



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JOÃO CESÁRIO GOMES NETO

**AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONDIÇÃO DE PONTE DE CONCRETO
ARMADO NO MUNICÍPIO DO UIRAÚNA UTILIZANDO A METODOLOGIA
GDE/UnB E A NORMA DNIT 010/2004-PRO**

PAU DOS FERROS

2024

JOÃO CESÁRIO GOMES NETO

**AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONDIÇÃO DE PONTE DE CONCRETO
ARMADO NO MUNICÍPIO DO UIRAÚNA UTILIZANDO A METODOLOGIA
GDE/UnB E A NORMA DNIT 010/2004-PRO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Henrique
Borges de Oliveira

PAU DOS FERROS

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

N469a Neto, João Cesário Gomes .
 Avaliação do estado de condição de ponte de
 concreto armado no município do Uiraúna utilizando
 a metodologia GDE/UnB e a Norma DNIT 010/2004-PRO
 / João Cesário Gomes Neto. - 2024.
 56 f. : il.

 Orientador: Leonardo Henrique Borges de
 Oliveira.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
 2024.

 1. pontes. 2. patologias. 3. inspeções. 4.
 avaliação. 5. intervenções. I. Oliveira, Leonardo
 Henrique Borges de , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOÃO CESÁRIO GOMES NETO

**AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONDIÇÃO DE PONTE DE CONCRETO ARMADO
NO MUNICÍPIO DO UIRAÚNA UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UnB E A
NORMA DNIT 010/2004-PRO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Defendida em: 22/10/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo Henrique Borges de Oliveira (UFERSA)
Presidente

Profa. MSc. Marília Cavalcanti Santiago (UFERSA)
Membro Examinador

MSc. Christian Alexandre Feitosa de Souza (EXTERNO)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me dar força, sabedoria e perseverança para seguir em frente mesmo diante das adversidades.

A conclusão deste trabalho de conclusão de curso representa não apenas o fim de uma jornada acadêmica, mas também o reflexo de um percurso de aprendizado e crescimento pessoal. Esse caminho não seria possível sem o apoio de diversas pessoas que, contribuíram para o sucesso desta caminhada.

Agradeço aos meus pais José Ilson Lopes Calado e Redjane Xavier Gomes Lopes, e meus irmãos, José Ilson Lopes Calado Júnior e Paulo Victor Gomes Calado por todo amor, paciência, apoio incondicional e incentivo ao longo de toda a minha vida acadêmica. Sem vocês, nada disso teria sido possível. Vocês são a minha base e meu maior exemplo.

Aos meus avós José Lopes Beserra, Maria Ilza Calado Beserra e Rita Xavier de Araújo (*in memoriam*), que, com sua sabedoria e carinho, me ensinaram os valores mais importantes da vida. Mesmo à distância, sempre senti o amor e a torcida de vocês por cada conquista minha. Vocês são uma inspiração constante.

Aos meus amigos e familiares, que me acompanharam e me incentivaram nos momentos difíceis, e compartilharam comigo as alegrias das conquistas.

Aos meus professores e orientador Leonardo Henrique Borges de Oliveira, por toda a dedicação e conhecimento compartilhado durante esta trajetória.

À minha namorada Laura Beatriz Arruda da Silva, que esteve ao meu lado desde o começo dessa caminhada, dividindo comigo cada desafio, cada conquista, e me dando forças nos momentos mais difíceis. Seu amor, paciência e compreensão foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

A todos que, direto ou indiretamente, contribuíram para esta conquista, o meu mais sincero muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo de analisar as principais patologias da ponte situada na BR-405 no município de Uiraúna-PB, quantificando e classificando os problemas identificados com base na metodologia GDE/UnB e na norma DNIT 010/2004-PRO. Para a realização deste estudo, foram realizadas inspeções na estrutura da ponte, acompanhadas pelo preenchimento de questionários com base nas metodologias citadas. A partir da análise dos questionários, observou-se que, conforme as normativas do DNIT 010/2004-PRO que a estrutura foi classificada como "Precária", já com a metodologia GDE/UnB, a estrutura foi classificada como "Crítica". Essas classificações foram atribuídas, em grande parte, à gravidade dos problemas encontrados nos pilares. Além disso, constatou-se que muitos dos problemas surgiram devido à ineficiência do sistema de drenagem da estrutura. Diante disso, conclui-se que são necessárias intervenções imediatas para recuperar os elementos mais degradados e, assim, prolongar a vida útil da ponte.

Palavras-chave: pontes; patologias; inspeções; avaliação; intervenções.

ABSTRACT

This study aims to analyze the main pathologies of the bridge located on BR-405 in the municipality of Uiraúna-PB, quantifying and classifying the identified issues based on the GDE/UnB methodology and the DNIT 010/2004-PRO standard. Inspections of the bridge structure were carried out, accompanied by the completion of questionnaires based on these methodologies. The analysis of the questionnaires revealed that, according to DNIT 010/2004-PRO, the structure was classified as "Fair," while the GDE/UnB methodology rated it as "Critical." These classifications were largely due to the severity of issues found in the bridge's pillars. Furthermore, it was found that many of the problems arose from the inefficiency of the structure's drainage system. Consequently, immediate interventions are required to restore the most degraded elements and extend the bridge's service life.

Keywords: bridges; pathologies; inspections; assessment; interventions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variação do desempenho de uma estrutura de concreto armado ao longo do tempo.	14
Figura 2 - Esquema ilustrativo da composição de pontes.	14
Figura 3 - Ponte sobre o rio calhau na avenida litorânea em São Luís-MA.....	19
Figura 4 - Corrosão por pite.	20
Figura 5 - Lixiviação do concreto.....	20
Figura 6 - Fluxograma da metodologia de cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura.	22
Figura 7 - Parte da ficha de inspeção utilizada na metodologia DNIT.....	30
Figura 8 - Metodologia de estudo.....	31
Figura 9 - Vista longitudinal da ponte.	32
Figura 10 - Localização da Ponte.	35
Figura 11 - Elementos constituintes da ponte.....	37
Figura 12 - Danos na laje.....	37
Figura 13 - Danos na superestrutura.....	38
Figura 14 - Danos na viga longarina.	39
Figura 15 - Danos na transversina.	40
Figura 16 - Danos nos pilares.	40
Figura 17 - Guarda-corpo e guarda-rodas.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de Fissuras em concreto armado.	17
Quadro 2 - Classificação dos níveis de deterioração e ações recomendadas.	27
Quadro 3 - Instruções para atribuição de notas pela metodologia DNIT.	28
Quadro 4 - Classes de agressividade ambiental.....	32
Quadro 5 - Classificação em famílias.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais causas de patologias na construção civil.	16
Tabela 2 - Incidência de manifestações patológicas.....	16
Tabela 3 - Modelo de ficha de inspeção para pilares.	23
Tabela 4 - Valores de fator de intensidade de dano.....	24
Tabela 5 - Fator de relevância estrutural (Fr).	26
Tabela 6 - Divisão estrutural dos elementos.....	32
Tabela 7 - Dimensões da ponte.....	36
Tabela 8 - Resultados obtidos pela metodologia DNIT 010/2004	42
Tabela 9 - Grau de deterioração e classificação de cada elemento.	44
Tabela 10 - Classificação em função do grau de deterioração das famílias.	45
Tabela 11 - Classificação do grau de deterioração das famílias com aplicação dos Fr.....	46
Tabela 12 - Resultado final obtido na análise.....	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Geral.....	12
1.1.2 Específicos	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 CONCEITOS GERAIS.....	13
2.1.1 Fatores que influenciam a durabilidade e vida útil das pontes	13
2.2 ESTRUTURAS DE PONTE DE CONCRETO ARMADO.....	14
2.3 PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO.....	15
2.3.1 Fissuras	17
2.3.2 Corrosão das armaduras	18
2.3.3 Lixiviação	20
2.3.4 Desplacamento	21
2.4 METODOLOGIA GDE/UnB	21
2.4.1 Classificação das famílias de elementos	22
2.4.2 Fator de ponderação de dano	22
2.4.3 Fator de intensidade de dano (Fi).....	23
2.4.4 Grau de dano	24
2.4.5 Grau de deterioração de um elemento (Gde)	25
2.4.6 Grau de deterioração de uma família de elementos	25
2.4.7 Fator de relevância estrutural (Fr).....	26
2.4.8 Grau de deterioração da estrutura (Gd).....	26
2.5 DNIT 010/2004- PRO.....	28
3 METODOLOGIA	31
3.1 INSPEÇÕES VISUAIS NA ESTRUTURA	31

