



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS, TECNOLÓGICAS E LETRAS
CCHSTL – CAMPUS AÇAILÂNDIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

WAYLLA ANDRADE DOS SANTOS

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OBRAS DE ARTE
ESPECIAIS: estudo de caso na ponte Dom Affonso Felipe Gregory

Açailândia – MA
2026





Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

WAYLLA ANDRADE DOS SANTOS

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OBRAS DE ARTE

ESPECIAIS: estudo de caso na ponte Dom Affonso Felipe Gregory

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil Bacharelado do Centro de Ciências Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Campus Açailândia, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Mário Silva de Lucena.

Açailândia – MA
2026



S237a

Santos, Waylla Andrade dos

Análise de manifestações patológicas em obras de arte especiais: estudo de caso na ponte Dom Affonso Felipe Gregory / Waylla Andrade dos Santos. – Açailândia: UEMASUL, 2026.

47 f. ; il.

Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Açailândia, MA, 2026.

Orientador: Prof. Me. Mário Silva de Lucena.

1. Obras de Arte Especiais. 2. Manifestações Patológicas. 3. Inspeção visual. 4. Ponte. I. Título.

CDU 624



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

WAYLLA ANDRADE DOS SANTOS

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OBRAS DE ARTE

ESPECIAIS: estudo de caso na ponte Dom Affonso Felipe Gregory

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil Bacharelado do Centro de Ciências Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Campus Açailândia, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Mário Silva de Lucena.

APROVADO EM 10/06/2026

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br MARIO SILVA DE LUCENA
Data: 24/06/2026 16:25:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. Mário Silva de Lucena (Orientador)
Especialista em Pavimentação e Restaurações Rodoviárias
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

Documento assinado digitalmente
gov.br KALLEBE DE OLIVEIRA BRITO
Data: 24/06/2026 08:48:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Kallebe de Oliveira Brito
Mestre em Ciência dos Materiais
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

Documento assinado digitalmente
gov.br DANILO GUALBERTO ZAVARIZE
Data: 22/06/2026 14:42:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Danilo Gualberto Zavarize
Doutor em Ciência dos Materiais
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL





Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem ele nada disso seria possível. Aos meus pais, ao meu irmão e a todos os meus familiares pelo apoio incondicional. Essa conquista também é de vocês.





AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança ao longo de toda essa caminhada, permitindo que eu superasse os desafios e chegasse até aqui.

Aos meus pais, Antônio José e Dina Andrade, e ao meu irmão, Wesley, por todo o amor, cuidado e incentivo ao longo da minha trajetória.

À minha família, pelo carinho, apoio e pelas palavras de incentivo que fizeram diferença ao longo dessa jornada.

Às minhas amigas e colegas de faculdade, Joicyane, Lara, Emily e Bruna, que tornaram o percurso mais leve e significativo. Levo comigo cada conversa e todas as memórias construídas ao longo desses anos.

Aos professores, por todos os ensinamentos transmitidos, pela dedicação e pela contribuição para minha formação acadêmica e profissional.

Ao meu orientador, Prof. Esp. Mário Silva de Lucena, pela disponibilidade, orientação e pelos conhecimentos compartilhados durante o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste sonho, meus sinceros agradecimentos.





RESUMO

A preservação estrutural de Obras de Arte Especiais (OAE) é fundamental para garantir a segurança viária e a longevidade da infraestrutura de transporte regional. Esse trabalho teve como objetivo analisar as principais manifestações patológicas presentes na ponte Dom Affonso Felipe Gregory, localizada entre os municípios de Imperatriz – MA e São Miguel do Tocantins – TO. O estudo de caso foi desenvolvido por meio de inspeção visual da ponte, seguindo os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 9452:2023, além de revisão bibliográfica sobre OAE, manifestações patológicas e métodos usuais de inspeção. Observou-se diversas anomalias durante a inspeção, dentre elas fissuras, corrosão de armaduras, presença de umidade e lodo, degradação de elementos metálicos, falhas no sistema de drenagem e exposição inadequada de instalações elétricas. A partir das análises realizadas, identificou-se os principais fatores associados e propôs-se recomendações de terapia compatíveis com as anomalias encontradas, além de ser destacada a importância de inspeções periódicas e de manutenções preventivas para preservação da estrutura. Constatou-se que embora a ponte ainda apresente condições de utilização, as manifestações observadas indicam um processo progressivo de deterioração. Assim, evidenciou-se a necessidade de intervenções corretivas e da implementação de um plano contínuo de monitoramento e manutenção para reduzir o avanço das manifestações patológicas e aumentar a durabilidade da estrutura.

Palavras-chave: Obras de Arte Especiais; Manifestações Patológicas; Inspeção Visual; Ponte.





ABSTRACT

The structural preservation of Special Engineering Structures (OES) is fundamental to ensuring road safety and the longevity of regional transportation infrastructure. This study aimed to analyze the main pathological manifestations identified on the Dom Affonso Felipe Gregory Bridge, located between the municipalities of Imperatriz (MA) and São Miguel do Tocantins (TO). The case study was developed through a visual inspection of the bridge, following the criteria established by standard ABNT NBR 9452:2023, in addition to a literature review on Special Engineering Structures, pathological manifestations, and standard inspection methods. Several anomalies were observed during the inspection, including cracks, reinforcement corrosion, presence of moisture and sludge, degradation of metallic elements, drainage system failures, and inadequate exposure of electrical installations. Based on the analyses performed, the main associated factors were identified, and compatible therapeutic recommendations were proposed for the anomalies found while also highlighting the indispensability of periodic inspections and preventive maintenance for structural preservation. It was found that although the bridge is still operational, the observed manifestations indicate a progressive deterioration process. Thus, the need for corrective interventions and the implementation of a continuous monitoring and maintenance plan was evidenced to mitigate the progression of pathological manifestations and increase structural durability.

Keywords: Special Engineering Structures; Pathological Manifestations; Visual Inspection; Bridge.



LISTA DE ILUSTRAÇÕES, TABELAS E QUADROS

FIGURAS

Figura 1 – Elementos componentes de uma ponte.	12
Figura 2 – Carbonatação do concreto e corrosão da armadura	19
Figura 3 – Localização da ponte Dom Affonso Felipe Gregory	25
Figura 4 – Delineamento metodológico para a pesquisa	27
Figura 5 – Fluxograma de etapas das atividades da pesquisa	27
Figura 6 – Exposição de armaduras: a) Perda de cobrimento na parte superior da barreira; b) Desagregação do concreto na lateral da barreira.....	31
Figura 7 – Exposição de armaduras no passeio: a) Lateral esquerda sentido Maranhão; b) Lateral direita sentido Tocantins.....	32
Figura 8 – Falhas nas juntas de dilatação: a) Acúmulo de vegetação e detritos; b) Irregularidades na abertura	33
Figura 9 – Oxidação dos guarda-corpos: a) Corrosão e destacamento da pintura; b) Presença de vegetação junto ao guarda-corpo... ..	34
Figura 10 – Presença de manchas e umidade: a) Umidade e lodo na superfície do concreto; b) Manchas de umidade com exposição de armaduras e presença de vegetação.	35
Figura 11 – Instalações elétricas expostas: a) Caixa de passagem com fiação aparente e vedação inadequada; b) Fios expostos junto a base do poste.	36
Figura 12 – Falhas no sistema de drenagem: a) Dispositivo parcialmente obstruído por vegetação; b) Acúmulo de sedimentos.	37
Figura 13 – Problemas na defesa metálica: a) Presença de vegetação junto à defesa metálica; b) Avanço de vegetação sobre a defesa.....	38
Figura 14 – Trincas e Fissuras: a) Na barreira lateral da ponte; b) Fissuras associadas à exposição de armaduras.....	39

TABELAS

Tabela 1 – Classificação das aberturas conforme dimensão.....	17
Tabela 2 – Classes de agressividade ambiental (CAA)	19
Tabela 3 – Classificação da condição da OAE	25

QUADROS

Quadro 1 – Recomendações de terapia	41
--	----



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
3.1 Obras de Arte Especiais (OAE)	11
3.2 Desempenho, Durabilidade e Vida Útil das Estruturas.....	13
3.3 Patologia das Construções	14
3.3.1 Fissuras, Trincas e Rachaduras.....	16
3.3.2 Corrosão de Armaduras.....	17
3.3.3 Desgaste Superficial do Concreto.....	20
3.3.4 Danos à Pista de Rolamento	21
3.3.5 Danos nas Juntas de Dilatação.....	22
3.4 Inspeção de Obras de Arte Especiais	22
3.4.1 Tipos de Inspeção.....	22
3.5 Classificação de Obras de Arte Especiais (OAE)	23
4. METODOLOGIA.....	25
4.1 Local de Estudo	25
4.2 Tipo de Pesquisa	26
4.3 Etapas da pesquisa	27
4.3.1 Levantamento Bibliográfico	28
4.3.2 Inspeção Visual	28
4.3.3 Análise dos Dados Coletados.....	28
4.3.4 Classificação da OAE	29
4.3.5 Recomendação de Terapia	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 Informações Gerais	29
5.2 Registro de Manifestações Patológicas.....	30
5.2.1 Exposição de Armaduras	30
5.2.2 Problemas nas Juntas de Dilatação.....	31
5.2.3 Oxidação dos Guarda-Corpos	32
5.2.4 Presença de Manchas e Umidade	33
5.2.5 Instalação Elétrica Exposta	34
5.2.6 Problemas no Sistema de Drenagem	35
5.2.7 Problemas na Defesa Metálica	36
5.2.8 Trincas e fissuras	37
5.3 Classificação da OAE	38
5.4 Recomendações de terapia.....	39
6. CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS	43



1. INTRODUÇÃO

Obras de Arte Especiais (OAE) são estruturas complexas da engenharia civil, como pontes, viadutos, túneis, passarelas e muros de arrimo. O termo diferencia essas estruturas de obras comuns de terraplenagem e pavimentação, por exigir projetos estruturais avançados para vencer obstáculos geográficos ou urbanos e garantir a mobilidade (ABNT, 2023). As pontes, uma das modalidades de OAE, sempre despertaram admiração ao longo da evolução humana, por representar o domínio do homem sobre a natureza e o progresso da civilização (Debs, 2021).

As pontes simbolizam a capacidade do ser humano de superar obstáculos naturais, como rios e terrenos acidentados, e são essenciais para o deslocamento seguro das pessoas. Inicialmente, a travessia era feita de forma rudimentar, com materiais disponíveis no meio natural. Com o tempo, fez-se necessário o desenvolvimento de estruturas mais seguras e duráveis (Gonçalves, 2021). Portanto, desempenham um papel essencial no desenvolvimento econômico, social e urbano por possibilitar o deslocamento de pessoas para atividades laborais, transporte de cargas, serviços essenciais e até lazer e turismo (Rabaioli, 2024).

Com o aprimoramento das técnicas construtivas, observou-se notória evolução nos sistemas estruturais e nos materiais usados na construção das pontes. O avanço da indústria siderúrgica e da produção do aço em larga escala, aliado ao invento do concreto armado, possibilitou a execução de pontes cada vez mais complexas e de maior porte (Valeriano, 2021). Contudo, mesmo com a modernização dos processos construtivos, nenhuma estrutura está isenta do envelhecimento natural e deterioração de seus materiais.

Segundo a ABNT NBR 15575:2025, a Vida Útil de Projeto mínima dos sistemas estruturais é de 50 anos, condicionada à realização de intervenções adequadas. Assim, as estruturas possuem durabilidade limitada e necessitam de manutenções para garantir o seu desempenho no decorrer do tempo. A ausência dessas ações pode resultar em catástrofes de grande magnitude, com perdas humanas e materiais. Para Carvalho (2018), as principais manifestações patológicas em OAE estão associadas ao desgaste superficial e deterioração do concreto, fissuras, falhas de concretagem e corrosão de armaduras.

Nesse contexto, destaca-se a ponte Dom Affonso Felipe Gregory, uma OAE que conecta as cidades de Imperatriz – MA e São Miguel do Tocantins – TO sobre o rio Tocantins, e que forma um importante eixo de ligação rodoviária entre esses dois estados. Essa estrutura desempenha um papel essencial local no que tange à mobilidade de pessoas e mercadorias entre esses estados. Portanto, devido a sua importância, recebe diariamente um alto fluxo de veículos leves e pesados (Constran Infraestrutura, 2020).



