

Segundo a NBR 9452/2019 (ABNT, 2019) é possível classificar as pontes conforme as condições apresentadas na inspeção. As pontes da Avenida Teotônio Segurado têm a maior parte dos problemas encontrados em situação de risco grave, se tratam de danos que comprometem a estabilidade da ponte, e por sendo uma ponte localizada importante região da cidade é necessário que sejam realizadas ações imediatas.

Seguindo a classificação da NBR 9452 a ponte foi classificada de nível 2, com uma condição ruim, pois há danos que comprometem a segurança da estrutura, porém sem risco iminente, mas se houver uma evolução pode chegar a colapso da estrutura. Essa obra necessita de uma intervenção significativa a curto prazo, pois há riscos para a segurança dos usuários.

Diante do que foi exposto, é necessário que ocorra reparos na via sobre o tabuleiro, por intermédio de recapeamentos por exemplo, pois os desgastes podem se intensificar e causar problemas para os motoristas. O passeio e os dispositivos de segurança também devem receber uma atenção especial, com reparos e tratamentos nas manchas causadas pelas águas pluviais.

As eflorescências e limos por baixo do tabuleiro podem ser lavados e tratados com uso de soluções diluídas de ácidos e aplicação de pinturas hidrofugantes, que evitam a absorção de água pelo concreto. É importante analisar também se há fissuras na parte superior, pois o empoçamento de água pode estar ocasionando essas demonstrações na parte inferior.

Por fim, se tratando das armaduras expostas na mesoestrutura deve-se reparar as partes que estraram em processo de corrosão, primeiro verificar qual o nível dessa corrosão, analisar se será necessário remoção de alguma parte e depois realização de reforço, com a aplicação de nova camada protetora de concreto. Nas regiões dos apoios é importante que a camada de neoprene seja substituída, pois em muitos lugares a mesma já não está em bom estado.

Se tratando das pontes sobre a Avenida NS – 2, não foi possível realizar uma classificação coerente, pois para isso é importante avaliar toda a estrutura o que não ocorreu, por essa razão os elementos vistoriados se enquadram em grau 3, seguindo a NBR 9452, sendo eles de condição regular, há danos que geram deficiência estrutural, mas sem sinais de comprometimento na estabilidade. Os desconfortos aos usuários são notáveis e eles requerem ações de médio prazo.

Como tratamento é indicado a limpeza dos limos, conforme já citado anteriormente, intervenção nos desgastes da pista de rolamento e reparo nos calçamentos.

A ponte da Avenida LO – 5, não apresenta grandes danos e manifestações patológicas muito graves, pode-se classificar a mesma como de Grau 4, onde a sua condição é boa, apresenta estrutura com pequenos danos em áreas isoladas que não comprometem a segurança estrutural e que não chegam a causar perda significativa

de desempenho.

Todas as anomalias citadas são pouco graves, sem evolução, e os componentes cumprem as suas funções. Mas isso não desqualifica a estrutura, é importante que manutenções sejam programadas para corrigir as manifestações encontradas e manter a qualidade da estrutura.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração o objetivo inicial do presente estudo, que se tratou de vistoria nas pontes mencionadas, realização de levantamento fotográfico para caracterização das patologias existentes para diagnóstico, prognóstico e recomendação de intervenções, seguindo a NBR 9452/2019 (ABNT, 2019), foi possível identificar diversas manifestações patológicas nos objetos, indicando que em alguns locais o grau de comprometimento é de nível crítico.

Entre as anomalias encontradas estão: eflorescências, fissuração de concreto, exposição de armaduras com grande ocorrência em pilares, danos nos elementos de ligação, nos passeios e nos dispositivos de segurança e degradação na pista de rolamento.

Todas essas manifestações citadas podem surgir por erros nas etapas de construção, projeto, execução e manutenção, mas também por falta de um programa atuante de manutenções. Com ele esses danos poderiam ser evitados, pois um planejamento de conservação é importante em qualquer obra de engenharia.

Apesar de não se conhecer ao certo qual o tempo de existência das pontes presentes no estudo, neste momento as mesmas tem uma vida útil reduzida consideravelmente, devido à presença dessas manifestações. Por essa razão, é de extrema importância que os órgãos competentes tomem providências imediatas para corrigir essas anomalias e restabelecer as condições de desempenho e durabilidade das estruturas.