3.2	APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO	33
3.2.1	Aplicação da metodologia DNIT 010/2004-PRO	33
3.2.1	Aplicação da metodologia GDE/UnB	33
4	RESULTADOS E DISCURSÕES	35
4.1	DESCRIÇÃO DA OBRA DE ARTE E DO AMBIENTE	35
4.2	PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES NA OAE	37
4.2.1	Manifestações patológicas na superestrutura	37
4.2.2	Manifestações patológicas na mesoestrutura	40
4.2.2.2	Elementos completos	41
4.3	Resultados obtidos com a metodologia DNIT 010/2004	42
4.4	RESULTADOS OBTIDOS COM A METODOLOGIA GDE/UNB	44
4.4.1	Considerações realizadas na análise dos elementos	44
4.4.2	Grau de danos dos elementos	44
4.4.3	Grau de dano das Famílias	45
4.4.4	Grau de deterioração da estrutura (Gd)	47
4.5	ANÁLISE COMPARATIVA DA METODOLOGIA GDE/UNB E NORMA DNIT 48	
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
	REFERÊNCIAS	51
	APÊNDICE A	54
	ANEXO A	56

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a utilização do concreto armado começou no início do século XX e ganhou maior relevância a partir dos anos 1950. Esse aumento foi impulsionado pelo êxodo rural, com muitas pessoas se mudando para as grandes cidades em busca de melhores condições de vida e oportunidades. Este crescimento, por sua vez, demandou um número cada vez maior de obras de infraestrutura urbana, tais como: pontes, viadutos etc. (Andrade; Silva, 2008).

Com isso, pontes e viadutos, frequentemente referidos como obras de arte especiais (OAE's), têm fascinado diversas gerações devido à sua imponência estrutural e estética arquitetônica. Em muitos casos, essa beleza transforma essas estruturas em atrações turísticas e ícones das cidades, atraindo a visita de inúmeras pessoas (DNIT, 2004).

As OAE's não apenas têm a função de conectar rodovias ou vias superando obstáculos como rios, vales ou outras estradas, mas também desempenham uma importante contribuição no desenvolvimento econômico das regiões que atravessam. Elas facilitam o fluxo de produtos e o deslocamento de pessoas. Além do impacto econômico, essas estruturas podem melhorar as relações humanas e sociais nas áreas menos desenvolvidas, ao fornecer acesso e promover avanços tecnológicos e culturais, desde que forneçam segurança aos usuários (CNT, 2021).

Muitas dessas obras de infraestrutura citadas, foram construídas nas décadas de 70 e 80. Portanto, a ocorrência de problemas significativos de desempenho estrutural associados à deterioração do concreto armado nessas construções foi intensificada por práticas construtivas que não priorizavam a qualidade, especificações inadequadas quanto à durabilidade e a ausência de manutenção regular o que reduz significativamente o desempenho e sua vida útil (Klimpel; Santos, 2010).

Sabe-se que muitas estruturas sofrem degradação devido ao ambiente em que se encontram, o que pode exigir intervenções de recuperação mais cedo do que o esperado. Por isso, há uma preocupação crescente entre os profissionais técnicos e acadêmicos em estudar os mecanismos de degradação das estruturas de concreto armado. Esse estudo visa avaliar a deterioração precoce dessas estruturas. Isso fornece suporte e embasamento para os órgãos responsáveis pelas obras públicas nos níveis federal, estadual e municipal em seus programas de conservação e manutenção.

Para isso, a norma DNIT 010/2004-PRO estabelece os requisitos necessários para a execução de inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido. Essa norma permite a avaliação quantitativa e qualitativa dos danos e atribui um estado de condição dessas estruturas.

Já a metodologia GDE/UnB, também denominada PECC/UnB, é empregada para avaliar o nível de deterioração de elementos ou estruturas. Desenvolvida por Castro (1994), essa metodologia foi inicialmente concebida inicialmente para a análise de estruturas de concreto armado e posteriormente adaptada por Verly (2015) para utilizar em pontes e tem sido continuamente aprimorada e ajustada para obter resultados mais significativos. Dessa forma, possibilita a avaliação quantitativa do grau de deterioração de estruturas de concreto, examinando e medindo as manifestações dos danos e suas progressões, com o objetivo de analisar as peças estruturais de uma edificação, permitindo a definição de prioridades para a execução das manutenções necessárias.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

Analisar o estado de deterioração da ponte localizada na cidade de Uiraúna na Paraíba, identificando as principais patologias e quantificando-as com o uso da metodologia GDE/UnB e a norma DNIT 010/2004-PRO.

1.1.2 ESPECÍFICOS

- Realizar a inspeção visual e identificar as manifestações patológicas da ponte;
- Identificar a patologia e os elementos que representam maior influência nos resultados da metodologia GDE/UnB e norma DNIT 010/2004-PRO;
- Avaliar os resultados obtidos pelas metodologias utilizadas e compará-los.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITOS GERAIS

2.1.1 Fatores que influenciam a durabilidade e vida útil das pontes

O trem-tipo é caracterizado como o conjunto de cargas móveis que se posiciona na área mais crítica da estrutura. Muitas pontes nas rodovias brasileiras têm mais de 30 anos de existência, o que significa que já não refletem fielmente as condições atuais de tráfego, especialmente no que se refere a veículos pesados (Gobbi; Alves, 2018).

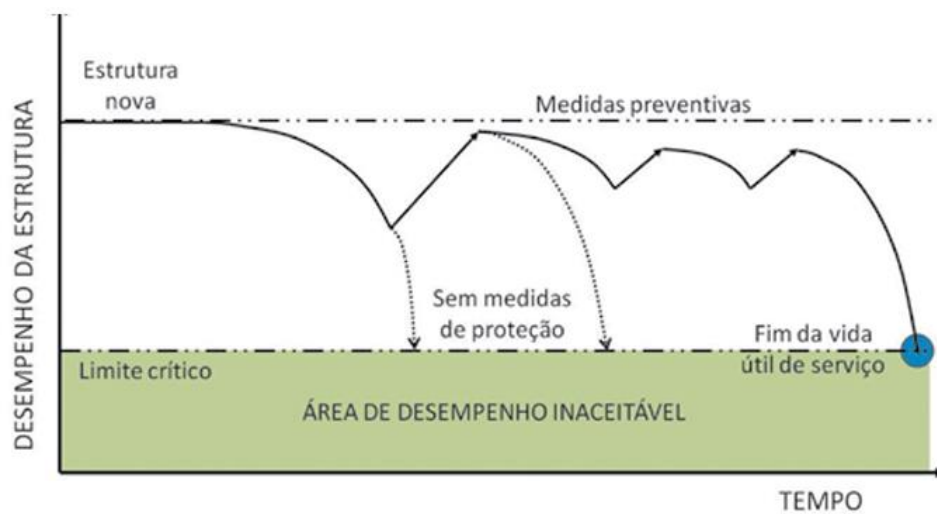
Nas últimas décadas, a ausência de políticas adequadas de manutenção e reparo das Obras de Arte Especiais no Brasil tem acelerado o processo de desgaste e degradação dessas estruturas. A maioria das pontes do país foi construída entre as décadas de 1950 e 1970, com base em normas que não previam as cargas e o volume de tráfego que hoje ocorrem. (Silva et al., 2018).

Mattos (2010) afirma que os principais fatores que afetam o desempenho das OAEs envolvem corrosão, danos físicos por impacto e erosão nas fundações. Contudo, segundo Fathalla et al. (2018), a durabilidade de pontes e viadutos também está relacionada às variações cíclicas de tensão causadas pelo tráfego de veículos. De acordo com Hobbacher et al. (2016), após um certo número de ciclos de carga e descarga, ocorrem a formação e a propagação de fissuras, o que pode resultar no colapso da estrutura por fadiga.

Com isso, a ABNT NBR 6118:2023, no item 5.1.2.3, a durabilidade é definida como a capacidade de uma estrutura de suportar as condições ambientais esperadas, as quais devem ser estabelecidas conjuntamente entre o projetista estrutural e o contratante no início do processo de elaboração do projeto. Já no item 6.1, a norma estabelece que as estruturas de concreto devem ser concebidas e construídas de maneira que, sob as condições ambientais previstas no momento do projeto e sendo utilizadas conforme especificado, mantenham sua segurança, estabilidade e funcionalidade ao longo de sua vida útil.