No entanto, após eventos recentes ocorridos na malha viária regional, observou-se um aumento significativo da circulação de veículos sobre a ponte. Para além disso, a ausência ou insuficiência de ações de manutenção e inspeção tem gerado preocupações quanto ao atual estado de conservação da estrutura (Lima, 2025). Assim, surge o seguinte problema de pesquisa: quais são as principais manifestações patológicas presentes na estrutura da ponte Dom Affonso Felipe Gregory e quais os principais agentes responsáveis por sua ocorrência?

Diante dessa problemática, a justificativa desse trabalho se dá pela necessidade de proporcionar maior segurança aos usuários da via e aumentar a vida útil da OAE, especialmente devido ao crescimento do tráfego na região. Como afirma Souza (2024), uma boa condição de uso e segurança depende diretamente de um correto diagnóstico. Dessa forma, esse estudo objetivou contribuir ao diagnóstico do estado de conservação da estrutura e propôs medidas de manutenção para favorecer a conservação com condições adequadas de uso.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar as principais manifestações patológicas presentes na estrutura da ponte Dom Affonso Felipe Gregory, para identificação das causas e proposição de medidas de recuperação e prevenção de novos danos.

2.2 Objetivos Específicos

- Levantar as principais manifestações patológicas presentes na estrutura da ponte Dom Affonso Felipe Gregory;
- Verificar as possíveis causas associadas às manifestações patológicas identificadas;
- Apontar medidas corretivas e preventivas cabíveis para minimização ou solução das manifestações patológicas observadas;
- Classificar as anomalias identificadas de acordo com os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 9452:2023, sob a ótica estrutural, funcional e de durabilidade.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Obras de Arte Especiais (OAE)

De acordo com a ABNT NBR 9452:2023, uma Obra de Arte Especial (OAE) é toda estrutura que se classifica como ponte, pontilhão, viaduto ou passarela, projetada para vencer com segurança obstáculos como rios, vales e outras vias. Essas estruturas são essenciais para a

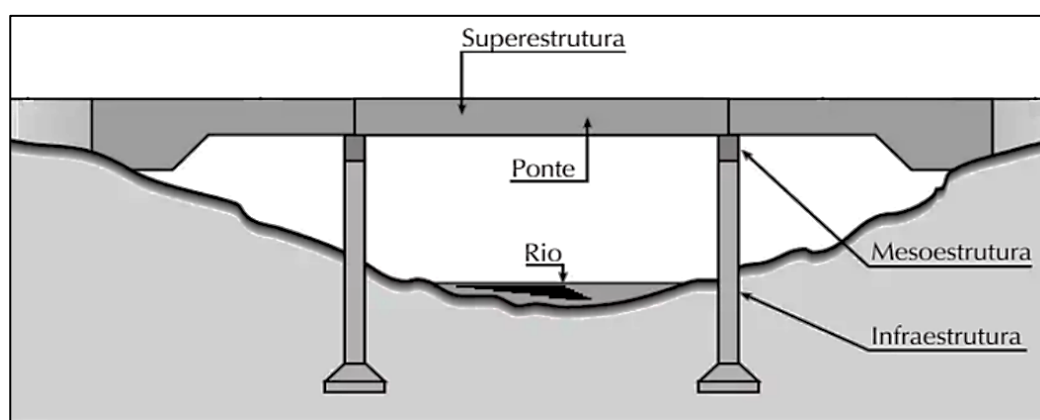


infraestrutura viária e garantem a conexão entre diferentes pontos de uma região. Quando construídas para transpor cursos d'água, como rios, lagos ou córregos e apresentam vão livre superior a seis metros, medido ao longo do eixo da rodovia, a estrutura é especificamente denominada ponte.

As primeiras pontes surgiram de forma rudimentar, devido à necessidade do homem de ultrapassar obstáculos naturais que impediam o deslocamento de um lugar para o outro. No princípio, essas estruturas eram construídas com os materiais disponíveis no ambiente, como troncos, pedras e cordas, sem método construtivo definido. Entretanto, com o avanço das técnicas de engenharia, as pontes evoluíram das rústicas estruturas utilizadas pelos povos pré-históricos para as sofisticadas construções atuais (Gonçalves, 2021).

Do ponto de vista econômico, as pontes são fundamentais para o transporte de pessoas e mercadorias, e estão diretamente relacionadas ao nível de desenvolvimento das cidades (Cavalcante, 2019). Os componentes estruturais de uma ponte são tradicionalmente divididos em: superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura, conforme representado na Figura 1.

Figura 1 – Elementos componentes de uma ponte.



Fonte: Adaptado de Marchetti (2018).

A superestrutura, também conhecida como tabuleiro ou estrado, recebe diretamente as cargas oriundas dos veículos e as transmite para a mesoestrutura. Ela suporta o vão que precisa ser transposto pela ponte e é composta por vigas longitudinais, denominadas longarinas, vigas transversais, também chamadas de transversinas, e pelas lajes superior e inferior (Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná, 2023).

A mesoestrutura é responsável pela ligação entre a superestrutura e a infraestrutura, e garante a transmissão de esforços entre essas partes. Entre seus principais componentes estão os pilares, os aparelhos de apoio e os encontros. A infraestrutura, por sua vez, recebe todas as

cargas provenientes da superestrutura e mesoestrutura e as transmite para o solo. Esse conjunto é responsável por garantir a estabilidade global da ponte (Cavalcante, 2019).

Na perspectiva do sistema estrutural da superestrutura, as pontes podem ser divididas em cinco tipos: pontes em viga, treliçadas, em arco, pênsil e estaiadas. As pontes em viga possuem vigas longarinas responsáveis por sustentar o tabuleiro, que podem ter ou não o apoio de vigas transversinas. Já as pontes treliçadas são constituídas por barras interligadas que formam treliças, que trabalham predominantemente à tração e à compressão (Marchetti, 2018).

Para Ribeiro *et al.* (2022), o sistema em arco é considerado um dos mais antigos do mundo e funciona basicamente por meio de esforços de compressão. Nesse sistema, as cargas da ponte são transmitidas para o arco estrutural, que as conduz aos apoios ou fundações. No caso da ponte pênsil, os elementos fundamentais são os cabos suspensos entre torres, dos quais partem cabos verticais que sustentam o tabuleiro. Esses trabalham predominantemente à tração e transferem os esforços aos blocos de ancoragem (Valeriano, 2021).

Nas pontes estaiadas, o tabuleiro é sustentado por cabos inclinados denominados estais que se ligam às torres e conduzem as cargas até as fundações. A evolução das pontes estaiadas modernas é associada ao engenheiro alemão Franz Dischinger, que introduziu o uso de estais protendidos e do aço de alta resistência para redução da deformabilidade da estrutura. Após a 2ª Guerra Mundial, esse tipo de ponte passou por notória evolução, dado que a reconstrução de diversas estruturas impulsionou seu aperfeiçoamento (Sardinha Filho, 2020).

3.2 Desempenho, Durabilidade e Vida Útil das Estruturas

Segundo a ABNT NBR 15575:2025, o desempenho de uma edificação pode ser definido como a capacidade de manter condições de utilização adequadas ao longo da sua vida útil, sem apresentar danos que comprometam a função para a qual foi concebida. Esse desempenho é considerado satisfatório quando a estrutura apresenta condições adequadas de estabilidade e segurança ao longo do tempo. A vida útil de uma estrutura corresponde ao período em que a edificação e seus sistemas preservam o desempenho previsto em norma e atende às funções para as quais foram projetadas.

A durabilidade é a capacidade da estrutura de preservar seu desempenho e cumprir suas funções ao longo do tempo. Indica, portanto, a manutenção do desempenho durante a vida útil (ABNT NBR 15575, 2025). Assim, a durabilidade e vida útil são conceitos relacionados, mas com significados diferentes: o primeiro refere-se à capacidade dos materiais e elementos de resistirem aos processos de deterioração, associado às condições do ambiente em que estão



inseridas; enquanto o segundo é período temporal em que a edificação mantém níveis de desempenho satisfatórios para o uso (Weimer; Thomas; Dresch, 2018).

Na construção civil, a durabilidade das estruturas está associada à capacidade que elas possuem de suportar, ao longo do tempo, as ações de uso, os agentes externos e as condições ambientais, com desempenho isento de deteriorações significativas (Santos, 2025). No caso das pontes de concreto armado, a durabilidade envolve, em conjunto, as fases de projeto, construção e manutenção.

Durante a fase de projeto, define-se os aspectos necessários para que a obra tenha segurança, funcionalidade e adequação ao uso, considerados os dados topográficos, geológicos, hidrológicos e normativos para que a estrutura suporte as cargas e condições de uso durante a vida útil. Na fase de construção, os materiais devem apresentar boa qualidade e adequabilidade à agressividade do meio. Por fim, a etapa de manutenção diz respeito às ações preventivas e rotineiras que devem ser realizadas após a construção (Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná, 2023).

3.3 Patologia das Construções

Na engenharia civil, o termo patologia pode ser compreendido como a área que investiga sintomas, mecanismos, agentes e origens dos problemas nas construções. Derivado das palavras gregas *páthos* (doença) e *logia* (estudo), o termo costuma ser relacionado à área da medicina que estuda as doenças. Nesse sentido, a patologia na engenharia civil consiste na ciência que analisa as causas, origens e sintomas das doenças presentes em uma estrutura. Assim, enquanto os médicos estudam a doença no corpo humano, na engenharia são estudadas as anomalias que ocorrem nas construções (Gonçalves, 2021).

As manifestações patológicas são, portanto, os sinais visíveis que indicam a existência de defeitos em um elemento ou sistema da construção; ou seja, é um indicativo de que determinado componente da estrutura está “sofrendo” por anomalia que reflete em danos de desempenho. A depender da extensão do problema, torna-se necessária a intervenção em diferentes partes da construção pois, caso não sejam tratadas, podem provocar a deterioração da estrutura ao longo do tempo (Tambara Júnior; Barraza, 2021).

Frequentemente, o termo patologia é usado de forma equivocada como sinônimo de manifestação patológica e ainda empregado no plural. No entanto, a patologia é considerada uma ciência, assim como a matemática, a geologia, a meteorologia e a medicina. Por se tratar de um campo único de estudo, o termo não possui plural. Assim, fenômenos como fissuras são



classificados como manifestações patológicas e não como patologias propriamente ditas (Bolina; Tutikian; Helene, 2019).

Para Sena *et al.* (2021), as causas das manifestações patológicas são provenientes de inúmeros fatores, como projeto mal executado, materiais de baixa qualidade, falhas de execução e falta de manutenção. Ao se identificar uma manifestação patológica, deve-se elaborar um plano de ação para correção direcionada às causas do problema. Quando a intervenção é mais pontual, esse plano pode consistir apenas de reparos. Contudo, quando a solução exige medidas mais amplas, torna-se necessário um plano de manutenção mais elaborado.

Dentre as etapas básicas do processo construtivo (concepção, execução e utilização), a maioria das manifestações patológicas se originam nas fases de concepção (projeto) e execução (construção). Na etapa de concepção, os erros podem ocorrer durante o estudo preliminar, anteprojeto ou projeto final, em que as falhas no projeto final são as principais responsáveis pelo aparecimento de manifestações patológicas. Na fase de execução, fatores como mão de obra desqualificada, ausência de controle e baixa qualidade dos materiais são exemplos dos principais erros que acontecem (Weimer; Thomas; Dresch, 2018).

Nas estruturas de concreto armado, as manifestações patológicas podem surgir devido a diversos fatores, pois se trata de um elemento formado pela combinação de diversos materiais, como cimento, agregados e água, associados ao aço como elemento de reforço. Nesse contexto, conhecer a natureza do material é essencial para desenvolver estruturas com desempenho adequado (Tambara Júnior; Barraza, 2021).