A tabela 11, a seguir, apresenta uma relação de todas as anomalias citadas no decorrer da pesquisa seguindo uma classificação de críticas (3), médias (2) ou mínimas (1), seguindo a recomendação do IBAPE (2012). Sendo as de nível crítico passíveis de danos contra a saúde e segurança das pessoas, as de nível médio com riscos de provocar perda parcial de desempenho e funcionalidade e as mínimas com riscos de pequenos prejuízos a estética.

Tabela 11: Manifestações e graus de riscos

PONTE	SENTIDO	ELEMENTOS	MANIFESTAÇÕES	GRAU DE RISCO
Pontes da Avenida Teotônio Segurado	Norte/Sul	Superestrutura	Passeio e dispositivo de segurança com formação de limo.	1
			Desgaste na pista.	2
			Eflorescências nas vigas.	3
			Manchas, eflorescências no tabuleiro e exposição da armadura.	3
			Formação de limo e eflorescências na parte inferior do passeio.	2
			Manchas, eflorescências e infiltração no tabuleiro.	3
	Sul/Norte	Superestrutura	Formação de limos nos dispositivos de segurança e vegetação no passeio.	2
			Calçamento do passeio danificado.	1
			Desgaste na pista de rolamento.	2
			Eflorescências nas vigas.	3
			Eflorescência no tabuleiro.	2
			Manchas e eflorescência próximos a drenagem.	2
			Eflorescência no tabuleiro.	2
			Formação de limo e eflorescências na parte inferior do passeio.	2
	Norte/Sul	Mesoestrutura	Exposição da armadura – P1, P5, P9 e P7.	3
	Sul/Norte	Mesoestrutura	Desgaste na região dos apoios com presença de eflorescência – P3 e P2.	3
			Exposição da armadura e desgaste na região dos apoios com presença de eflorescência – P6 e P4.	3
			Armadura exposta – P6, P5, P4, P9, P8 e P7.	3
			Eflorescência no apoio P4.	2
			Desgaste no apoio P9.	3
			Armadura exposta na região do apoio P7.	3
			Fuga de material de aterro lado norte.	3
	Norte/Sul	Infraestrutura	Umidade nos blocos de coroamento e viga de travamento.	3

Pontes da Avenida NS - 2	Norte/Sul	Superestrutura	Limo no calçamento e no dispositivo de segurança.	1
			Desgaste pista de rolamento.	2
			Dispositivo de segurança danificado e com limo.	1
	Sul/Norte	Superestrutura	Desgaste na superfície da pista de rolamento.	2
			Danos no calçamento e limo no dispositivo de segurança.	1
Ponte da Avenida LO - 5	Único	Superestrutura	Presença de formação de limos.	1
			Fissura na cabeceira.	3
			Formação de estalagmites.	2
			Eflorescência na estrutura.	2
			Formação de limo no tabuleiro inferior.	1

Fonte: Autora (2021).

REFERÊNCIAS

ALVES, Lauro Ferenzini. **Obras-de-Arte Especiais Br-267/Mg: Patologias X Fatores Influentes**. 2012. 86 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

Disponível em: < https://www.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/TCC-L-F-ALVES_Final.pdf>.

Acesso em: 11 ago. 2021.

AMORIM, A. A. de. **“Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado Aparentes”**. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

Disponível

em:<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS9A4GDM/1/durabilidade_das_e_struturas_de_concreto_armado_aparentes.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2021.

ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado Aparentes**. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

ANDRADE, W. P. e Equipe de furnas (1997), **Concreto, massa, Estrutural, Projetado e Compactado com Rolo**. Ensaios e Propriedades, 1 ed. São Paulo, Pini.

ARAUJO, C. J. R. V. Vistoriando obras de arte especiais. **Revista notícias da construção**, p. 60-62, out. 2014.

ARAUJO, R. **Avaliação da profundidade de carbonatação em estruturas de concreto armado de uma refinaria de petróleo com vida útil maior de 40 anos**. p. 266-274, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. 3.ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. **Impermeabilização - Seleção e projeto**. NBR 9575:2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9452**: Inspeção de ponte, viaduto e passarela de concreto – Procedimento. 4.ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7584**: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio. 2.ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

AZEVEDO, M. E. A. et al. **Patologias em Estruturas de Concreto – Estudo de Caso: Bloco I da Universidade Federal do Tocantins**. p. 12, jun. 2020.