Ao longo do tempo de uso, a estrutura vai gradualmente perdendo sua capacidade inicial, havendo níveis mínimos de desempenho que são considerados aceitáveis. Esse fato se deve ao fato de que nada dura para sempre, e toda construção possui um período de vida útil limitado (Henrique, et al., 2011). A Figura 1 demonstra essa realidade, ressaltando ainda a importância da realização de manutenções periódicas.

Figura 1 - Variação do desempenho de uma estrutura de concreto armado ao longo do tempo.

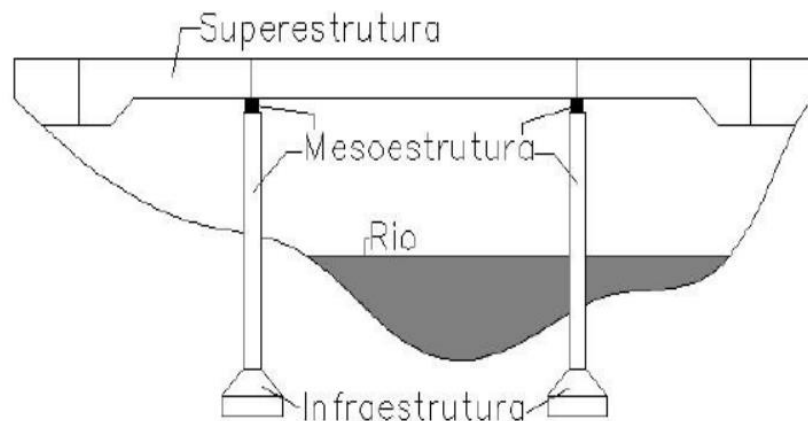


Fonte: Henrique, et al. (2011).

2.2 ESTRUTURAS DE PONTE DE CONCRETO ARMADO

Os componentes estruturais de uma ponte podem ser divididos nos elementos listados na Figura 2.

Figura 2 - Esquema ilustrativo da composição de pontes.



Fonte: Medeiros, (2015).

A superestrutura é composta por estruturas primárias e secundárias. As estruturas primárias são responsáveis por suportar o vão livre, enquanto as secundárias englobam os tabuleiros, que são os elementos que recebem diretamente as cargas e as transferem para a estrutura principal (Medeiros, 2015).

Por outro lado, de acordo com a NBR 9452 (ABNT, 2023) a mesoestrutura é o conjunto de elementos destinados a receber as cargas provenientes da superestrutura e transferi-las para a infraestrutura pelos dispositivos de apoio, que conectam a superestrutura. Esses dispositivos

de apoio precisam ser projetados e construídos de maneira a garantir condições de vínculo que sejam compatíveis com as conexões especificadas no projeto.

Enquanto a infraestrutura é descrita pela NBR 9452 (ABNT, 2023) como composta por elementos como fundações, que podem ser classificados em: sapatas; tubulões; blocos superficiais; e blocos com estacas. Os encontros localizam-se nas extremidades, em contato com os aterros da via, atuando como muros de arrimo e dando suporte à superestrutura. Os pilares, por sua vez, estão posicionados nos vãos intermediários, com a função de sustentar a superestrutura. Em termos gerais, a infraestrutura transfere os esforços da superestrutura para o material de base com capacidade de suporte, que pode ser o solo ou a rocha.

2.3 PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO

O concreto é formado pela mistura de cimento, água, agregados graúdos (britas) e miúdos (areias), além de aditivos. Quando reforçado com barras de aço, resulta em uma estrutura de concreto armado. A combinação desses componentes oferece ao material benefícios como alta resistência à compressão e durabilidade, o que o torna amplamente utilizado em estruturas de obras de diversos portes (Bosisio et al., 2017).

A patologia é definida como um estudo técnico e especializado dos fatores que causam uma determinada anomalia, além de estudar as mudanças que essa anomalia provoca no elemento avaliado e na OAE (ABNT NBR 9452:2023).

A manutenção pode ser compreendida como o conjunto de ações necessárias para assegurar o desempenho adequado de uma estrutura ao longo do tempo. Ou seja, são procedimentos rotineiros que visam prolongar a vida útil da edificação. Segundo Sartori (2008), em muitos casos, a manutenção de pontes e viadutos é negligenciada devido aos altos custos. No entanto, a ausência desses cuidados, somada à deterioração natural das estruturas, contribui para o aparecimento precoce de problemas estruturais.

Com isso, as principais origens de falhas em edificações no setor da construção civil podem ser atribuídas a diferentes fatores. Entre elas, destacam-se erros de projeto, execução inadequada, uso de materiais de baixa qualidade, falta de manutenção adequada e fatores ambientais, como a ação do tempo e intempéries. Essas causas, quando não tratadas corretamente, podem comprometer a segurança, funcionalidade e a durabilidade das construções (Helene, 2003). Na Tabela 1 pode-se observar as principais causas de patologias na construção civil.

Tabela 1 - Principais causas de patologias na construção civil.

Tipologia	Percentual
Falhas resultantes de variações dimensionais	43,7%
Deformações excessivas e sobrecargas	19,7%
Falhas de execução	16,5%
Erros nas hipóteses de cálculo e uso dos materiais	8,5%
Fenômenos químicos	4,0%
Erros de concepção	3,5%
Disposições defeituosas	2,5%
Causas diversas	1,6%

Fonte: Adaptado de Silva et al., (2023).

Conforme apresentado no Tabela 1, as falhas ocasionadas por variações dimensionais, deformações excessivas e sobrecargas representam 63,4% das causas de patologias na construção civil, sendo essas decorrentes, principalmente, de erros de projeto e de utilização. Em contrapartida, Machado (2002) relaciona as principais manifestações patológicas conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Incidência de manifestações patológicas.

Manifestações Patológicas	Percentual
Manchas na superfície do concreto armado	22%
Fissuras e trincas ativas ou passivas nas peças de concreto armado	21%
Corrosão das armaduras do concreto armado	20%
Segregação dos materiais componentes do concreto	20%
Deformações (flechas e rotações) excessivas	10%
Deterioração e degradação química da construção	7%

Fonte: Adaptado de Silva et al., (2023).

Os principais problemas relacionados ao tratamento de estruturas de concreto armado estão ligados à ausência de detalhamento adequado nos projetos, erros nas dimensões, falta de consideração dos efeitos térmicos, divergências entre os projetos (estrutural, elétrico e hidráulico), cobertura insuficiente, sobrecarga na estrutura e qualidade inadequada do concreto.

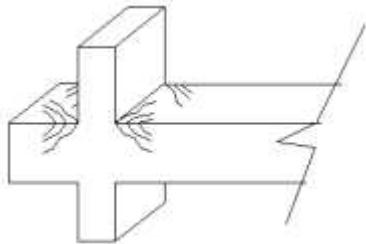
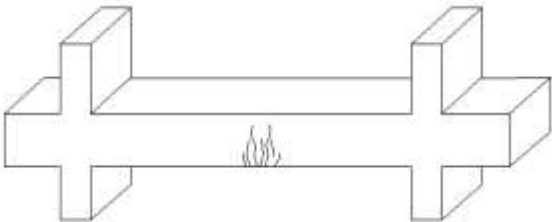
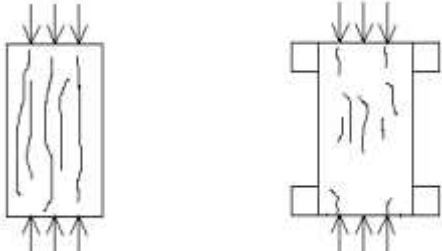
Essas falhas podem resultar em patologias como fissuras, trincas, eflorescência, flambagem, manchas e carbonatação (Martins et al., 2023).