Para Weimer, Thomas e Dresch (2018), a causa do processo de deterioração nessas estruturas possui duas classificações, dadas conforme sua origem: as causas intrínsecas e as extrínsecas. Aquelas que estão diretamente relacionadas à própria estrutura, decorrentes dos materiais usados na construção, são denominadas causas intrínsecas. Essas podem ser inerentes ao material ou ocasionadas por falhas humanas e ações externas. As causas extrínsecas, por outro lado, correspondem àquelas que não se relacionam diretamente à própria estrutura, pois são provocadas por agentes externos que atuam sobre a edificação.

Toda construção está sujeita a apresentar falhas ao longo de sua vida útil, seja durante a fase de execução ou durante sua utilização. Essas falhas são capazes de prejudicar a qualidade, a funcionalidade e a durabilidade da estrutura, ainda agravadas quando não devidamente identificadas e tratadas. Dentre as manifestações recorrentes em estruturas de concreto, cita-se as fissuras, deformações excessivas, corrosão das armaduras, nichos de concretagem, e eflorescências (Mendes *et al.*, 2022).



Nas OAE, diversas dessas anomalias são encontradas, e abrangem desde problemas de execução à danos provocados por impactos, fissuração, exposição de armaduras ou deterioração por agentes agressivos. Nos aparelhos de apoio, os defeitos verificados incluem bloqueios, posicionamento inadequado, deformações excessivas e oxidação. Nas pistas, há principalmente o desgaste superficial, as cavidades no pavimento e a deficiência nos sistemas de drenagem. Já nas juntas de dilatação, há a ausência de perfil de vedação, falta de estanqueidade e acúmulo de detritos (Rabaioli, 2024).

3.3.1 Fissuras, Trincas e Rachaduras

Segundo Duarte, Barbosa e Farias (2021), as fissuras, trincas e rachaduras constituem manifestações patológicas que ocorrem em alvenarias, pilares, lajes, vigas e outros elementos estruturais, geralmente associadas ao surgimento de tensões nos materiais. Elas se desenvolvem quando os esforços solicitantes ultrapassam a capacidade resistente dos materiais ou das suas ligações. Os conceitos de fissuras, trincas e rachaduras se assemelham em muitos aspectos, e diferenciam-se apenas nas dimensões.

As fissuras correspondem a aberturas estreitas e alongadas, geralmente distribuídas de maneira aleatória e dispostas superficialmente. As trincas e rachaduras são aberturas mais profundas, normalmente bem localizadas, que podem provocar a separação entre as partes do elemento (Bolina; Tutikian; Helene, 2019). Na Tabela 1 é apresentada a classificação dessas manifestações conforme a amplitude.

Tabela 1 – Classificação das aberturas conforme dimensão.

TIPO DE ABERTURA	DIMENSÕES
Fissura	de 0,2mm a 0,5mm
Trinca	de 0,5mm a 1,5mm
Rachadura	de 1,5mm a 5,0mm

Fonte: Adaptado de Matildes (2022).

Quando possibilitam a entrada de agentes agressivos, essas fissuras possuem natureza estrutural e comprometem o desempenho do elemento afetado. Portanto, essa manifestação resulta de tensões nos elementos da estrutura, de recalques diferenciais, de movimentações térmicas, sobrecarga, dentre outros (Silva; Godoy; Resende, 2020).

As fissuras também podem ser classificadas conforme sua atividade e direção. Com relação a atividade, podem ser ativas ou passivas. As fissuras ativas apresentam variação de

abertura com o passar do tempo, enquanto as fissuras passivas permanecem estáveis e sem alteração de espessura ou comprimento no decorrer do tempo. Essa avaliação é feita por meio do uso de selo de gesso ou plaquetas de vidro fixadas junto à fissura, que se rompem caso haja atividade (Verly, 2022).

Quanto à direção, as fissuras podem ser horizontais, verticais ou diagonais e possuem características específicas conforme suas causas. As verticais são ocasionadas pelos diferentes coeficientes de dilatação dos materiais ou por carregamentos concentrados excessivos. Em contrapartida, as horizontais são causadas devido a esforços excessivos de tração. Por fim, as fissuras diagonais ocorrem quando há recalque de fundações (Fernandes, 2022).

Conforme a ABNT NBR 6118:2026, a fissuração em componentes de concreto é inevitável pela baixa resistência do material à tração e à variabilidade de sua composição. Por isso, torna-se necessário controlar rigorosamente a ocorrência dessas manifestações, o que promove o bom desempenho na proteção das armaduras contra a corrosão e contribui para a durabilidade e aparência da estrutura.

Os fatores atrelados ao surgimento dessas manifestações patológicas estão geralmente associados a ações mecânicas, construtivas ou físico-químicas. Entre essas estão os recalques diferenciais, a ausência ou inadequação de elementos, como vergas e contravergas, além de deformações excessivas na estrutura. Também podem ocorrer por sobrecargas ou processos de natureza química. As fissuras, portanto, afetam a resistência e a estética das construções, e podem evoluir para problemas mais graves (Matildes, 2022).

Para Santos (2019), o tratamento de fissuras pode ser realizado por meio de diferentes técnicas, de acordo com as características da fissura e as condições que a originaram. Dentre essas, destacam-se a aplicação de resinas estruturais à base de epóxi ou poliuretano por injeção, materiais cimentícios específicos, ou selantes poliméricos. Ressalta-se que, pela diversidade de causas associadas ao surgimento das fissuras, não é possível adotar uma única solução para todos os casos e faz-se necessário avaliar cada situação de forma individual.

3.3.2 Corrosão de Armaduras

Segundo Souza (2024), a corrosão consiste em um fenômeno natural que ocorre quando o material é exposto ao ambiente, o que gera alterações em suas características. Nas armaduras, esse processo provoca a degradação progressiva das barras de aço e resulta em uma redução da sua seção transversal. Por ser um fenômeno expansivo, a corrosão ocasiona fissuras e trincas, o que expõe ainda mais o aço aos agentes agressivos do ambiente e acelera seu desgaste.



Esse fenômeno decorre de reações químicas e eletroquímicas que promovem a oxidação do aço presente nas armaduras do concreto. Em condições normais, as barras de aço são protegidas por uma camada passiva formada pelo ambiente alcalino do concreto. No entanto, quando rompida, o aço torna-se vulnerável à ação de agentes agressivos e inicia um processo gradual de deterioração (Silva; Godoy; Resende, 2020).

Para Bolina, Tutikian e Helene (2019), essa manifestação patológica pode ter origens diversas, como a espessura insuficiente de cobrimento das armaduras ou o uso de concreto com elevada porosidade e incompatível com o ambiente. Isso facilita a entrada de agentes agressivos capazes de destruir a proteção alcalina do concreto e inicia o processo corrosivo que, por ser expansivo, resulta no destacamento da camada de cobrimento. Além disso, relaciona-se a falhas na execução da estrutura ou ao surgimento de fissuras no concreto.

O ambiente é um dos principais fatores que desencadeiam o processo de corrosão no concreto armado. Assim, torna-se fundamental considerar esse aspecto desde a etapa de projeto arquitetônico. A ABNT NBR 6118:2026 determina que o risco de deterioração das estruturas varia conforme o grau de agressividade ambiental, associado às ações físicas e químicas que agem no concreto (Tabela 2).

Tabela 2 – Classes de agressividade ambiental (CAA).

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Frac	Rural	Insignificante
		Submerso	
II	Moderada	Urbano ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinho ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

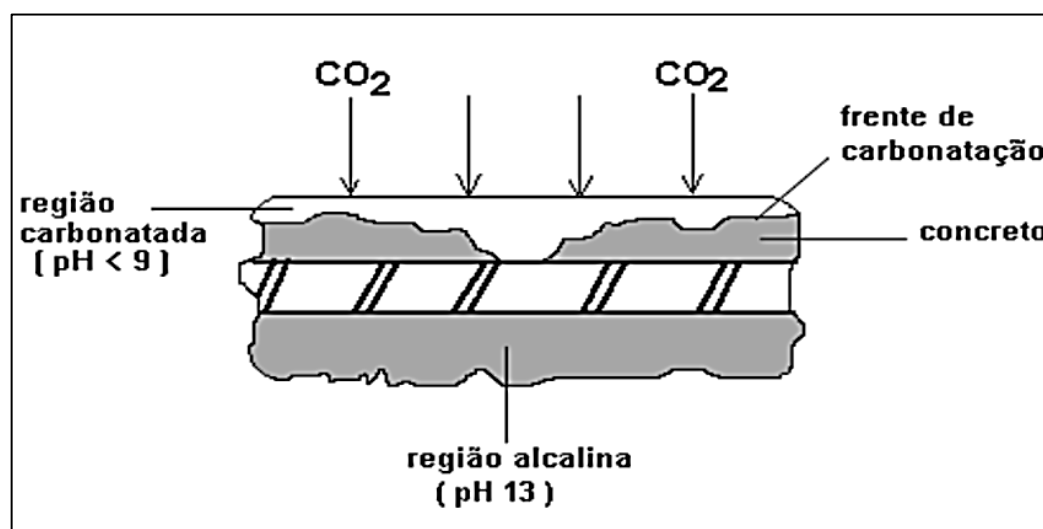
Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6118 (2026).

A corrosão pode ser classificada em duas formas principais, mas com comportamentos distintos: a corrosão generalizada e a corrosão localizada. Quando o desgaste da superfície do material é relativamente uniforme, tem-se uma corrosão generalizada. Por sua vez, se a corrosão ocorre em regiões mais restritas, classifica-se como localizada. Apesar de possuírem diferenças, ambas afetam diretamente a superfície do concreto (Caldas e Nogueira, 2023).



Silva (2025) destaca que os mecanismos principais que desencadeiam a corrosão são a carbonatação e a ação de cloretos. Na carbonatação, o dióxido de carbono presente no ambiente se infiltra nos poros do concreto e reage com o hidróxido de cálcio da pasta cimentícia. Esse processo gera o carbonato de cálcio e reduz a alcalinidade do concreto, o que compromete a camada protetora da armadura, tornando-a mais suscetível à corrosão na presença de oxigênio e umidade (Figura 2).

Figura 2 – Carbonatação do concreto e corrosão da armadura.



Fonte: Carvalho (2020).

Na corrosão por meio da ação de cloretos, os íons de cloreto provenientes de ambientes agressivos, como os de orla marítima ou aditivos químicos, penetram no concreto e quebram a camada passiva mesmo em meios com pH alto. Esse tipo de manifestação tende a ser localizada e de rápida progressão (Silva, 2025). Para reduzir a ocorrência de corrosão nas armaduras de concreto, é necessário adotar medidas preventivas durante a vida útil da estrutura. Entre elas, destacam-se a avaliação da agressividade do ambiente conforme as classes previstas em norma, a garantia do cobrimento necessário das armaduras e a baixa permeabilidade do concreto. Além disso, podem ser adotadas medidas complementares, como o uso de armaduras galvanizadas, inibidores de corrosão ou aços especiais (Associação Brasileira de Corrosão, 2025).

O reparo consiste principalmente na eliminação das causas, recomposição da seção e restauração da durabilidade. A recuperação requer limpeza e retirada completa do concreto degradado e da ferrugem da barra, seguido de aplicação de jatos de areia, ar comprimido e água. Conduz-se, em sequência, a análise da seção transversal da barra e, em caso de perda de resistência do aço, faz-se emenda de transpasse, onde novas barras são adicionadas à estrutura.

Por fim, há a reconstrução do concreto degradado, com o uso de materiais específicos para que a aderência do concreto novo com o antigo seja satisfatória (Martins, 2022).

As estruturas de concreto apresentam um bom desempenho quanto à corrosão e são amplamente usadas pela durabilidade. Entretanto, faz-se indispensável a adoção de medidas específicas de controle e prevenção, especialmente em ambientes aonde há maior grau de agressividade ambiental. Dessa forma, evita-se a deterioração precoce das armaduras e o comprometimento da vida útil da estrutura (Associação Brasileira de Corrosão, 2025).

3.3.3 Desgaste Superficial do Concreto

Segundo Verly (2022), o desgaste superficial é a perda gradual de material na superfície do concreto, que pode ocorrer por abrasão, erosão ou cavitação. Trata-se de um mecanismo físico de deterioração que se manifesta no estado endurecido do concreto, devido ao atrito entre agentes externos e a superfície do material. Quando provocado pelo contato com partículas sólidas, o desgaste resulta em erosão, enquanto a ação da água em movimento provoca cavitação (Bolina; Tutikian; Helene, 2019).