BAIRROS DE PALMAS. **Encontra Palmas**, Palmas, [s.d.].

Disponível em: <<https://www.encontrapalmas.com.br/sobre/bairros-de-palmas/>>. Acesso em: 7 ago. 2021.

BEDUKA. **O que é pH?** 6 nov. 2019.

Disponível em: <<https://beduka.com/blog/materias/quimica/o-que-e-ph/>>. Acesso em: 07 ago. 2021.

BRANDÃO, A. M. DA S. **Qualidade e Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado – Aspectos Relativos ao Projeto**. São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-14122017-145657/publico/Dissert_Brandao_AnaMS.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2021.

BOLINA, Fabricio Longhi; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 1 ed. 320 p.

CAMPOS, Vinícius Chaves; et.al. **Inspeção De Uma Ponte De Acordo NBR 9452, Na Cidade De Palmas - TO: Análise Das Manifestações Patológicas**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 02, Vol. 02, pp. 98-109, fev. de 2018. ISSN:2448-0959.

CAMPOS, Eduardo et al. **Obras de Arte da Engenharia Civil: A Segurança**. 2011. 25 f. Relatório Final de Projeto (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Disponível em: <<https://silio.tips/download/relatorio-projecto-feup-10-11-faculdade-de-engenharia-da-universidade-do-porto-r>>. Acesso em: 11 ago. 2021.

CAPELA, D. **Eflorescência: Causas e Soluções**. 2019. Disponível em: <https://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2019/07/2-7º-SRI-SC_Eflorescências-causas-e-soluções_Denis-Capela.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2021.

CARDOSO, R. A. F. **Infraescavação em pilares de pontes**. Dissertação de Mestrado na Universidade de Aveiro, Portugal, 2008.

CARDOSO, L. A.; QUARESMA, J. E. **Análise de Manifestações Patológicas em Pontes e Viadutos de Concreto Armado na Cidade de São Paulo – SP**. UNIARA, p. 1-18, 2019.

COUTO, Mariana de Oliveira. **Edifício Ponte: História e Tipologias**. 2006. 164 f. Dissertação (Mestrado) – Mestre em Arquitetura, Universidade da Beira Interior, 2006.
Disponível em: <file:///D:/DOCUMENTOS/Downloads/mariana_couto_17343.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2021.

COSTA, H. O. **Avaliação de Patologias em Obras de Arte Especiais Utilizando a Metodologia GDE/UNB**. Brasília, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/9529/1/21159894.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

COSTA, V. M. DA. **Desempenho e Reabilitação de Pontes Rodoviárias: Aplicação a Casos de Estudo**. Universidade do Minho, 2009.

Disponível em:

<<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/10531%0Ahttp://repositorium.sdum.uminho.pt/>>. Acesso em: 08 mai. 2021.

DEBS, Mounir Khalil El; TAKEYA, Toshiaki. **Introdução às pontes de concreto**. 2007. Texto Provisório de Apoio à Disciplina SET-412 – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: <<https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pontes/Apost.%20Pontes%20-%20Mounir-Takeya.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.

083/2006 - ES: Tratamento de trincas e fissuras – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: Dnit, 2006. 5 p. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_083_2006_es.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.

092/2006 - ES: Juntas de dilatação – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: Dnit, 2006. 7 p. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_092_2006_es.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.

010/2004 - PRO: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento. Rio de Janeiro: Dnit, 2004. 18 p. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/DNIT_010_2004_PRO>. Acesso em: 11 ago. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.

NORMA DNIT 090/2006 – ES: Patologias do concreto – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.

NORMA DNIT 088/2006 – ES: Dispositivos de segurança lateral: guarda-rodas, guarda-corpos e barreiras – Especificações de serviço. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.

NORMA DNIT 122/2009 – ES: Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto armado – Especificações de serviço. Rio de Janeiro: DNIT, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.

Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários. 1. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de**

Inspeção de Obras-de-Arte Especiais. Rio de Janeiro, 2004.