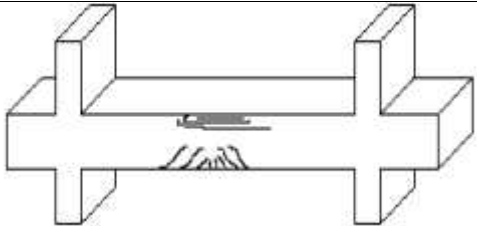
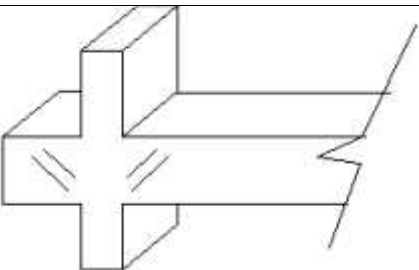
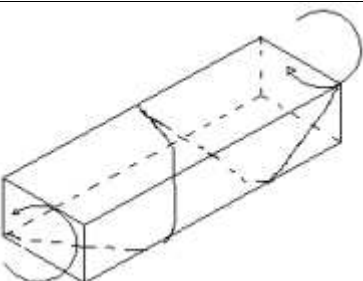
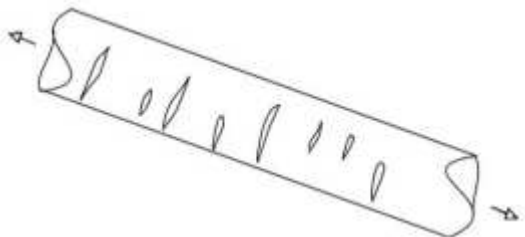
2.3.1 Fissuras

Segundo a NBR 6118/2023 a fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração. Curcio (2008) complementa que as fissuras, são o tipo mais comum de manifestações patológicas em estruturas, e denominam-se pequenas fendas que surgem nas estruturas de concreto.

As deteriorações do concreto por agentes físicos, incluem fissuras causadas por esforços de flexão, esmagamento, flexocompressão, cisalhamento, torção e tração, além de danos provocados por impactos de veículos e por exposição a incêndios (Júnior et al., 2019). No Quadro 1 estão ilustradas representações esquemáticas de manifestações patológicas de fissuras com diferentes causas.

Quadro 1 - Tipos de Fissuras em concreto armado.

Tipos de Fissuras	Descrição
	Fissuração por flexão diante de momento negativo
	Fissuração por flexão diante de momento positivo
	Fissuração por esmagamento sem e com confinamento, respectivamente

	Fissuração por flexocompressão
	Fissuração por cisalhamento
	Fissura por torção
	Fissura por tração

Fonte: Júnior et al. (2019).

2.3.2 Corrosão das armaduras

Segundo Gentil (2022) a corrosão do concreto provoca não somente a sua deterioração, mas também pode afetar a durabilidade e a estabilidade das estruturas. A armadura não é suscetível de sofrer corrosão, a não ser que ocorram deterioração e contaminação do concreto. Com isso, quanto mais o concreto estiver inalterado, mais protegida estará a armadura.

Contudo, fatores físicos, como vibrações podem ocasionar fissuras no concreto, possibilitando o contato da armadura com o meio corrosivo. Ao mesmo exemplo de líquidos em movimento, que em contato com o concreto pode ocasionar o desgaste e deslocamento do concreto, esse desgaste se torna mais acentuado quando o fluido em movimento contém partículas suspensas (sólidos), que provoca o contato e a erosão do elemento estrutural (Gentil, 2022).

Os diversos tipos de corrosão podem ser apresentados levando em consideração a aparência ou modo de ataque, bem como suas diversas causas e mecanismos, e entender essas formas ajuda a compreender os processos corrosivos.

2.3.2.1 Corrosão uniforme

A corrosão uniforme é um tipo de ataque eletroquímico que geralmente resulta em depósitos ou incrustações e ocorre de maneira semelhante ao longo de toda a área exposta. Em nível microscópico, as reações de oxidação e redução acontecem de forma aleatória na superfície. Esse é provavelmente o tipo mais comum de corrosão, além de ser o mais previsível e fácil de considerar em projetos, sendo pouco controverso (Callister et al, 2021). É possível observar na Figura 3 esse tipo de deterioração.

Figura 3 - Ponte sobre o rio calhau na avenida litorânea em São Luís-MA



Fonte: Silva et al., (2014).

2.3.2.2 Corrosão por pites

A corrosão por pites é uma forma específica de ataque localizado, caracterizada pela formação de pequenos furos ou cavidades na superfície do metal. Este tipo de corrosão muitas vezes acaba não sendo detectado até que cause uma falha significativa, apesar de remover pequenas quantidades de material ao longo do tempo. O processo envolve a perfuração do metal, podendo alcançar profundidades e áreas consideráveis (Schweitzer, 2010). Na Figura 4 ilustra um exemplo desse tipo de corrosão.

Figura 4 - Corrosão por pite.



Fonte: Magalhães, 2024.

2.3.3 Lixiviação

A lixiviação ilustrada na Figura 5, ocorre quando águas com baixa concentração de íons de cálcio, ou até mesmo sem nenhum, entram em contato com o concreto, resultando na hidrólise ou dissolução e transporte dos compostos de cálcio para o ambiente externo. Esse processo provoca a redução da resistência do concreto e danos estéticos, uma vez que os produtos lixiviados reagem com o dióxido de carbono (CO_2) presente no ar, formando carbonatos que se manifestam como manchas brancas e estalactites na superfície (DNIT, 2006).

Figura 5 - Lixiviação do concreto



Fonte: Magalhães, 2024.

2.3.4 Desplacamento

O deslocamento refere-se ao desprendimento de fragmentos de concreto, geralmente causado pela expansão resultante da oxidação das armaduras, além do aumento de volume que o concreto pode apresentar ao absorver água. Esse fenômeno também pode ser provocado por movimentações estruturais ou impactos (Vitório, 2002).

2.4 METODOLOGIA GDE/UnB

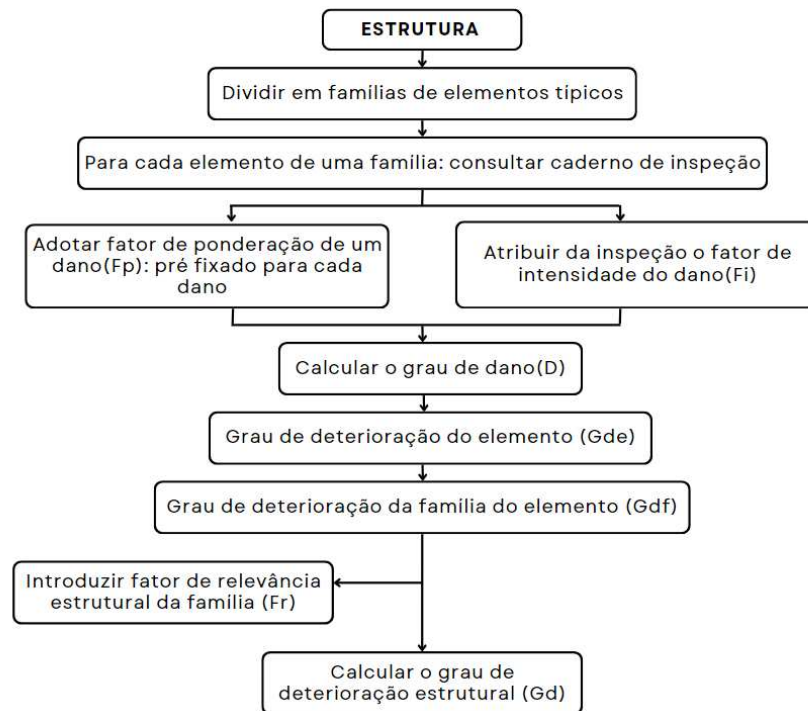
A aplicação da metodologia GDE/UnB é apropriada para o diagnóstico de manifestações patológicas, pois permite uma comparação rápida e objetiva do grau de degradação da estrutura analisada, com base em dados coletados em campo. Foi desenvolvida por Castro (1994) durante o Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (PECC–UnB). Essa metodologia possibilita uma avaliação quantitativa do nível de deterioração de estruturas de concreto, examinando e mensurando os danos e suas progressões. Dessa forma, busca atribuir um grau de criticidade aos elementos estruturais de uma edificação, permitindo a definição de prioridades para a execução de manutenções.

A metodologia foi aprimorada ao longo dos anos por meio dos estudos de Lopes (1998), Boldo (2002), Fonseca (2007), Euqeres (2011) e Verly (2015), que buscaram resolver as limitações identificadas na primeira publicação de 1994.