O desgaste por abrasão refere-se ao atrito seco, como ocorre em pavimentos e pisos industriais devido ao tráfego de veículos. A erosão caracteriza-se pela ação abrasiva de fluidos com partículas sólidas em suspensão, que impactam continuamente a superfície e promovem a remoção gradual de material ao longo do tempo. Esse processo é comum em estruturas hidráulicas, como revestimentos de canais, vertedores e tubulações de concreto destinadas ao transporte de água e esgoto (Ribeiro, 2018).

Por sua vez, a cavitação está associada à perda de massa do concreto provocada pela formação e posterior ruptura de bolhas de vapor, geradas por variações bruscas na direção de escoamento de água em alta velocidade. Esse processo pode ocorrer tanto em estruturas sujeitas a fluxo intenso quanto em elementos de concreto submersos. Como consequência, provoca danos localizados na superfície, como a formação de sulcos (Carvalho, 2018).

A prevenção do desgaste superficial envolve a adoção de medidas conforme o mecanismo atuante. No caso da abrasão, recomenda-se o uso de revestimentos especiais ou materiais mais resistentes nas áreas mais expostas. Para combater a erosão, é essencial proteger as superfícies vulneráveis com revestimentos apropriados e adotar um sistema de drenagem eficiente. Já em relação à cavitação, é importante utilizar materiais resistentes e controlar adequadamente o fluxo de água. Assim, a implementação dessas estratégias contribui para a durabilidade e o desempenho das estruturas (Oliveira, 2025).



3.3.4 Danos à Pista de Rolamento

As manifestações patológicas em pavimentos asfálticos correspondem a falhas e deformações que podem aparecer ao longo da vida útil da estrutura, o que afeta as superfícies de rodovias, vias urbanas e demais áreas pavimentadas. Essas ocorrências resultam de processos de deterioração dos materiais associados às condições de uso ao longo do tempo. Sua presença compromete a durabilidade da estrutura, a segurança e a comodidade dos usuários, além de impactar negativamente os aspectos funcionais e estéticos da via (Aguiar; Silva; Santana, 2025).

Nesse contexto, o surgimento dessas manifestações está diretamente relacionado a diversos fatores, como falhas de projeto, execução inadequada e processos construtivos deficientes. Ainda, o envelhecimento dos materiais, a ação do tráfego e as condições climáticas contribuem significativamente para a degradação do pavimento. Assim, tais anomalias podem se manifestar tanto na superfície quanto no interior da estrutura, na forma de afundamentos, trincamentos, desintegrações, deformações, exsudação, bem como na formação de painéis (Marcato e Oliveira, 2021).

Cada uma dessas anomalias apresenta características específicas associadas ao seu mecanismo de ocorrência. Para Aguiar, Silva e Santana (2025), os afundamentos consistem em deformações na superfície, resultantes da ação plástica das camadas do pavimento, enquanto os trincamentos correspondem a fissuras associadas à fadiga do material, tensões internas ou variações térmicas. A desintegração está relacionada à perda de coesão do material, enquanto as deformações manifestam-se como irregularidades decorrentes da instabilidade da mistura asfáltica sob a ação do tráfego e das condições climáticas.

Adicionalmente, a exsudação é causada pelo excesso de ligante betuminoso, que forma uma película superficial que reduz a aderência do pavimento. Por fim, as painéis correspondem a cavidades no revestimento asfáltico, que podem ou não comprometer as camadas subjacentes. Essas ocorrências estão frequentemente associadas à desintegração localizada da superfície, geralmente em regiões previamente afetadas por trincas interligadas, onde a ação do tráfego e das intempéries promove a remoção do material (Marcato e Oliveira, 2021).

O tratamento das manifestações patológicas em pavimentos asfálticos depende do tipo e da gravidade dos danos identificados. Para defeitos superficiais, como desgaste inicial, podem ser adotados tratamentos superficiais simples ou duplos para restabelecer a aderência da via. Em casos de painéis e buracos, utiliza-se o remendo, com remoção do material deteriorado, limpeza e recomposição com mistura betuminosa, seguida de compactação. Já as trincas podem ser tratadas por meio de selagem, a fim de retardar sua evolução (Ferreira; Santos Neta, 2022).



3.3.5 Danos nas Juntas de Dilatação

As juntas de dilatação são componentes não estruturais, mas de grande importância para o funcionamento das OAE, pois estão localizadas na superfície do tabuleiro e definem as transições entre eles, e ainda acomodam movimentações oriundas de variações térmicas e deformações. Por estarem expostos, esses elementos estão sujeitos à ação de veículos, pedestres e intempéries, o que os torna mais suscetíveis à deterioração (Cordeiro; Souza; Ozorio, 2019).

De acordo com a ABNT NBR 9452:2023, os principais problemas nas juntas de dilatação estão associados à falta de vedação e à perda de estanqueidade, o que favorece a infiltração de água e agentes agressivos na estrutura. Também são frequentes as irregularidades geométricas, como saliências ou depressões, que prejudicam a trafegabilidade e aumentam os esforços dinâmicos atuantes, assim como o acúmulo de detritos e a presença de aberturas excessivas, que comprometem o desempenho e a durabilidade das juntas.

3.4 Inspeção de Obras de Arte Especiais

Durante a vida útil, OAE estão expostas à ação de agentes ambientais, como oscilações de temperatura, umidade e processos de agressividade química, com efeito no envelhecimento e o desgaste dos materiais. Além disso, podem ser submetidas a ações excepcionais ou cargas acidentais, capazes de comprometer seu desempenho estrutural. Diante disso, a realização de inspeções periódicas torna-se essencial para o acompanhamento das condições da estrutura e para a preservação de sua durabilidade e segurança (Almeida *et al.*, 2024).

Nesse contexto, destaca-se a ABNT NBR 9452:2023 como a principal norma que regulamenta a realização de inspeções em OAE. Essa norma estabelece as diretrizes, critérios e procedimentos técnicos para a avaliação do estado de conservação dessas estruturas. O documento também apresenta conceitos fundamentais relacionados a inspeções, orienta quanto as etapas de coleta, registro e organização das informações, assim como estabelece critérios para a classificação das condições estruturais (Simões; Rodrigues; Pinheiros, 2021).

3.4.1 Tipos de Inspeção

A ABNT NBR 9452:2023 estabelece que as inspeções estruturais consistem em um conjunto de procedimentos técnicos especializados e voltados à coleta de informações sobre o estado da estrutura. A partir dessas informações, é possível elaborar diagnósticos e prognósticos das condições observadas, que subsidiam decisões de manutenção das condições de segurança,



funcionalidade e vida útil. A norma classifica essas inspeções em quatro categorias: cadastral, rotineira, especial e extraordinária.

A inspeção cadastral corresponde à primeira avaliação realizada na OAE, executada logo após a sua construção. Esse tipo de inspeção envolve a coleta de informações técnicas detalhadas, registro fotográfico completo, elaboração de desenhos esquemáticos e classificação da obra, e pode ainda contemplar a indicação de intervenções ou restrições de uso. Dessa forma, ela constitui a base para o acompanhamento e gestão da estrutura ao longo de sua vida útil (Manual de Inspeção de Obras de Arte, 2018).

A inspeção rotineira caracteriza-se pela avaliação periódica da estrutura e deve ocorrer anualmente. Para isso, identifica-se a progressão de falhas previamente registradas, bem como o surgimento de novas anomalias, intervenções executadas, como reparos e reforços, e ainda eventuais modificações ocorridas na estrutura ao longo do período. Ademais, na inspeção rotineira realiza-se verificação predominantemente visual, sem a necessidade de equipamentos ou instrumentos especiais (Sardinha Filho, 2020).

A inspeção especial é uma avaliação detalhada da OAE, geralmente realizada em intervalos de até cinco anos, mas que pode ser ampliada para até oito anos conforme a norma. Consiste na análise aprofundada da estrutura, com mapeamento das anomalias em seus elementos acessíveis, o que permite diagnósticos mais precisos. Pode, também, demandar o uso de equipamentos para acesso a regiões de difícil visualização, inclusive partes submersas. Além disso, pode ser antecipada em casos de condições críticas identificadas ou quando houver previsão de intervenções relevantes na estrutura (ABNT NBR 9452, 2023).

A inspeção extraordinária corresponde a uma avaliação não programada, realizada em situações específicas que demandam análise imediata da estrutura. Esse tipo de inspeção é motivado por eventos como a ocorrência de impactos por veículos ou por ações da natureza. Seu objetivo é verificar possíveis danos e assegurar as condições de segurança da OAE, pois segue os mesmos procedimentos adotados na especial, mas que pode ainda incluir avaliações detalhadas conforme a necessidade (Manual de Inspeção de Obras de Arte, 2018).

3.5 Classificação de Obras de Arte Especiais (OAE)

Conforme a ABNT NBR 9452:2023, a classificação das Obras de Arte Especiais baseia-se na análise integrada de três parâmetros fundamentais: estrutural, funcional e de durabilidade, pelo fato de considerar sempre a gravidade das anomalias identificadas durante as inspeções. O parâmetro estrutural está relacionado à segurança da estrutura, envolvendo sua estabilidade e



capacidade resistente frente às solicitações atuantes, conforme os estados limites definidos na ABNT NBR 6118: 2026.

Já os parâmetros funcionais referem-se às condições de uso da OAE, o que inclui fatores como o conforto, segurança dos usuários, geometria adequada e integridade dos elementos operacionais, por exemplo guarda-corpos e pista de rolamento. Por sua vez, os parâmetros de durabilidade dizem respeito à capacidade da estrutura de manter seu desempenho ao longo do tempo, associados à resistência frente à ação de agentes agressivos e ao ritmo de deterioração dos materiais (ABNT NBR 9452, 2023).

A metodologia de avaliação estabelecida pela norma baseia-se na atribuição de notas de classificação que permitem representar as anomalias identificadas durante a inspeção. Essa classificação considera uma escala de 1 a 5, onde os valores variam de crítica a excelente, em que são atribuídas separadamente aos aspectos estrutural, funcional e de durabilidade (Simões; Rodrigues; Pinheiros, 2021). Tabela 3 ilustra a escala de classificação adotada pela norma, evidenciando os critérios usados para a atribuição das notas em cada parâmetro avaliado.

Tabela 3 – Classificação da condição da OAE.

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

Fonte: ABNT NBR 9452 (2023).



O relatório resultante das inspeções deve seguir o modelo de ficha previsto na norma, com informações gerais de identificação da estrutura, a descrição das manifestações patológicas observadas e a classificação com as respectivas notas atribuídas a cada parâmetro avaliado. Além disso, é necessário a inclusão de um registro fotográfico com no mínimo oito imagens, para documentar as condições verificadas (Simões; Rodrigues; Pinheiros, 2021).

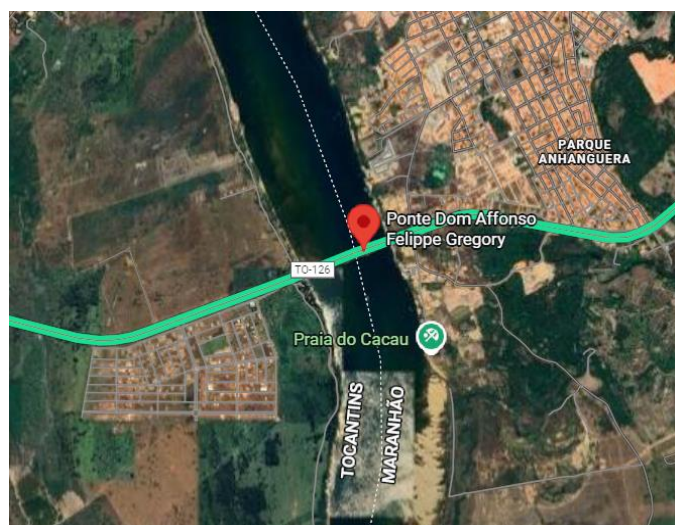
4. METODOLOGIA

4.1 Local de Estudo

O estudo de caso foi realizado na ponte Dom Affonso Felipe Gregory, uma Obra de Arte Especial que atravessa o Rio Tocantins e conecta as cidades de Imperatriz – MA e São Miguel do Tocantins – TO. Inaugurada em 2009 durante o governo de Roseana Sarney, a ponte se tornou uma rota de extrema importância econômica e social entre o sul do Maranhão e o norte do Tocantins. Além da relevância logística, a ponte também possui destaque simbólico, pois é um cartão postal da região e parte integrante do cenário do Rio Tocantins (Lima, 2025).