DIÓGENES, A. G. et al. **Manifestações Patológicas em Pontes da Cidade de Sobral – CE**. 2014.

FALTA de manutenção foi um dos motivos de queda da ponte na Itália, diz relatório. **Jovem Pan**, 21 dez. 2020. Disponível em: <<https://jovempan.com.br/noticias/mundo/falta-de-manutencao-foi-um-dos-motivos-de-queda-de-ponte-na-italia-diz-relatorio.html>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

FERREIRA, João Vitor de Souza. **Inspeção e Monitoramento de Obras de Arte Especiais com Vista a Manutenção Preditiva**. 2018. 118 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10023216.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

FERREIRA, Raíza Nayara Soares. **Análise das Manifestações Patológicas Em Viadutos – Estudo de Caso**. 2021. 100 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Góias, Anápolis, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/675/1/TCC%20FINAL-RAÍZA.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2021.

FIGUEIREDO, E. P.; MEIRA, G. Boletim Técnico 6 – **Corrosão das Armaduras das Estruturas de Concreto**, Alconpat Brasil, 2013.

FONTELLES, R. G. S. et al. **Metologia Para Pesquisa Científica: Diretrizes Para Elaboração de Um Protocolo de Pesquisa**. p. 8, 2009.

GOVERNO DO TOCANTINS. **Perfil Socioeconômico dos Municípios**, 2017. Disponível em:< <https://central3.to.gov.br/arquivo/348381/>>. Acesso em: 8 ago. 2021.

GUERRA, F. L. **Bolor nas paredes pode causar danos às estruturas das edificações**. 2021. (Nota técnica). Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/bolor-nas-paredes-pode-causar-danos-as-estruturas-das-edificacoes/7490>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

GRECA, Juliana Medeiros et al. **Inspeção, Mapeamento e Análise de Manifestações Patológicas em Obras de Arte Especiais**. 2011. 125 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8332/2/CT_EPC_2011_2_10.PDF>. Acesso em: 21 jul. 2021.

HELENE, Paulo R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo, 1993. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). General Principles on the Design of Structures for Durability. **ISO 13823**. Geneva: ISO/TC, 2008.

JACINTO, L. A. DO C. **Avaliação da segurança de pontes existentes – Abordagem Probabilística Bayesiana**. Lisboa, Universidade Nova de Lisboa, 2011. Disponível em: <<http://run.unl.pt/handle/10362/7601>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

LOURENÇO, L. C. **Análise da corrosão em estruturas de pontes metálicas e em concreto armado**. Dissertação de Mestrado. UFF. 2007.

LOURENÇO, L. C. et al. Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais. **Engenharia Civil**, v. 34, p. 5-14, 2009.

LOPES, L. E. **Modelagem Mecânica E Numérica da Reação Álcali-Agregado Com Aplicação a Barragens de Concreto**. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

MACEDO, J. V. et al. **Manifestações patológicas causadas pela umidade devido a falha ou ausência de impermeabilização**: Estudo de caso. n. 1, p. 11, 2017.

MARCHETTI, Oswaldemar. **Pontes de concreto armado**. São Paulo. Editora Blucher, 2008.

MARQUES, M. Desabamento de viaduto do Eixão, em Brasília, completa 2 anos; relembre. **G1, DF**, 6 fev. 2020. Disponível em: < <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2020/02/06/desabamento-de-viaduto-do-eixao-em-brasilia-completa-2-anos-relembre.ghtml>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

MASCARENHAS, F. J. R. et al. Patologias e inspeção de pontes em concreto armado: Estudo de caso da ponte Governador Magalhães Pinto. **Engevista**, 2019. p. 288-302.

MENDES, P. DE T. C. **Contribuições para um modelo de gestão de pontes de concreto aplicado à rede de rodovias brasileiras**. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: < http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3144/tde-29062009103830/publico/TESE_PTCM_GERAL.pdf%5Cnhttp://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3144/tde-29062009-103830/>. Acesso em: 7 mai. 2021.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto**: Estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994. 573p.