Com isso, a obra de arte analisada deve ser classificada em "famílias" de elementos estruturais característicos. Para cada elemento, é atribuído um fator de ponderação de dano (F_p) e, para avaliar a gravidade de uma manifestação patológica utiliza-se um fator de intensidade de dano (F_i). A partir desse fator, é possível estimar a progressão da deterioração. Assim, os fatores de danos são compartilhados por todos os elementos de uma família, enquanto os fatores de intensidade variam conforme a gravidade do dano em cada elemento individual.

Nesse sentido, faz-se necessário a realização de inspeções visuais na OAE e após a coleta de dados em campo, atribui-se a cada elemento de uma família um "grau de deterioração" individual. Em seguida, calcula-se o grau de deterioração da família (G_{df}). Após determinar o grau de deterioração das diferentes famílias que compõem a estrutura, aplica-se um fator de relevância estrutural da família (F_r), estabelecido de acordo com sua importância relativa para a funcionalidade e segurança estrutural. Por fim, é possível obter o grau de deterioração da estrutura (G_{de}). A Figura 6 ilustra o fluxograma sugerido por Castro (1994) e adotado pelos autores mencionados anteriormente, que demonstra a sequência para a realização do cálculo destinado a determinar o grau de deterioração da estrutura.

Figura 6 - Fluxograma da metodologia de cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura.



Fonte: Adaptado de Castro (1994).

2.4.1 Classificação das famílias de elementos

De acordo com a Figura 6 a primeira etapa consiste em dividir as famílias de elementos típicos, agrupando-os de acordo com suas funções e características estruturais, como por exemplo, a família de lajes e vigas.

2.4.2 Fator de ponderação de dano

O fator de ponderação de dano (Fp) é empregado para avaliar a relevância de um dano, considerando aspectos como estética, funcionalidade e segurança dos elementos de uma determinada família. Na definição deste fator, são levados em conta a família à qual o elemento pertence e as possíveis consequências que o dano pode causar. A Tabela 3 apresenta o modelo de ficha proposto desde a versão inicial da metodologia GDE/UnB, indicando os valores de Fp correspondentes para cada tipo de dano.

Tabela 3 - Modelo de ficha de inspeção para pilares.

Nome do elemento				
Tipo do elemento				
Local				
Danos	Fp	Fi	D	Croquis/Observações
Carbonatação				
Cobrimento deficiente				
Corrosão de armaduras				
Desagregação				
Desplacamento				
Eflorescência				
Fissuras				
Manchas				
Recalque				
Umidade na base				

Fonte: Adaptado Verly (2015).

É importante destacar que os valores de Fp para fissuras variam conforme o tipo da fissura. O fator é determinado com o auxílio de uma tabela que apresenta os tipos de fissuras e seus respectivos valores de Fp que podem ser visualizados no Anexo A (Verly, 2015).

2.4.3 Fator de intensidade de dano (Fi)

Conforme Figura 6, em paralelo ao Fp, deve-se determinar o fator de intensidade do dano (Fi), no qual varia entre zero e quatro. O Fi busca avaliar a gravidade e o progresso do dano de forma isolada em um elemento específico, sendo a quantificação definida pelo avaliador das patologias. Na Tabela 4 é possível visualizar os valores de fator de intensidade de dano (Fonseca, 2007).

Tabela 4 - Valores de fator de intensidade de dano.

Manifestação Patológica	Valores de Fi	Descrição
Flechas	1	Não perceptíveis a olho nu.
	2	Perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos na norma.
	3	Superiores em até 40% às previstas na norma.
	4	Excessivas.
Infiltração de água	1	Indícios de umidade.
	2	Pequenas manchas.
	3	Grandes manchas.
	4	Generalizada.
Manchas	2	Manchas escuras de pouca extensão.
	3	Manchas escuras de grande extensão.
	4	Manchas escuras em todo o elemento estrutural.
Recalques	2	Indícios de recalque pelas características das tricas na alvenaria.
	3	Recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais.
	4	Recalque não estabilizado.

Fonte: Adaptado Jorge et al. (2019).

2.4.4 Grau de dano

O objetivo do grau de dano é quantificar cada dano no elemento, isto é, quantificar o quanto cada manifestação patológica está avançada em relação ao nível de deterioração. Para isso, deve-se considerar o fator de ponderação e o fator de intensidade (Medeiros, 2015). As Equações 1 e 2 ilustram.

$$D = 0,8 * Fi * Fp \quad \text{para } Fi \leq 2,0 \quad (1)$$

$$D = (12 * Fi - 28) * Fp \quad \text{para } Fi > 2,0 \quad (2)$$

Onde:

D= Grau do dano do elemento;

Fp= Fator de ponderação do dano;

Fi= Fator de intensidade do dano.

2.4.5 Grau de deterioração de um elemento (Gde)

O grau de deterioração de um elemento estrutural isolado representa o nível máximo de dano do componente, considerando as manifestações dos danos identificados durante a inspeção (Jorge et al., 2019). A partir da Equação 3, é possível determinar o Gde.

$$Gde = Dmáx * \left[1 + \frac{(\sum_{i=1}^n Di) - Dmáx}{\sum_{i=1}^n Di} \right] \quad (3)$$

Onde:

Gde= Grau de deterioração do elemento;

Dmáx= Maior grau de dano de um elemento;

Di= Grau de dano de ordem i;

n= Número de danos encontrados no elemento.

2.4.6 Grau de deterioração de uma família de elementos

O GDF é utilizado para representar a deterioração de elementos com características semelhantes. Para calcular o GDF, é preciso ter os valores do GDE de todos os elementos que fazem parte da família em análise. De acordo com Castro (1994), na quantificação do GDF, devem ser considerados apenas os valores de GDE iguais ou superiores a 15. Essa abordagem foi adotada para destacar os danos mais significativos e evitar que danos menos graves influenciassem os resultados. Como resultado, algumas famílias poderiam apresentar um grau de deterioração igual a zero, mesmo quando havia danos presentes.

Verly (2015), sugeriu a inclusão de todos os valores de GDE diferentes de zero para o cálculo do GDF. Essa abordagem permitiria que todos os danos identificados fossem considerados na avaliação geral, possibilitando também a utilização desse método como um sistema de gestão de OAE, facilitando o monitoramento da evolução de todos os danos presentes. Além disso, a equação originalmente proposta por Castro (1994) foi modificada, sendo a Equação 4 mais recente apresentada por Fonseca (2007).

$$Gdf = Gde,máx * \left[\sqrt{1 + \frac{(\sum_{i=1}^m Gde,i) - Gde,máx}{\sum_{i=1}^m Gde,i}} \right] \quad (4)$$

Onde:

Gdf= Grau de deterioração da família;

Gde,máx= Maior valor de GDE de uma família;

Gde,i= Grau de deterioração de ordem i.

2.4.7 Fator de relevância estrutural (Fr)

O Fator de Relevância Estrutural (Fr) deve ser utilizado em conjunto para todas as famílias de elementos. Da mesma forma, o fator de relevância estrutural de cada família de elementos tem como objetivo avaliar a importância relativa dessas diferentes famílias na subdivisão da estrutura, levando em conta o comportamento e desempenho da mesma. A Tabela 5 resume os respectivos valores.

Tabela 5 - Fator de relevância estrutural (Fr).

Famílias em conjunto	Fatores de relevância estrutural (Fr)
Elementos de composição arquitetônica.	1,0
Reservatório superior.	2,0
Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias, juntas de dilatação.	3,0
Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários.	4,0
Vigas e pilares principais.	5,0

Fonte: Fonseca (2007).

2.4.8 Grau de deterioração da estrutura (Gd)

O nível de deterioração da estrutura é estabelecido com base nos valores de deterioração de cada família que compõe a estrutura, levando em consideração os respectivos fatores de relevância. De acordo com Castro (1994), o cálculo do Grau de Deterioração (Gd) foi estabelecido como a média ponderada dos níveis de deterioração das famílias, utilizando o fator de relevância estrutural (Fr) como peso. Essa formulação é expressa na Equação 5.

$$Gd = \frac{\sum_{i=1}^m Fr(i) * Gdf(i)}{\sum_{i=1}^m Fr(i)} \quad (5)$$

Contudo, Verly (2015), em determinadas circunstâncias, ao incluir todos os valores de GDE no cálculo do GDF e utilizar a Equação 5 para determinar o Gd, a presença de danos de menor relevância na estrutura pode resultar em uma diminuição no grau de deterioração, uma vez que esses danos são contabilizados. Da mesma forma, a correção de um dano pode elevar esse valor, o que gera um comportamento contrário ao previsto.