A ponte possui aproximadamente 1,2 km de extensão e 16,00 m de largura, classificada como uma OAE do tipo estaiada, ou seja, seu tabuleiro é sustentado por cabos de aço tensionados e ancorados em torres ou mastros. Além disso, é formada por duas pistas destinadas ao tráfego de veículos, com pavimentação em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBQU), uma mistura asfáltica amplamente utilizada em rodovias e vias urbanas de tráfego intenso (Constran Infraestrutura, 2020). Na Figura 3 é possível visualizar a localização estratégica da ponte, na divisa entre os dois estados.

Figura 3 – Localização da ponte Dom Affonso Felipe Gregory.



Fonte: Google Maps (2025).

Diante da importância socioeconômica e do significativo fluxo diário de veículos, o estudo das condições atuais da ponte é fundamental, uma vez que falhas podem gerar impactos significativos para a população. Nesse contexto, a realização de inspeções periódicas é essencial para avaliar o estado de conservação da estrutura, conforme preconizado pela norma ABNT NBR 9452:2023, que orienta os procedimentos de inspeção e classificação das condições das OAE (Simões; Rodrigues; Pinheiros, 2021).

4.2 Tipo de Pesquisa

Quanto à natureza, essa pesquisa caracteriza-se como aplicada, por gerar conhecimento com finalidade prática, direcionado à solução de problemas reais. A pesquisa aplicada objetiva encontrar respostas para problemas específicos, pois é desenvolvida com interesse prático bem definido (Silva, 2024). Nesse contexto, o presente estudo buscou compreender as manifestações patológicas identificadas na ponte e, assim, fazer contribuições a respeito de possíveis soluções compatíveis com a realidade observada.

No que se refere à abordagem, o estudo é classificado como qualitativo-descritivo, uma vez que procura compreender um fenômeno específico inserido em um contexto real. Para Guerra *et al.* (2024), esse tipo de pesquisa é fundamental na investigação científica, uma vez que se baseia na compreensão aprofundada e na interpretação dos fenômenos estudados. Dessa forma, a abordagem qualitativa-descritiva não tem como foco a quantificação dos dados, mas sim a análise e interpretação do caso estudado.

Em relação aos objetivos, a pesquisa enquadra-se como descritiva e exploratória. É descritiva porque visa identificar, registrar e caracterizar as manifestações patológicas presentes na ponte em estudo, e exploratória pois busca compreender suas possíveis causas, relevância e implicações no desempenho. Esse enquadramento é coerente com outras pesquisas na área, como a desenvolvida por Sardinha Filho (2020), que adotou abordagem semelhante na análise de manifestações patológicas em pontes de concreto.

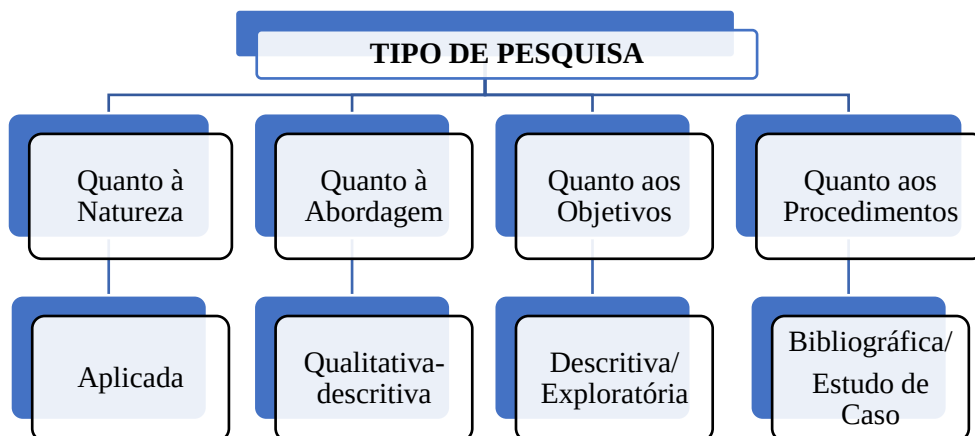
Quanto aos procedimentos técnicos, o presente trabalho caracteriza-se como pesquisa bibliográfica e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica foi realizada por meio da análise de fontes já existentes e reconhecidas na área, como livros, artigos científicos, normas técnicas e demais produções acadêmicas, fundamentais para a compreensão do problema investigado e para o embasamento teórico do estudo. Foram utilizadas, ainda, ferramentas de busca como Google Acadêmico, SciELO e Mendeley.

O estudo de caso foi desenvolvido a partir da investigação detalhada das condições da ponte objeto de estudo. Segundo Sátyro e D'Albuquerque (2020), esse tipo de abordagem é



fundamental para a compreensão de fenômenos complexos, influenciados por múltiplos fatores simultaneamente, que não podem ser analisados de forma isolada. Portanto, o estudo considerou o fenômeno de maneira integrada, ao contemplar os elementos estruturais, o contexto e as condições de exposição da estrutura. A Figura 4 apresenta o organograma do delineamento metodológico adotado nesta pesquisa.

Figura 4 – Delineamento metodológico para a pesquisa.

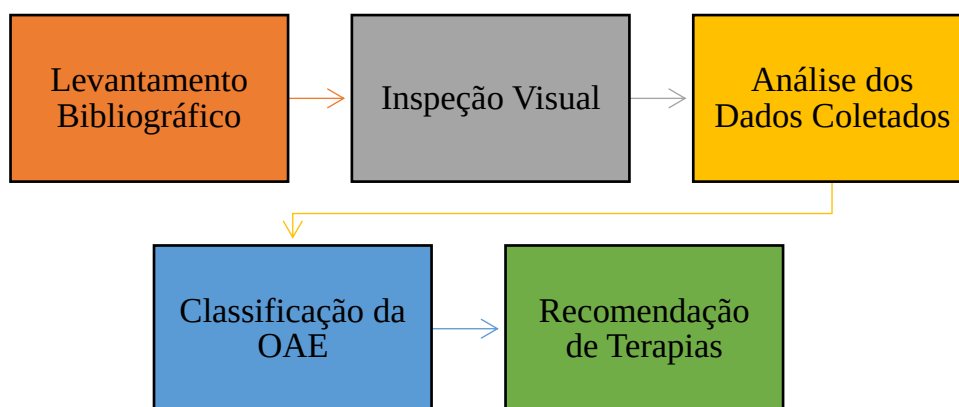


Fonte: Autora (2026).

4.3 Etapas da pesquisa

Para a realização do estudo, as atividades foram desenvolvidas em uma sequência lógica e sistematizada de etapas, com o objetivo de garantir o rigor metodológico e a coerência com os objetivos propostos. O delineamento das etapas está fundamentado nos procedimentos de inspeção rotineira estabelecidos pela ABNT NBR 9452:2023, conforme está representado no fluxograma na Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma de etapas das atividades da pesquisa.



Fonte: Autora (2026).

4.3.1 Levantamento Bibliográfico

Inicialmente, realizou-se levantamento bibliográfico para fundamentar teoricamente o estudo. Essa fase consistiu na consulta a livros, artigos científicos, normas técnicas e demais produções acadêmicas relacionadas às Obras de Arte Especiais, manifestações patológicas em estruturas de concreto e inspeção de pontes. Assim, compreendeu-se os fundamentos teóricos relacionados ao tema e subsidiou-se as etapas posteriores do estudo.

Adicionalmente, fez-se a coleta de informações gerais sobre a obra, que contemplou a identificação, localização e outros aspectos técnicos relevantes. Essa fase seguiu o modelo de informações gerais previsto na ficha de inspeção rotineira da ABNT NBR 9452:2023, que considera dados como identificação da OAE, jurisdição, data da inspeção e histórico de inspeções anteriores.

4.3.2 Inspeção Visual

Na sequência, realizou-se a inspeção visual da estrutura, enquadrada como inspeção rotineira conforme os critérios estabelecidos pela norma. Esse procedimento teve por finalidade avaliar as condições aparentes da estrutura por meio da observação visual de seus elementos, que permitiu identificar as principais manifestações presentes na ponte. Portanto, consistiu na observação sistemática de todos os elementos acessíveis, desde a superestrutura da ponte até os elementos funcionais associados.

Durante a inspeção, registrou-se as anomalias de acordo com cada elemento analisado, o que incluiu as passarelas, guarda-corpos, defensas metálicas, entre outros. Fez-se o registro das manifestações por meio de anotações técnicas e documentação fotográfica, que atendeu à exigência mínima de fotografias estabelecida pela norma.

4.3.3 Análise dos Dados Coletados

Após a inspeção visual, analisou-se as manifestações patológicas identificadas com base na natureza e extensão. A partir dessa análise, verificou-se as possíveis causas associadas às anomalias observadas, bem como os impactos no desempenho da OAE. Posteriormente, organizou-se os dados coletados conforme os parâmetros estabelecidos no Anexo B.1 – Modelo de Ficha de Inspeção Rotineira da ABNT NBR 9452:2023. Essas fichas contemplam o registro das manifestações patológicas e das condições observadas, o que permitiu sistematizar os dados de forma padronizada.



4.3.4 Classificação da OAE

Baseado nas análises realizadas, classificou-se a OAE de acordo com os critérios da norma ABNT NBR 9452:2023, que para tanto considerou os parâmetros de inspeção rotineira. Assim, a nota atribuída considerou o nível de comprometimento das manifestações patológicas identificadas, que varia de 1 a 5, conforme os aspectos estrutural, funcional e de durabilidade estabelecidos pela norma. Dessa forma, determinou-se a condição geral da ponte e subsidiou-se a tomada de decisão quanto à necessidade de intervenções corretivas e preventivas.

4.3.5 Recomendação de Terapia

Elaborou-se recomendações de terapia em conformidade com as exigências da norma para inspeções periódicas. Essa etapa consistiu na indicação de medidas corretivas e preventivas compatíveis com as anomalias identificadas. Buscou-se com as recomendações contribuir com a conservação da estrutura, que minimizassem o avanço das manifestações patológicas e ainda favorecessem a segurança, funcionalidade e condições adequadas de trafegabilidade da ponte.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inspeção visual da Ponte Dom Affonso Felipe Gregory permitiu identificar as manifestações patológicas predominantes na estrutura. De forma geral, verificou-se que a ponte apresenta condições de uso ainda compatíveis com a função, entretanto, observou-se a presença de anomalias distribuídas ao longo dos elementos acessíveis, mais ocorrentes nas barreiras laterais, passeios, juntas de dilatação e elementos metálicos de proteção.

Essas manifestações indicam um processo de deterioração progressiva, caracterizado principalmente pela perda de cobrimento do concreto, exposição de armaduras, presença de vegetação em áreas críticas e sinais de umidade e oxidação. A ausência de indícios visuais de colapso ou instabilidade não elimina a relevância das manifestações patológicas observadas, pois elas contribuem diretamente para a redução da durabilidade da estrutura e comprometem seu desempenho ao longo do tempo. Para a análise da ponte foram usados como suporte os modelos de ficha de inspeção rotineira, apresentados na ABNT NBR 9452:2023, que são divididos em três partes distintas, conforme apresentado a seguir.

5.1 Informações Gerais

A Parte I da ficha de inspeção rotineira contempla os dados básicos da obra, como identificação, localização, histórico de inspeções e intervenções realizadas na estrutura. Assim,



a estrutura analisada corresponde à Ponte Dom Affonso Felipe Gregory, localizada entre os municípios de Imperatriz – MA e São Miguel do Tocantins – TO, situada na Avenida Pastor Luís de França Moreira. A inspeção rotineira foi realizada no ano de 2026, sem registros de inspeções anteriores. Essa etapa inicial é fundamental para a caracterização da estrutura e para o acompanhamento de suas condições ao longo do tempo.