MORESI, Eduardo. **Metodologia de Pesquisa**. Brasília, 2003. Disponível em: < <http://www.inf.ufes.br/~pdcosta/ensino/2010-2-metodologia-de-pesquisa/Metodologia-Pesquisa-Moresi2003.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

MOSCOSO, Yina Fernanda Muñoz. **Modelos De Degradação Para Aplicação em Sistemas de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - Oaes**. 2017. 210 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/24573>>. Acesso em: 7 mai. 2021.

MOTOCICLISTA fica ferido ao cair em ponte que desabou e está interditada há mais de um ano em Palmas. **G1 Tocantins**, 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2021/04/04/motociclista-fica-ferido-ao-cair-em-ponte-que-desabou-e-esta-interditada-ha-mais-de-um-ano-em-palmas.ghtml>>.

Acesso em: 23 abr. 2021.

NP EN 1990: 2009. **Eurocódigo 0** – Bases para o Projeto de Estruturas. Instituto Português da Qualidade.

NEWS, B. Por que o Brasil depende tanto do transporte rodoviário? **G1 São Paulo**, 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/por-que-o-brasil-depender-tanto-do-transporte-rodoviario.ghtml>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

NEVES, A. **Eflorescências**: Saiba tudo sobre essa manifestação patológica. 2019. Disponível em: <<https://www.blok.com.br/blog/eflorescencia%0A>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

NOBRE, Gerson Talles Nogueira. **Análise das Manifestações Patológicas em Pontes da Rodovia Rn-233**. 2019. 118 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Caraúbas, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2992>>. Acesso em: 11 ago. 2021.

NOGUEIRA, Kelson Antunes. **Reação Álcali-Agregado: Diretrizes e Requisitos da Abnt Nbr 15577/2008**. 2010. 93 f. Monografia (Especialização) – Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9A5HJ4/1/monografia_kelso.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.

OLIVEIRA, Alexandre Magno. **Fissuras e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96 f. Monografia (Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

OLIVEIRA, G. G. **Importância na manutenção preventiva de pontes e viadutos do Rio Grande do Sul: Caracterização da tipologia das estruturas e levantamento de manifestações patológicas**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRS. Porto Alegre, 1999.

PAIXÃO, M. A. DOS S. et al. Manifestações patológicas em obras de arte especiais: Estudo de caso de um Viaduto Rodoviário em São Luis-Ma. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, p. 132–147, 2020.

PATOLOGIAS do concreto armado. 2019. 30 slides. Disponível em: <<https://meumaterialsite.files.wordpress.com/2017/01/ap5-sintomatologia.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2021.

PREFEITURA DE PALMAS. **Centro de Atendimento ao Turista em Palmas**. Disponível em: <<https://www.prefeituradepalmas.org/centro-de-atendimento-ao-turista-em-palmas>>. Acesso em: 07 ago. 2021.

PAULO, P. P. Viaduto que cedeu na Marginal Pinheiros deve ser reaberto para carros em 18 de março, diz Prefeitura. **G1 – São Paulo**, 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2019/02/12/carros-devem-voltar-a-circular-em-marco-em-viaduto-que-cede-na-marginal-pinheiros-diz-prefeitura.ghtml>>.

Acesso em: 27 jul. 2021.

PFEIL, Walter. **Pontes**: Curso Básico. Rio de Janeiro: Campus, 1983.

PFEIL, Walter. **Pontes em concreto armado**: Elementos de projeto, solicitações, dimensionamento. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1979. Disponível em: <<https://doku.pub/documents/walter-pfeil-pontes-em-concreto-armado-1979-mqejeryk4el5>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

PINHEIRO, M. R. DE A.; SILVA, E. I. DA; FLORENCIO, L. DE A. **Considerações a respeito das principais manifestações patológicas em pontes de concreto armado na cidade de Recife**. 3º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções, p. 220-232, 2018.

POSSAN, E; DEMOLINER, C. A. Desempenho, Durabilidade e Vida Útil das Edificações: Abordagem Geral. **Revista Técnico-Científica do CREA – PR – ISSN 2358-5420**, p. 1-14, out. 2013.

ROCK, J. A.; JUNIOR, A. L. M. Considerações sobre vida útil do concreto. **1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado**, 2005.

SARTORTI, Artur Lenz. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas – SP**. 2008. 205 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2008.