Nesse contexto, Verly (2015) sugeriu uma nova equação para o cálculo do Gd, na qual a introdução de um dano resulta em um aumento no Gd, enquanto sua correção leva à diminuição do grau de deterioração. É importante destacar que, para preservar a integridade da metodologia, o autor assegurou que a faixa de valores possíveis permanecesse a mesma utilizada na Equação 5. A Equação 6 apresenta a formulação sugerida por Verly (2015).

$$Gd = \frac{Kmáx}{7,07} \sqrt{1 + \frac{(\sum_{i=1}^k Ki) - Kmáx}{\sum_{i=1}^k Ki}} \quad (6)$$

Onde:

k= Número de famílias da estrutura;

K=Produto do Gdf,i pelo respectivo Fr;

Kmáx= Maior valor do produto do Gdf,i pelo respectivo Fr.

Com o resultado do grau de deterioração, torna-se viável classificar a estrutura conforme seu nível de deterioração e avaliar os prazos recomendados para a execução de intervenções necessárias conforme a Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação dos níveis de deterioração e ações recomendadas.

Nível de deterioração	Gde	Ações recomendadas
Baixo	≤ 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva
Médio	15,1 a 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).
Alto	50,1 a 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo (máximo 1 ano).

Sofrível	81,1 a 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máximo 6 meses)
Crítico	$\geq 100,1$	Inspeção especializada imediata e medidas emergenciais (alívio de cargas, escoramento, etc.). Planejar intervenção imediata.

Fonte: Adaptada de Verly (2015).

2.5 DNIT 010/2004- PRO

No Brasil, de acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2004), a vistoria técnica em pontes é uma atividade que já ocorre periodicamente. Esse procedimento permite a realização de manutenções preventivas em estruturas onde foram identificados riscos potenciais para os usuários.

Conforme Fonseca (2007), A norma DNIT 010/2004 traz orientações voltadas à avaliação de elementos estruturais em pontes, seguindo os critérios estabelecidos pelo Sistema de Gerência de Obras-de-Arte Especiais (SGO). No qual, é uma base de dados que registra informações de inspeções efetuadas no contexto do cadastro e monitoramento. Ele fornece suporte para a execução de intervenções e a definição de prioridades nas OAE. As instruções para a atribuição das notas podem ser visualizadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Instruções para atribuição de notas pela metodologia DNIT.

NOTA	DANOS NO ELEMENTO/ INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não há danos nem insuficiência estrutural	Nada a fazer.	Boa	Obras sem problemas
4	Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural	Nada a fazer; apenas serviços de manutenção.	Boa	Obra sem problemas importantes

3	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural.	A recuperação da obra pode ser postergada.	Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras.
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte.	A recuperação da obra deve ser feita no curto prazo.	Sofrível	Obra problemática Inspeções intermediárias são recomendáveis para monitorar os problemas.
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte;	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) - ou em alguns casos, substituição da obra – deve ser feita sem tardar.	Precária	Obra crítica Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais.

Fonte: Adaptada DNIT 010/2004- PRO (2004).

Embora a avaliação tenha caráter subjetivo, o inspetor deve seguir diretrizes específicas para a atribuição de notas aos elementos estruturais, conforme detalhado na acima, que descreve as características de cada elemento. Ao concluir o processo de avaliação, a nota atribuída à ponte é equivalente à nota do elemento estrutural que se encontra na pior condição. Assim, a condição geral da ponte é determinada pelo estado do seu componente mais degradado.

De acordo com a norma DNIT 010/2004, notas técnicas de 1,0 indicam as piores condições do elemento estrutural, incluindo insuficiência estrutural, risco de colapso e precariedade na estabilidade. Por outro lado, uma nota de 2,0 sugere a presença de danos que estão relacionados à capacidade estrutural inadequada da ponte, embora não haja sinais de risco iminente de colapso. Nesse cenário, a recuperação da estrutura deve ser feita em um prazo curto, resultando em uma classificação de estabilidade da ponte como insatisfatória, o que caracteriza uma situação de emergência. A Figura 7 mostra parte da ficha de inspeção que é utilizada para a aplicação da metodologia.

Figura 7 - Parte da ficha de inspeção utilizada na metodologia DNIT.

1. LAJE		Nota Técnica:	
Buraco (abertura)	☐ Existe	☐ É Iminente	
Armadura Exposta	☐ Muito Oxidada	☐ Grande Incidência	
Concreto Desagregado	☐ Muita Intensidade	☐ Grande Incidência	
Fissuras	☐ Forte Infiltração	☐ Grande Incidência	
Marcas de Infiltração	☐ Forte	☐ Grande Incidência	
Aspecto de Concreto	☐ Má Qualidade		
Cobrimento	☐ Ausente / Pouco		

DNIT 010/2004-PRO (2004).

Com isso, a norma DNIT 010/2004-PRO estabelece diversos procedimentos a serem adotados durante a inspeção. Entre esses procedimentos, destaca-se a necessidade de uma documentação fotográfica composta por, no mínimo, seis fotografias que devem registrar a vista superior, vista inferior, vistas laterais, além de detalhes dos apoios, articulações e juntas. Adicionalmente, a norma prevê a limpeza de certas áreas específicas para a verificação da presença, fissuras e corrosão.

3 METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa adotou-se procedimentos e equipamentos que foram utilizados para a realização desta pesquisa, a fim de cumprir os objetivos propostos, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Metodologia de estudo



Fonte: Autoria própria (2024).

A análise da OAE iniciou-se com inspeções visuais e coleta de dados para a definição de elementos utilizados na estrutura da ponte, além da aplicação de métodos de inspeção para avaliar o estado de conservação da ponte. É importante mencionar que não foi possível obter os projetos relacionados à estrutura.

3.1 INSPEÇÕES VISUAIS NA ESTRUTURA

Para a realização das inspeções visuais, foram obtidas imagens com a colaboração de Christian Souza e Matheus Sant'ana, doutorandos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), que estavam coletando dados para suas Teses. Assim, as imagens capturadas em novembro de 2023 foram disponibilizadas para a aplicação das metodologias deste estudo. A Figura 9 apresenta a vista longitudinal da ponte em estudo que está localizada na BR-405 conectando os municípios de Uiraúna, na Paraíba, e Major Sales, no Rio Grande do Norte.

Figura 9 - Vista longitudinal da ponte.



Fonte: Autoria própria (2023).

As informações obtidas durante a visita realizada foram utilizadas para organizar os elementos observados na estrutura. Esse agrupamento está apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Divisão estrutural dos elementos.

Divisão estrutural	Elementos
Superestrutura	Lajes; Cortinas; longarinas e transversinas, Guarda-rodas; Guarda-corpos; Pista de Rolamento
Mesoestrutura	Pilares; Viga de contraventamento.
Infraestrutura	Não foi possível identificar

Fonte: Autoria própria (2024).

Nesta fase, também foi realizada a classificação da estrutura em relação à agressividade do ambiente, com o objetivo de determinar seu risco de deterioração. Para isso, foi utilizada a tabela presente na ABNT NBR 6118/2023, conforme pode ser observada na Quadro 4.

Quadro 4 - Classes de agressividade ambiental.

Classe de agressividade	Agressividade	Classificação Geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
-------------------------	---------------	--	------------------------------------

I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submerso	
II	Moderada	Urbano	Pequeno
III	Forte	Marinho	Grande
		Industrial	
IV	Muito Forte	Industrial	Elevado
		Respingos de maré	

Fonte: Adaptado ABNT NBR 6118/2024.

3.2 APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO

3.2.1 Aplicação da metodologia DNIT 010/2004-PRO

Identificou-se todos os elementos estruturais e não estruturais da ponte. Após essa identificação, foram utilizadas as fichas de inspeção rotineira da Norma DNIT 010/2004-PRO, juntamente com a tabela de instruções para atribuição das notas técnicas, representadas na Figura 7 e na Tabela 2, respectivamente. Com a análise de todos os elementos concluída, a nota final da estrutura foi determinada de acordo com o critério estabelecido na referida norma, que define que a nota técnica da estrutura corresponde ao menor valor atribuído a um elemento com função estrutural. Com a nota técnica final estabelecida, a ponte foi classificada em termos de condições de estabilidade.