5.2 Registro de Manifestações Patológicas

A Parte II da ficha contempla a identificação das anomalias nos elementos estruturais, funcionais e complementares da ponte, o que permitiu avaliar as condições e assim subsidiar intervenções. As principais manifestações patológicas observadas na ponte em estudo podem ser verificadas a seguir.

5.2.1 Exposição de Armaduras

A exposição de armaduras associada à desagregação do concreto foi uma das anomalias identificadas mais recorrentes. A Figura 6 mostra trechos com perda significativa do cobrimento de concreto, principalmente nas barreiras rígidas laterais responsáveis pela separação entre a pista de rolamento e a área destinada aos pedestres. Conforme Souza (2024), a perda dessa camada compromete a proteção física e química do aço, o que faz favorecer a ação de agentes agressivos e aceleração dos processos de corrosão.

Figura 6 – Exposição de armaduras: a) Perda de cobrimento na parte superior da barreira; b) Desagregação do concreto na lateral da barreira.



Fonte: Autora (2026).

Para Sardinha Filho (2020), entre as principais causas associadas a esse problema estão a elevada permeabilidade do concreto e à ação contínua de agentes agressivos, como umidade e infiltrações. Esses fatores favorecem o processo de carbonatação e corrosão de armaduras, que contribuem para a deterioração progressiva dos elementos estruturais. Além disso, as falhas de execução, inadequações no cobrimento e fissurações excessivas são outros agravantes desse problema.

Além da exposição de armaduras nas laterais da mureta, observou-se ocorrências semelhantes na superfície do tabuleiro da ponte. A Figura 7 evidencia algumas dessas regiões, especialmente nos passeios, onde as perdas da camada protetora de concreto resultaram na exposição direta da malha da armadura.

Figura 7 – Exposição de armaduras no passeio: a) Lateral esquerda sentido Maranhão; b) Lateral direita sentido Tocantins.



Fonte: Autora (2026).

Para além de comprometer a capacidade resistente do elemento, a condição observada gera irregularidades na superfície, que prejudicam a trafegabilidade, diminui a vida útil da estrutura e aumenta os custos de manutenção. Conforme Martins (2022), a medida terapêutica recomendada é a remoção do concreto deteriorado, a recuperação das armaduras corroídas e a recomposição do cobrimento com materiais adequados.

5.2.2 Problemas nas Juntas de Dilatação

As juntas de dilatação devem garantir trafegabilidade ao usuário e permitir a passagem dos veículos de forma suave, sem provocar impactos ou resistência significativa. Entretanto,

essa condição não é plenamente atendida na ponte Dom Affonso Felipe Gregory, uma vez que as irregularidades presentes nas juntas tendem a comprometer o conforto e a segurança durante a passagem dos veículos.

A partir da inspeção visual realizada, verificou-se que todas as juntas avaliadas na estrutura apresentam inconformidades. Os principais problemas detectados foram o acúmulo de detritos, a presença de vegetação no interior das juntas e irregularidades de abertura, o que evidencia a deficiência de manutenção e o comprometimento funcional dos dispositivos. Na Figura 8 é possível observar as condições atuais das juntas de dilatação da ponte.

Figura 8 – Falhas nas juntas de dilatação: a) Acúmulo de vegetação e detritos; b) Irregularidades na abertura.



Fonte: Autora (2026).

As irregularidades nas juntas, associadas ao acúmulo de detritos e vegetação, favorecem o desgaste do pavimento e, se não tratadas, podem intensificar a infiltração de água, acelerar a deterioração do concreto e diminuir a durabilidade da estrutura. Entre as principais causas desse problema estão o tráfego intenso, as tensões por variações térmicas e o desgaste dos aparelhos de apoio. Conforme Cordeiro, Souza e Osório (2019), como medida corretiva recomenda-se a remoção de vegetação e detritos acumulados no interior das juntas, reparo das falhas de selagem e substituição dos elementos danificados.

5.2.3 Oxidação dos Guarda-Corpos

Observou-se a ocorrência de processos de oxidação nos elementos de proteção da ponte, evidenciada pela presença de corrosão superficial generalizada, pelo destacamento da pintura

protetiva e pela formação de produtos de corrosão sobre as superfícies metálicas. Dada a perda da camada de proteção, os elementos tornam-se mais suscetíveis à ação de agentes agressivos, como chuva e umidade, o que favorece o avanço do processo de deterioração. Esse processo intensifica-se pela falta de manutenção preventiva, como repintura e tratamento anticorrosivo. Na Figura 9 é possível observar algumas das áreas afetadas nos guarda-corpos da ponte.

Figura 9 – Oxidação dos guarda-corpos: a) Corrosão e destacamento da pintura; b) Presença de vegetação junto ao guarda-corpo.



Fonte: Autora (2026).

Conforme afirma Silva, Godoy e Resende (2020), as principais causas desse tipo de manifestação patológica estão relacionadas à exposição contínua à umidade, à chuva e a agentes ambientais agressivos. Além disso, o acúmulo de água e detritos próximos aos apoios favorece o avanço do processo corrosivo. Como medidas de recuperação e prevenção, recomenda-se a remoção da corrosão existente, a aplicação de tratamentos anticorrosivos e a reaplicação da pintura, além da limpeza periódica do gradil metálico.

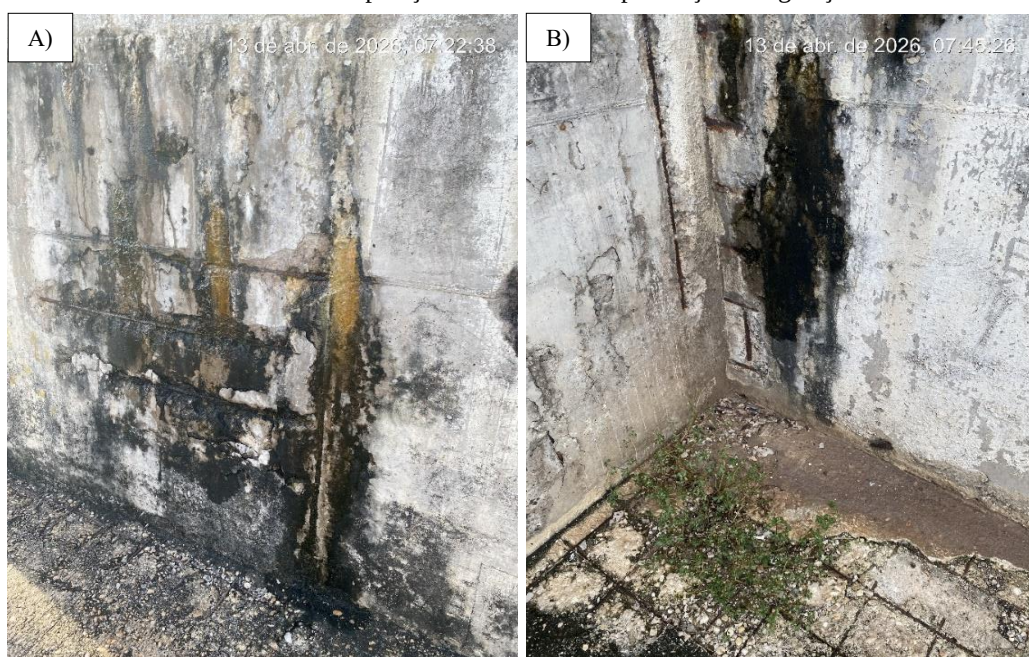
5.2.4 Presença de Manchas e Umidade

Outro problema observado consiste na presença de umidade em partes da superfície do sistema de ancoragem da ponte, associada à formação de manchas escuras decorrentes da ação prolongada da água. Conforme Sousa Neto (2026), essa condição favorece a formação de

depósitos biológicos superficiais, como lodo, além do desenvolvimento de microrganismos, que contribuem principalmente para a deterioração dos materiais de natureza mineral.

A umidade constitui um dos principais agentes de degradação nas construções, por provocar alterações de natureza física, química e biológica nos materiais. Dessa forma, a manifestação observada pode intensificar processos de lixiviação e desagregação superficial do concreto, além de favorecer a corrosão das armaduras quando expostas (Sousa Neto, 2026). Na Figura 10 é possível observar o problema identificado.

Figura 10 – Presença de manchas e umidade: a) Umidade e lodo na superfície do concreto; b) Manchas de umidade com exposição de armaduras e presença de vegetação.



Fonte: Autora (2026).

Segundo Rabaioli (2024), essa manifestação patológica está frequentemente associada à deficiência dos sistemas de drenagem, acúmulo de água por escoamento falho e ausência de manutenção preventiva. Assim, recomenda-se a limpeza das superfícies afetadas, a eliminação de pontos de infiltração, a remoção do limo e vegetação, bem como a execução de manutenções preventivas que impeçam o acúmulo contínuo de umidade.

5.2.5 Instalação Elétrica Exposta

Outro problema identificado foi a presença de instalações elétricas aparentes na ponte, com fiações e eletrodutos expostos, sem a devida proteção mecânica ou vedação adequada. Observa-se que os cabos se encontram desorganizados e diretamente expostos às intempéries, como umidade, variações térmicas e agentes agressivos.

Além de comprometer o aspecto funcional e visual da estrutura, essa condição aumenta o risco de deterioração dos componentes elétricos, falhas no sistema de iluminação e ocorrência de curtos-circuitos. A ausência de proteção adequada também representa riscos à segurança dos usuários da ponte e dificulta serviços de manutenção e inspeção. Essa inconformidade pode ser observada na Figura 11 apresentada a seguir.

Figura 11 – Instalações elétricas expostas: a) Caixa de passagem com fiação aparente e vedação inadequada; b) Fios expostos junto a base do poste.



Fonte: Autora (2026).

Entre as principais causas desse problema estão a falta de manutenção adequada, a deficiência de proteção mecânica das fiações e eletrodutos e a exposição a intempéries. Como medidas corretivas, recomenda-se a reorganização das fiações e eletrodutos, a instalação de proteção mecânica e vedação adequada, além da substituição dos componentes danificados. Essas intervenções são necessárias para garantir que as instalações elétricas da ponte estejam em condições seguras de funcionamento, sem gerar risco aos usuários da estrutura.

5.2.6 Problemas no Sistema de Drenagem

Identificou-se problemas associados ao sistema de drenagem superficial do tabuleiro da ponte. Há obstrução dos dispositivos de escoamento pelo acúmulo de sedimentos e a presença de vegetação no entorno e interior dos drenos, o que evidencia a deficiência de manutenção preventiva e favorece o acúmulo de água sobre a estrutura, que intensifica a infiltração e

deterioração dos elementos ao longo do tempo. Além disso, contribui para o desgaste prematuro do pavimento e de elementos como juntas de dilatação e aparelhos de apoio (Figura 12).

Figura 12 – Falhas no sistema de drenagem: a) Dispositivo parcialmente obstruído por vegetação; b) Acúmulo de sedimentos.



Fonte: Autora (2026).

Conforme destaca Sardinha Filho (2020), a principal função do sistema de drenagem em OAE é captar e conduzir adequadamente as águas pluviais para evitar o acúmulo em regiões críticas da estrutura. Nota-se, portanto, a falta de manutenção e limpeza dos dispositivos de drenagem, que leva ao acúmulo de sedimentos e vegetação no interior dos drenos. Recomenda-se a limpeza e manutenção, bem como a realização de inspeções preventivas para garantir o adequado funcionamento do sistema de escoamento das águas pluviais.

5.2.7 Problemas na Defesa Metálica

Observou-se a presença excessiva de vegetação e o acúmulo de detritos, o que evidencia deficiência nas atividades de manutenção e conservação da faixa lateral da via. Compromete-se, portanto, a visibilidade dos dispositivos de segurança e redução da eficiência em situações de impacto. Ainda, a vegetação pode favorecer a retenção de umidade junto aos elementos metálicos e contribuir para processos de corrosão ao longo do tempo. A principal causa desse problema está relacionada à ausência de manutenção da faixa lateral da via, especialmente dos serviços de limpeza e controle da vegetação.