SHIRAKAWA, M. A.; MONTEIRO, M. B.B.; CINCOTTO, M. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. **Simpósio brasileiro de tecnologias das argamassas**, p. 9, 1995.

SILVA, Diego Maia da et al. **Patologia em Obras de Arte**. 2018. 61 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, UNIFOA, Volta Redonda, 2018. Disponível em: <<http://rangelage.com.br/wp-content/uploads/2019/06/TCC-Patologias-em-Obras-de-Arte-5d0cf1b015d71.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

SILVA, Felipe Moura da. **Inspeção de Rotina de Obras de Arte Especiais: Pontes e Viadutos**. 2016. 144 f. Monografia (Mestrado) – Engenharia Civil Infraestruturas, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2016. Disponível em: <file:///D:/DOCUMENTOS/Downloads/DM_FelipeSilva_2016_MEC.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2021.

SILVA, Luiza Kilvia da. **Levantamento de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado no Estado do Ceará**. 2011. 61 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, 2011. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2011/Luiza_Kilvia_Levantamento%20de%20Manifestacoes%20Patologicas%20em%20Estruturas%20de%20Concreto%20Armado%20no%20Estado%20do%20Ceara.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2021.

SILVA, G. A. DA. **Recuperação de blocos de coroamento afetados pela reação álcali-agregado**. Recife, 2007. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, UNICAP, 2007.

SILVA, R. P. DOS S. N. DA. **Estudo da Erosão de Pilares de Pontes**. Portugal, 2008. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto – Faculdade de Engenharia, 2008.

SILVA, T. G. DA; SANTOS, D. F. A. DOS. Estudo das patologias da ponte sobre o Rio Tocantins em Porto Nacional/ TO. Porto Nacional, 2019. **Technology Sciences**, v. 2, n.1, p. 33-36, 2020.

SOARES, A. P. T. U. F.; VASCONCELOS, L. T.; DO NASCIMENTO, F.B. C. Corrosão em armadura de concreto. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas – UNIT – Alagoas**, v. 3, n. 1, p. 177-188, 2015.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

SOUZA, Marilsa Inês; MURTA, Mirna Moreira. **Patologias, Recuperação e Reforço Estrutural em Concreto Armado**. 2012. 51 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Insituto Doctum de Educação e Tecnologia, Caratinga, 2012. Disponível em: <<https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/1190/1/TCC%20-%20Marilsa%20e%20Mirna.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 1 ed. São Paulo: Pini, 1996.

TRINDADE, Diego dos Santos da. **Patologia em Estruturas de Concreto Armado**. 2015. 88 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_DIEGO%20DOS%20SANTO S%20DA%20TRINDADE.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2021.

VALDUGA, L. **Reação álcali-agregado-mapeamento de agregados reativos do estado de São Paulo**. São Paulo, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

VITÓRIO, J. A. P. Manutenção e Gestão de Obras de Arte Especiais. **VII ENAENCO**, p. 24, set. 2005.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. Vistorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto. In: 48º Congresso Brasileiro do Concreto, 2006. **Anais: IBRACON**, 2006. 16 p.

VITÓRIO, J. A. P. **Fundamentos da erosão nas fundações de pontes nos aterros de acesso**. Recife: Escola Politécnica de Pernambuco, 2015.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes rodoviárias: Fundamentos, Conservação e Gestão**. 1. ed. Recife: Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco – CREA-PE, 2002.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes e viadutos rodoviários: conceituação, conservação, segurança e reforço estrutural**. 2015. Curso de especialização e inspeção, manutenção e recuperação de estruturas – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, 2015.

VOTORANTIM. **Veja como funcionam ensaios não destrutivos como o ensaio de esclerometria**. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/veja-como-funciona-ensaio-de-esclerometria/>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

WINKEL, Rodolfo Luis. **"Análise das manifestações patológicas em pontes na cidade de Teutônia/RS"**. 2019. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 12 dez. 2019. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10737/2760>>.

VERÇOZA, Enio José. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991. 173p.

ZANZARINI, José Carlos. **Análise das Causas e Recuperação de Fissuras em Edificações Residencial em Alvenaria Estrutural – Estudo de Caso**. 2016. 83 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica do Paraná, Campos Mourão, 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6879/1/CM_COECI_2016_1_15.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.