3.2.1 Aplicação da metodologia GDE/UnB

Depois de identificados os componentes da ponte, procedeu-se à sua categorização em famílias, conforme proposto pela metodologia GDE/UnB. A classificação correspondente está apresentada na Quadro 5.

Quadro 5 - Classificação em famílias.

Famílias	
Pista de Rolamento	Guarda-rodas
Cortinas	Guarda-corpos
Lajes	Vigas Longarinas
Vigas transversinas	Viga de contraventamento
Fundações	Pilares

Fonte: Adaptado Medeiros (2015).

Com isso, foi realizada a identificação dos danos presentes em cada elemento, juntamente com a atribuição dos Fatores de ponderação (F_p) e intensidade (F_i) para determinar o grau de dano (D). A atribuição dos valores para esses fatores foi baseada no Manual de aplicação da metodologia GDE/UnB para obras de arte especiais, elaborado por Verly (2015), que relacionam as manifestações patológicas com os respectivos valores de F_p e F_i , além de incluir fotos ilustrativas que auxiliam na sugestão de fatores para essas patologias. No Anexo A, está disponível a tabela utilizada para a atribuição dos fatores de intensidade.

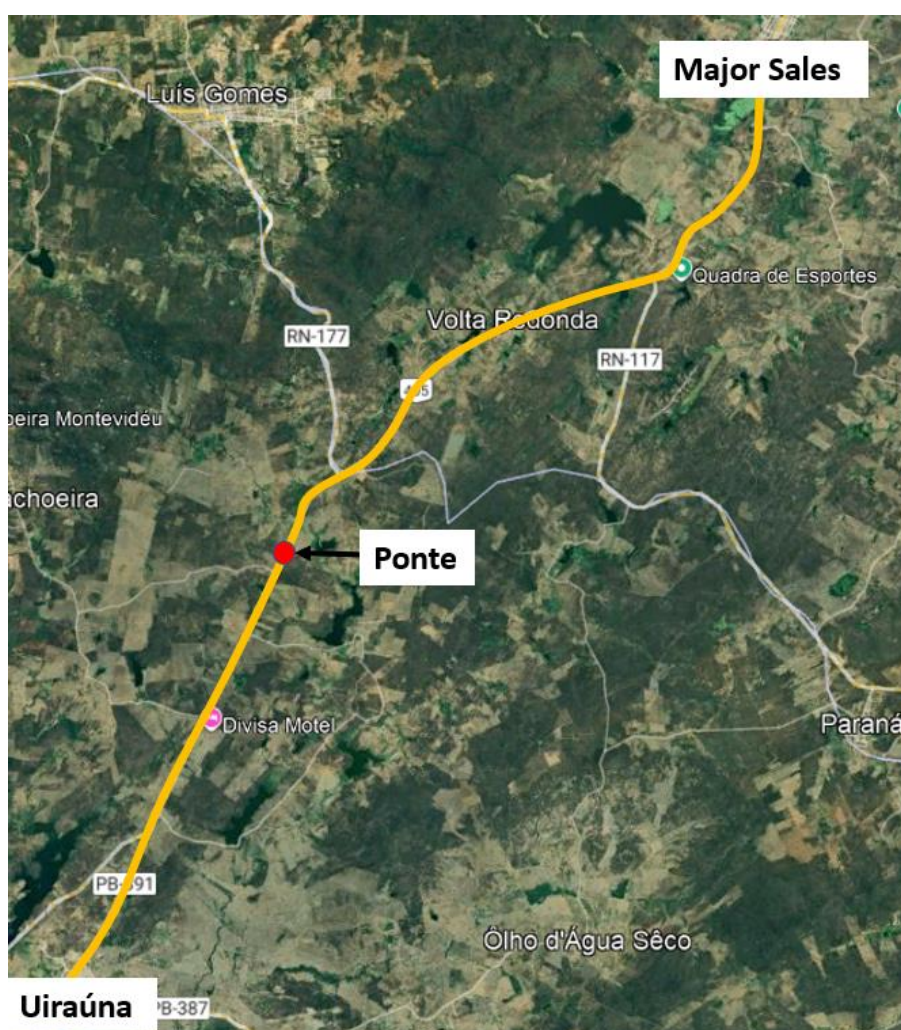
Após a definição dos fatores, os cálculos foram iniciados com o auxílio de planilhas eletrônicas, seguindo o passo a passo descrito no item 2.4 deste trabalho. Após a conclusão de todos os cálculos necessários, foi determinado o valor do grau de deterioração global da estrutura (G_d). Em seguida, procedeu-se à classificação da estrutura conforme os níveis de deterioração e as ações recomendadas.

4 RESULTADOS E DISCURSÕES

4.1 DESCRIÇÃO DA OBRA DE ARTE E DO AMBIENTE

A ponte, situada na divisa entre os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, é uma obra de arte especial inaugurada em 1960. Localizada na BR-405, ela conecta os municípios de Uiraúna, na Paraíba, e Major Sales, no Rio Grande do Norte. A Figura 11 mostra a localização da ponte de estudo.

Figura 10 - Localização da Ponte.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2024).

Segundo a ABNT NBR 6118/2023, no que diz respeito à classe de agressividade ambiental, a OAE está localizada em um ambiente de Classe II. Abaixo da estrutura, durante as chuvas, a água da precipitação tende a se acumular, mas esse acúmulo é temporário. A água segue o escoamento ou é infiltrada no solo, além de sofrer evaporação, resultando em uma

alternância entre momentos em que há água e momentos em que não há sob a ponte. Também foi possível realizar medições quanto as dimensões da ponte, conforme a Tabela 7.

Tabela 7 - Dimensões da ponte.

Largura total da pista (m):	8,20
Largura do Acostamento Direito (m):	0,83
Largura do Acostamento esquerdo (m):	0,37
Comprimento (m):	19,5

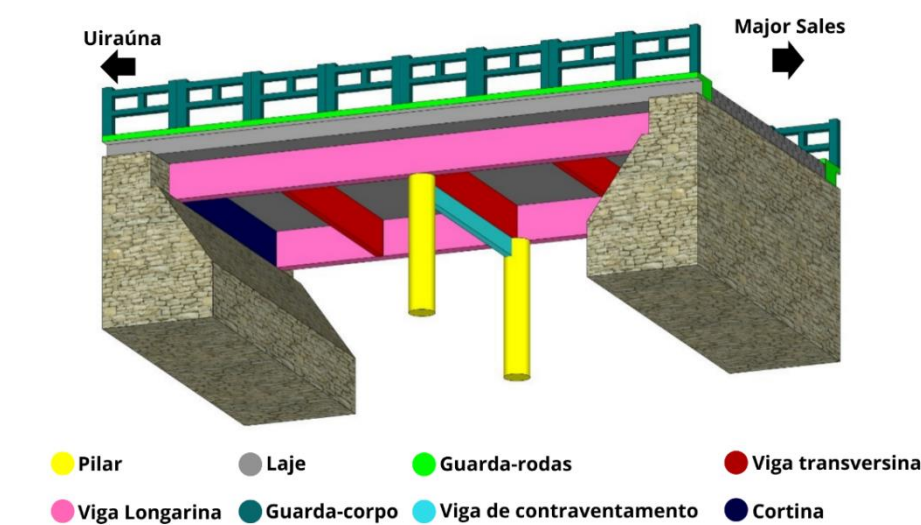
Fonte: Autoria própria (2024).

Na Figura 14 é possível observar que superestrutura da ponte é formada por um tabuleiro que se divide em duas lajes. Ao longo de toda sua extensão, existem duas vigas longarinas e duas cortinas. Além disso, há três vigas transversinas dispostas perpendicularmente às longarinas ao longo de toda a extensão.

A mesoestrutura é formada por dois pilares, com um espaçamento de 4,43 metros entre eles e conectados através de uma viga de contraventamento. Já em relação à infraestrutura, devido à falta de acesso ao projeto, não foi possível determinar o tipo de fundação existente.

Além dos elementos estruturais mencionados anteriormente, a ponte conta com outros componentes que asseguram sua segurança e funcionamento. A estrutura também possui guarda-corpos e guarda-rodas, instalados nas laterais da via de rolamento, além de um sistema de drenagem composto por buzínates dispostos ao longo das lajes. A partir da Figura 11 é possível visualizar a disposição dos elementos para a identificação das patologias.

Figura 11 - Elementos constituintes da ponte.