A situação descrita pode ser observada na Figura 13, que registra as condições verificadas ao longo das defensas metálicas da ponte.

Figuras 13 – Problemas na defesa metálica: a) Presença de vegetação junto à defesa metálica; b) Avanço de vegetação sobre a defesa.



Fonte: Autora (2026).

Assim, como medidas corretivas, recomenda-se a remoção da vegetação e dos resíduos acumulados no entorno das defensas metálicas, além da realização de manutenção periódica da faixa lateral da ponte. Também é importante aplicar tratamentos anticorrosivos nos elementos metálicos, visando preservar a durabilidade e a eficiência dos dispositivos de segurança.

5.2.8 Trincas e fissuras

Observou-se trincas e fissuras longitudinais na barreira lateral de concreto, com abertura variável e indício de evolução ao longo do tempo. Matildes (2022) indica que tais manifestações patológicas geralmente estão associadas a ações mecânicas, construtivas ou físico-químicas, relacionadas a deformações da estrutura, variações volumétricas dos materiais, sobrecargas ou a ação de agentes ambientais.

Dessa forma, favorece-se a propagação das fissuras que comprometem a durabilidade e o desempenho do elemento, passível de evolução para exposição e corrosão das armaduras (Figura 14).

Figuras 14 – Trincas e fissuras a) Na barreira lateral da ponte; b) Fissuras associadas à exposição de armaduras.



Fonte: Autora (2026).

Segundo Bolina, Tutikian e Helene (2019), como medidas corretivas, recomenda-se inicialmente a remoção do concreto fissurado e deteriorado nas regiões afetadas, bem como a limpeza das armaduras expostas para retirada de produtos de corrosão e impurezas aderidas. Ainda, avalia-se as condições das armaduras e conduz-se a recuperação, para recomposição do cobrimento com material adequado. Recomenda-se, também, aplicar medidas de proteção superficial e realizar inspeções periódicas para evitar o avanço das fissuras e o surgimento de novos processos de deterioração.

5.3 Classificação da OAE

A Parte III da ficha de inspeção refere-se à classificação da OAE quanto a parâmetros estruturais, funcionais e durabilidade. É possível, assim, estabelecer o estado geral da estrutura e subsidiar a definição de prioridades de intervenção.

No que tange os parâmetros estruturais, embora tenham sido identificadas manifestações patológicas relevantes, como fissuras, perda de cobrimento, desagregação do concreto e exposição de armaduras, não foi observado indícios visuais de instabilidade global da estrutura. Ainda, as anomalias verificadas concentram-se predominantemente em elementos secundários da superestrutura. Assim, a OAE foi classificada como regular (nota 3). Essa classificação está diretamente relacionada à definição da ABNT NBR 9452:2023, que afirma que nesses casos a

estrutura possui danos que podem ocasionar futuramente alguma deficiência estrutural, porém sem indícios de comprometimento da estabilidade da obra, em que se recomenda acompanhar as manifestações patológicas e propor intervenções corretivas.

No que tange os parâmetros funcionais, a norma estabelece que a avaliação se relaciona às condições de utilização da OAE, considerados os aspectos associados à segurança, conforto e trafegabilidade dos usuários. Para isso, a norma abrange elementos como pista de rolamento, juntas de dilatação, guarda-corpos e demais dispositivos relacionados ao funcionamento da estrutura. Dadas as anomalias identificadas (irregularidades nas juntas de dilatação, acúmulo de detritos e vegetação, degradação de dispositivos de proteção, e instalações elétricas expostas) há potencial comprometimento do desempenho da ponte, para além dos riscos aos usuários. Essas condições geram desconforto e requerem ações, embora não impeçam o uso da estrutura. Assim, também se atribuiu nota 3 (regular) ao parâmetro funcional.

Em relação a durabilidade, a avaliação desse parâmetro está relacionada à capacidade da estrutura de resistir à atuação de agentes agressivos ao longo do tempo. Assim, com base na inspeção visual, atribuiu-se nota 3 ao parâmetro de durabilidade, que classifica a estrutura como em condição regular. Essa classificação indica uma quantia considerável de anomalias que afetam a vida útil da OAE, mesmo em região de baixa agressividade ambiental. Tal condição justifica-se pela presença de manifestações patológicas, como a exposição de armaduras, perda de revestimento, fissuras, desagregação do concreto, presença de umidade, vegetação e oxidação de elementos metálicos.

Por fim, de acordo com o critério estabelecido pela norma, a classificação final da OAE corresponde à menor nota atribuída entre os parâmetros analisados. Assim, ao considerar que os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade foram classificados como nota 3, conclui-se que a condição geral da Ponte Dom Affonso Felipe Gregory é regular. Essa classificação indica que, embora a estrutura ainda desempenhe suas funções, requer-se acompanhamento sistemático e planejamento de intervenções corretivas e preventivas a médio prazo, a fim de evitar a evolução das manifestações patológicas identificadas e, ainda, promover a segurança, o desempenho funcional, e a durabilidade da obra.

5.4 Recomendações de terapia

Na patologia das construções, a terapia é o conjunto de procedimentos técnicos adotados para corrigir as manifestações identificadas, com base em diagnósticos prévios (Verly, 2022). Assim, a partir dos problemas observados durante a inspeção visual da OAE, recomenda-se a



adoção de medidas corretivas e preventivas para restabelecer condições estruturais, funcionais e durabilidade da ponte, como apontado no Quadro 1.

Quadro 1 – Recomendações de terapia.

Manifestação Patológica	Principais Causas	Recomendações de Terapia
<i>Exposição de armaduras</i>	Elevada permeabilidade do concreto, carbonatação, cobrimento insuficiente e ausência de manutenção preventiva.	Remoção do concreto deteriorado, tratamento das armaduras e recomposição do cobrimento. Em casos mais graves, recomenda-se a substituição ou reforço das armaduras comprometidas.
<i>Fissuras, trincas e rachaduras</i>	Movimentações térmicas, retração do concreto, ações mecânicas e exposição a agentes agressivos	Remoção das partes deterioradas, limpeza e tratamento das fissuras com selantes, e aplicação de argamassa ou revestimento impermeabilizante.
<i>Oxidação nos guarda-corpos</i>	Exposição contínua a intempéries, desgaste da pintura e acúmulo de vegetação e detritos próximos aos apoios	Remoção da oxidação existente, aplicação de proteção anticorrosiva, reaplicação da pintura e substituição dos aparelhos de apoio comprometidos.
<i>Presença de manchas e umidade</i>	Deficiência no sistema de drenagem, infiltrações, acúmulo de água e ausência de manutenção preventiva.	Limpeza das superfícies afetadas, eliminação de pontos de infiltração, remoção do limo e vegetação, e aplicação de impermeabilizante.
<i>Instalação elétrica exposta</i>	Ausência de proteção mecânica, exposição às intempéries e deficiência de manutenção.	Reorganização das fiações e eletrodutos, instalação de proteção mecânica e vedação adequada, e substituição dos componentes danificados.
<i>Problemas no sistema de drenagem</i>	Acúmulo de sedimentos e vegetação, ausência de limpeza periódica e deficiência de manutenção preventiva.	Limpeza e desobstrução dos drenos, remoção da vegetação e realização de inspeções e manutenções periódicas
<i>Problemas na defesa metálica</i>	Crescimento excessivo de vegetação, acúmulo de detritos e ausência de manutenção.	Recuperação das defensas metálicas danificadas, limpeza e tratamento anticorrosivo, além da remoção da vegetação no entorno das defensas.

Fonte: Adaptado de Sardinha Filho (2020) e Gonçalves (2021).

As intervenções propostas têm como finalidade corrigir as manifestações patológicas identificadas durante a inspeção da OAE e contribuir para a recuperação das condições de segurança, funcionalidade e durabilidade da estrutura. Destaca-se que a execução dos serviços deve seguir critérios técnicos adequados e considerar o grau de deterioração dos elementos para garantir maior eficiência das soluções adotadas e melhores condições de desempenho ao longo do tempo. Além das intervenções corretivas indicadas, recomenda-se a adoção de um plano de manutenção periódica, com inspeções regulares, serviços de conservação e ações preventivas nos elementos estruturais e funcionais. A implementação dessas medidas é fundamental para a



identificação precoce de anomalias, para que a evolução dos danos seja evitada e reduza-se a necessidade de intervenções mais complexas e de maior custo.

6. CONCLUSÃO

As Obras de Arte Especiais (OAE) desempenham papel fundamental na infraestrutura de transportes e garantem a mobilidade de pessoas e mercadorias. Nesse contexto, a realização de inspeções periódicas é essencial para assegurar condições adequadas de conservação dessas estruturas. Assim, este trabalho buscou realizar a inspeção visual da ponte estudada para identificar as manifestações patológicas e propor recomendações de intervenção. Identificou-se diversas anomalias, o que evidencia a influência de fatores como ação do tempo, ausência de manutenção preventiva e desgaste natural dos materiais.

A análise realizada demonstrou que, embora algumas manifestações apresentem caráter inicialmente funcional ou estético, a possível evolução tende a comprometer gradativamente o desempenho da ponte e aumentar os riscos à segurança dos usuários por reduzir a durabilidade da estrutura. Dessa forma, constatou-se a importância da realização de manutenções periódicas e, também, da adoção de medidas corretivas ainda nos estágios iniciais dos danos, de modo a evitar a progressão e reduzir custos futuros de recuperação.

Além disso, com base nos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 9452:2023, a Ponte Dom Affonso Felipe Gregory foi classificada, nos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade, com nota 3, correspondente à condição regular. Embora não tenham sido observados indícios visuais de comprometimento da estabilidade global da estrutura, as manifestações patológicas observadas indicam a necessidade de acompanhamento sistemático e da realização de intervenções corretivas e preventivas a médio prazo, visando preservar a segurança, o desempenho funcional e a durabilidade da OAE.

Pelos resultados obtidos, propôs-se recomendações de intervenção para recuperação, que incluem: (a) a limpeza e o tratamento de superfícies, (b) recuperação de elementos deteriorados, (c) proteção contra processos corrosivos, (d) melhoria das condições de impermeabilização, (e) drenagem, e (f) substituição ou adequação de componentes comprometidos.

Como limitações deste trabalho, destaca-se que, por se tratar de uma inspeção rotineira, a avaliação foi realizada predominantemente por meio de análise visual, sem a execução de ensaios complementares capazes de fornecer informações mais detalhadas sobre a situação interna dos materiais e o estado estrutural da ponte. Além disso, a inspeção se limitou a análise da superestrutura da OAE.



Para pesquisas futuras, sugere-se a realização de inspeções especiais no que tange ao comportamento da ponte, bem como estudos comparativos entre diferentes OAE da região. Recomenda-se também a elaboração de planos de manutenção que visem contribuir para a conservação da estrutura e para a redução da incidência de manifestações patológicas ao longo de sua vida útil.



REFERÊNCIAS

AGUIAR, Meythy Suany Sousa; SILVA, Lioneza Marques da; SANTANA, Leonardo Moreira. Principais patologias da pavimentação asfáltica e alguns métodos de mitigação. **Novos Desafios**, Santa Catarina, v. 5, n. 1, p. 1-12, 13 jun. 2025. Disponível em: <https://zenodo.org/records/15659203>. Acesso em: 28 mar. 2026.

ALMEIDA, Alice Vieira de *et al.* Inspeção Visual de Pontes e Viadutos de Concreto Armado em Curitiba e Região Metropolitana com Base na NBR 9452/2016: estudo de casos. **Revista Eletrônica Multidisciplinar - Unifacear**, [S.l.], v. 3, n. 8, p. 1-15, 18 nov. 2024. Disponível em: <https://revista.unifacear.edu.br/rem/article/view/430>. Acesso em: 29 mar. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO (Rio de Janeiro). **Corrosão de armaduras em estruturas de concreto: avaliação, diagnóstico, causas, prevenção e controle**. Rio de Janeiro: 2025. 48 p. Disponível em: <https://abraco.org.br/src/uploads/2026/03/ABRACO-RP-CAC-001.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 - Partes 1-6: Desempenho de Edifícios Habitacionais**. Rio de Janeiro, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento**. 5 ed. Rio de Janeiro, 2023. 71 p.

BOLINA, Fabricio Longhi; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Patologia de estruturas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de texto, 2019. 31 p.

CALDAS, Iza Karla Rodrigues de Souza; NOGUEIRA, Núbia Alves de Souza. **Patologia em estruturas: corrosão no concreto armado - estudo de caso**. 2023. 12 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semiárido, [S.l.], 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/1e5b7970-ef94-4e75-babf-1991b110bc18/content>. Acesso em: 16 mar. 2026.

CARVALHO, Davidson Matos. **Análise de desempenho das intervenções de alargamento e reforço de pontes rodoviárias de concreto armado em obras de duplicação de rodovias**. 2018. 275 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/items/602fa917-8c20-488c-a44a-3c222113d2ff>. Acesso em: 01 dez. 2025.

CAVALCANTE, Gustavo Henrique Ferreira. **Pontes em concreto armado: análise e dimensionamento**. São Paulo: Blucher, 2019. 45 p. Disponível em: https://storage.blucher.com.br/book/pdf_preview/9788521218616-amostra.pdf. Acesso em: 7 nov. 2025.

Constran Infraestrutura (São Paulo). **Ponte Imperatriz – ponte estaiada sobre o Rio Tocantins**. 2020. Disponível em: <https://constran.com.br/contratos/ponte-imperatriz-ponte-estaiada-sobre-o-rio-tocantins/>. Acesso em: 15 nov. 2025.



CORDEIRO, Alailson de Oliveira; SOUZA, Alan Gomes de; OSORIO, Henrique Gabriel. **Manutenção e recuperação das juntas de dilatação em pontes e viadutos**. 2019. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET), Universidade Paulista (UNIP), São Paulo, 2019. Disponível em: <https://publicacoes.even3.com.br/tcc/manutencao-e-recuperacao-das-juntas-de-dilatacao-em-pontes-e-viadutos-614554>. Acesso em: 29 mar. 2026.

DEBS, Mounir Khalil El. **Pontes de concreto com ênfase na aplicação de elementos pré-moldados**. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2021. 480 p.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO PARANÁ. **Manual de execução de serviços rodoviários**: obras de arte especiais tomo v. Curitiba: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística, 2023. 264 p. Disponível em: https://www.der.pr.gov.br/sites/der/arquivos_restritos/files/documento/202310/MESR_TOMO_V_OAE.pdf. Acesso em: 10 nov. 2025.

DUARTE, Hiago Simões; BARBOSA, Melissa; FARIAS, Bruno Matos de. Fissuras em estruturas de concreto armado: estudo de caso. **Engenharia na Prática: CONSTRUÇÃO E INOVAÇÃO**, [S.l.], v. 3, n.1, p. 41-91, 30 jul. 2021. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/192/171>. Acesso em: 11 nov. 2025.

EMPRESA GAUCHA DE RODOVIAS (Porto Alegre). **Manual de inspeção de obras de arte – EGR**. Porto Alegre: [S.n], 2018. 53 p. Disponível em: <https://egr.rs.gov.br/upload/arquivos/202206/24144035-20200603095915iii-volume-unico-manual-de-inspecao.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2026.

FERNANDES, Larissa Hellen Alves. **Fissuras, trincas e rachaduras em prédios da UFERSA Campus Angicos**: estudo de caso. 2022. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/5099c230-8d5f-463c-95df-d14a9bcd48dd/content>. Acesso em: 15 mar. 2026.

FERREIRA, Lúcia Priscila Carvalho; SANTOS NETA, Fernanda Ana Maria dos. Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações – estudo da avenida Ranufo Paes de Barros. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 8, n. 5, p. 318–328, 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i5.5209. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/5209>. Acesso em: 27 mar. 2026.

GONÇALVES, Jucélia Tolentino. **A importância da manutenção em pontes e suas principais ocorrências patológicas**. 2021. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Unifacvest, Lages, 2021. Disponível em: <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/eb784-tolentino,-j.-a-importancia-da-manutencao-em-pontes-e-suas-principais-ocorrencias-patologicas,-2021.-tcc-defendido-em-julho-de-2021.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2025.

GUERRA, Avaetê de Lunetta e Rodrigues *et al.* Pesquisa qualitativa e seus fundamentos na investigação científica. **Revista De Gestão e Secretariado**, [S.l.], v.15, n. 7, p. e4019. 17 jul. 2024. Brazilian Journals. <http://dx.doi.org/10.7769/gesec.v15i7.4019>. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/4019>. Acesso em: 10 nov. 2025.



LIMA, Matheus Cardoso. **Prefeitura de Imperatriz faz vistoria na ponte Dom Affonso Felipe Gregory e assegura condições de trafegabilidade.** 2025. Disponível em: <https://imperatriz.ma.gov.br/noticias/prefeitura-de-imperatriz-faz-vistoria-na-ponte-dom-affonso-felippe-gregory.html>. Acesso em: 15 nov. 2025.

MARCATO, Vânia Daniela; OLIVEIRA, Ricardo Fonseca de. Manifestações patológicas em estruturas asfálticas: estudo de caso na rodovia MG-190. **Gestão, Tecnologia e Ciências**, [s. l], v. 10, n. 30, p. 54-70, jan. 2021. Disponível em: <http://repositorio.fucamp.com.br/handle/FUCAMP/522>. Acesso em: 27 mar. 2026.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de concreto armado.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 2018. 246 p.

MARTINS, Debora Kelly Garcia. Corrosão de armaduras em concreto armado. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 14, n. 02, p. 33-50, 08 jan. 2022. Disponível em: <https://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/8151>. Acesso em: 17 mar. 2026.

MATILDES, Caio Messias. Concreto Armado e Suas Patologias. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 10, n. 225, p. 1-31, 6 set. 2022. Revista Científica Semana Acadêmica. <http://dx.doi.org/10.35265/2236-6717-225-12187>. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/16_caio_concreto_armado_e_suas_patologias_1.pdf. Acesso em: 17 mar. 2026.

MENDES, Luiz Carlos *et al.* Análise da durabilidade de estruturas de coberturas de edificações históricas. **Concilium**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 16-31, 30 ago. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Leonardo-Araujo-35/publication/363148195_Analise_da_durabilidade_de_estruturas_de_coberturas_de_edificacoes_historicas/links/6436eaa320f25554da29866d/Analise-da-durabilidade-de-estruturas-de-coberturas-de-edificacoes-historicas.pdf. Acesso em: 12 mar. 2026.

OLIVEIRA, Pablo de. **Patologias na Construção Civil: análise das principais manifestações patológicas em agências bancárias.** 2025. 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/handle/prefix/2221>. Acesso em: 24 mar. 2026.

RABAIOLI, Angélica Winter. **Inspecção de Obras de Arte Especiais: estudo de caso do viaduto da rua voluntários da pátria.** 2024. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/274495/001199055.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 7 nov. 2025.

RIBEIRO, Daniel. **Corrosão e Degradação em Estruturas de Concreto.** 2. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2018. E-book. p.111. ISBN 9788595152359. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595152359/>. Acesso em: 24 mar. 2026.

RIBEIRO, Igor José Santos *et al.* **Pontes e Grandes Estruturas.** Porto Alegre: SAGAH, 2022. E-book. p.21. ISBN 9786556902098. Disponível



em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786556902098/>. Acesso em: 12 mar. 2026.

SANTOS, Aline Aparecida Ribeiro dos. **Fissuras em concreto armado**. 2019. 30 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Atenas, Paracatu, 2019. Disponível em: https://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/FISSURAS_EM_CONCRETO_ARMADO.pdf. Acesso em: 22 mar. 2026.

SANTOS, Davidson Lucas Lago. **Prevenção de patologias como elemento favorável à durabilidade de obras da construção civil**. 2025. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2025. Disponível em: <https://rosario.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/10532/1/DAVIDSON%20LUCAS%20LAGO%20SANTOS.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2026.

SARDINHA FILHO, Alcides. **Inspeção e avaliação de patologias em ponte com protensão extradorso sob a ótica da nbr 9452/2019: estudo de caso da Ponte dos Imigrantes Nordestinos Padre Cicero José de Sousa** 2020. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2022. Disponível em: <https://share.google/sbBwqHj141bm4VI6u>. Acesso em: 12 mar. 2026.

SÁTYRO, Natália Guimarães Duarte; D'ALBUQUERQUE, Raquel Wanderley. O que é um estudo de caso e quais as suas potencialidades. **Sociedade e Cultura**, Goiânia, v. 23, 2020. DOI: 10.5216/sec.v23i.55631. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/fcs/article/view/55631>. Acesso em: 24 maio 2026.

SENA, Caroline Silva *et al.* **Gestão de Obras e Patologia das Estruturas**. Porto Alegre: SAGAH, 2021. E-book. p.213. ISBN 9786556902609. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786556902609/>. Acesso em: 13 mar. 2026.

SILVA, Aline da Costa. Classificação metodológica das pesquisas científicas. In: CONPEPE – Congresso de Pesquisa, Pós-Graduação e Extensão, v. 2, n. 1, 2024. **Anais do CONPEPE**. CEEINTER, 2024. p. 1-5. Disponível em: <https://revistas.ceeinter.com.br/anaisconpepe/article/view/1452/1417>. Acesso em: 24 maio 2026.

SILVA, Anderson Ylgner Oliveira; GODOY, Gustavo Henrique Albernaz Maia de; RESENDE Paulo. Fissuras no concreto armado: causas, consequências, formas de mitigação e reparos. **Pontifícia Universidade Católica de Goiás**, Goiás, v. 2, n. 2, p. 1-10, 1 jan. 2020. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/5132/1/Fissuras%20no%20concreto%20armado%20causas%2c%20consequ%3a%20formas%20de%20mitiga%3a%20reparos.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2025.

SILVA, Antoniely Millena Souza Andrade da. **Corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado: identificação, causas e medidas de prevenção: um estudo de caso em uma viga pré-moldada no IFPB Campus João Pessoa**. 2025. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João



Pessoal, 2025. Disponível em:

<https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/5145/1/Antoniely%20Millena%20Souza%20Andrade%20da%20Silva%20-%20Corros%20a%20de%20armaduras%20em%20estruturas%20de%20concreto%20armado.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2026.

SIMÕES, Luiz F.; RODRIGUES, Pablo F.; PINHEIRO, Débora C. C. Análise crítica dos métodos de inspeção da ABNT NBR 9452:2019. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS. **Análise crítica dos métodos de inspeção da ABNT NBR 9452:2019**. Minas Gerais: 2021. p. 1-10. Disponível em:

http://www.abpe.org.br/trabalhos2021/ID_156.pdf. Acesso em: 29 mar. 2026.

SOUSA NETO, João Valmar de. **Análise de manifestações patológicas por umidade em uma unidade hospitalar**: estudo de caso na cidade de Icó-CE. 2026. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2026. Disponível em:

<https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/5009/1/TCC%20Jo%20a%20Valmar%20de%20Sousa%20Neto.pdf>. Acesso em: 18 maio 2026.

SOUZA, Lorrain Fabricio Rodrigues de. **Análise das principais patologias em estruturas metálicas**: estudo de caso em três obras em Anápolis-GO. 2024. 117 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Anápolis, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/2086/1/TCC-%20LORRAIN%20FABRICIO%20RODRIGUES%20DE%20SOUZA.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

TAMBARA JÚNIOR, Luis Urbano Durlo; BARRAZA, Madeleine Taborda. **Patologia das Construções**. Indaial: 2021. 197 p. Disponível em: <https://www.kufunda.net/publicdocs/4-Patologia%20das%20Constru%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2026.

VALERIANO, Ricardo. **Pontes**. 1. Ed. São Paulo: Oficina de textos, 2021. 336 p.

VERLY, Rogério Calazans. **Conceitos essenciais sobre Patologias em Estruturas de Concreto**. Brasília: DNIT, 2022. 29 p. Disponível em:

<https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/7815/1/M%C3%B3dulo%201%20-%20Patologia.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2026.

WEIMER, Bianca Funk; THOMAS, Maurício; DRESCH, Fernanda. **Patologia das estruturas**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. E-book. p.18. ISBN 9788595023970. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595023970/>. Acesso em: 13 mar. 2026.