9

Fonte: Autoria própria (2024).

4.2 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES NA OAE

4.2.1 Manifestações patológicas na superestrutura

4.2.1.1 Lajes

Nas lajes, observou-se manifestações patológicas, principalmente nas áreas onde os elementos de drenagem dos efluentes (buzinotes) estão localizados, apresentando alguns danos mais acentuados, conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Danos na laje.



(a)eflorescência

(b) eflorescência e desagregação

Fonte: Autoria própria (2023).

Na Figura 12 (a), é possível observar a presença de manchas brancas ao redor do buzinode, indicativas de eflorescência. Esse fenômeno pode ser resultado de infiltração de água durante o processo de drenagem superficial da BR-405. Dessa forma, o interior do elemento responsável pela condução dos efluentes pode apresentar aberturas que facilitem a infiltração e o contato direto da água com o concreto.

Na Figura 12 (b), observa-se uma mancha de tonalidade escura ao redor de um buzinode, acompanhada pela deterioração do concreto. Além disso, nota-se que a mancha está se espalhando para outras áreas da laje. Esses indícios também podem ser resultado da falha no sistema de drenagem, que, ao não direcionar adequadamente o fluxo de água, permite que os efluentes penetrem no concreto. Isso pode levar à umidade mais elevada e consequentemente a proliferação de micro-organismos.

4.2.1.2 Longarina e transversina e contraventamento

No ponto de interseção entre a viga transversina e a viga longarina apresentada na Figura 13 (a), que se apoia no pilar, observam-se manchas de tonalidade avermelhada, típicas de oxidação de armadura acompanhadas por manchas brancas. Essas manchas podem ter sido causadas pela abertura da junta de dilatação visualizada na Figura 13 (b) na parte superior da laje, onde se encontra o asfalto da BR-405. A presença dessas manchas pode estar associada ao transporte de material oxidado no interior da estrutura, que acaba se manifestando na superfície do elemento estrutural.

Figura 13 - Danos na superestrutura.



(a) manchas de corrosão



(b) junta de dilatação

Fonte: Autoria própria (2023).

O aparecimento de armaduras expostas na viga longarina (Figura 14) juntamente com o deslocamento do concreto pode ter sido ocasionado devido à baixa qualidade do concreto utilizado, erros na execução do cobrimento e infiltração de água. Esses fatores contribuem para a deterioração do concreto, promovendo a corrosão das armaduras. Com o avanço desse processo, o concreto perde aderência e coesão, resultando no deslocamento, expondo as armaduras, por outro lado, o cobrimento insuficiente pode estar relacionado a falha na execução. A falta de manutenção e inspeção também agrava essa condição.

Figura 14 - Danos na viga longarina.



Fonte: Autoria própria (2023).

As fissuras presentes nas vigas transversina e de contraventamento podem ser originadas por uma série de fatores, tais como sobrecarga estrutural, falhas no projeto ou na execução, retração do concreto, variações de temperatura e corrosão das armaduras. Em função desses aspectos, algumas fissuras podem vir acompanhadas pelo deslocamento do concreto, como visualizado na Figura 15. Considerando que a ponte foi construída em 1960, após seis décadas, é possível que as solicitações estruturais tenham se intensificado, resultando no aparecimento de fissuras na OAE.

Figura 15 - Danos na transversina.



Fonte: Autoria própria (2023).

4.2.2 Manifestações patológicas na mesoestrutura

4.2.2.1 Pilares

Em relação aos pilares, estes foram os elementos estruturais que apresentaram os danos mais relevantes. Em ambos, foram identificadas fissuras, deslocamento do concreto, exposição das armaduras, corrosão acentuada das armaduras com grandes perdas de seção e barras rompidas, conforme a Figura 16.

Figura 16 - Danos nos pilares.



(a) fissuras



(b) exposição de armaduras



(c) ruptura das armaduras



(d) deslocamento do concreto

Fonte: Autoria própria (2023).

Ao analisar a Figura 16 (a), percebe-se a presença de fissuras, possivelmente porque a base do pilar é uma zona de cheia e seca do rio, tendo um fator forte da erosão e elevada umidade e variação da mesma. Além disso, pode estar relacionado a ausência de manutenção e intervenção.

Na Figura 16 (b) (c) e (d), pode-se notar a exposição das armaduras longitudinais e a existência de aglomerados de agregados. Como se trata de uma região que acumula água em períodos de chuva, a exposição das armaduras possivelmente está ligada ao desgaste do concreto causado pelo atrito com a água, além da infiltração do fluido no material, o que provoca a corrosão.

4.2.2.2 Elementos completos

Nos guarda-corpos e guarda-rodas, foi perceptível que houve uma intervenção, assim como na pista de rolamento, com isso os seus estados de conservação aparentavam estar em boas condições, sem nenhum tipo de patologia aparente. Ambos, se encontravam com pinturas bem conservadas, como demonstrado na Figura 17. Assim como os encontros e cortinas estavam em boas condições.

Figura 17 - Guarda-corpo e guarda-rodas.



Fonte: Autoria própria (2023).

4.3 Resultados obtidos com a metodologia DNIT 010/2004

A utilização da metodologia DNIT 010/2004-PRO foi conduzida por meio da aplicação das fichas de inspeção presentes no Anexo B da referida norma, sendo que a avaliação e a quantificação dos danos seguiram o que está estabelecido no Quadro 3 no item 2.5 deste trabalho. A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos juntamente com suas respectivas avaliações.

Tabela 8 - Resultados obtidos pela metodologia DNIT 010/2004

DNIT 010/2004-PRO		
Lajes		São observados indícios de corrosão, deslocamento, umidade e eflorescência em algumas áreas da laje. Contudo, a maior intensidade desses problemas é registrada nas proximidades dos drenos e da junta de dilatação;
Nota técnica	4,0 (Boa)	

Vigas longarinas		- Existem casos de cobrimento deficiente, com a armadura exposta e corrosão em determinadas áreas. Além disso, são observadas manchas nas superfícies externa e inferior, resultantes da ineficiência dos buzinotes; - Manchas de corrosão e eflorescência.
Nota técnica	4,0 (Boa)	
Vigas transversinas		São observados indícios de corrosão, deslocamento, fissuras, umidade e eflorescência em algumas áreas da laje. Contudo, a maior intensidade desses problemas é registrada nas proximidades dos drenos e da junta de dilatação;
Nota técnica	4,0 (Boa)	
Viga de contraventamento		- Manchas de corrosão; - Cobrimento insuficiente; - Deslocamento do concreto.
Nota técnica	4,0 (Boa)	
Pilares		- Manchas de corrosão; - Armaduras expostas e rompidas; - Cobrimento insuficiente; - Deslocamento do concreto.
Nota técnica	1,0 (Precária)	
Guarda-corpos, guarda-rodas e cortinas		Obra sem problemas importantes.
Nota técnica	4,0 (Boa)	

Fonte: Autoria própria (2024).

Ao observar a Tabela 8, constata-se que a OAE obteve uma nota técnica de 1, sendo classificada, em termos de estabilidade, como "Precária" e, em relação às condições gerais, como uma "obra crítica". Nesse caso, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição

de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações, entre outros. A nota atribuída indica que os danos estão provocando uma grave insuficiência estrutural. No que diz respeito às ações corretivas, a recuperação ou substituição dos componentes estruturais deve ser feita sem tardar.

4.4 RESULTADOS OBTIDOS COM A METODOLOGIA GDE/UNB

4.4.1 Considerações realizadas na análise dos elementos

Para a análise das patologias na metodologia GDE/UnB, foram feitas considerações com o objetivo de garantir uma representação mais precisa da estrutura. Isso ajudou a reduzir a generalização de um dano para todo o elemento.

Sendo assim, com todos elementos identificados, analisando a Figura 14 considerou-se o sentido Uiraúna para Major Sales, com a definição de direita e esquerda para as vigas longarinas (VL) e pilares (P), além de enumerar em ordem crescente as vigas transversinas (VT) e a viga de contraventamento (VC), já para laje (L) considerou-se de maneira uniforme.

4.4.2 Grau de danos dos elementos

Conforme abordado no item 3.4.1.4, o Grau de Danos do Elemento (GDE) reflete a condição de cada componente analisado separadamente, permitindo a determinação do nível de deterioração. A Tabela 9 apresenta os diferentes níveis de deterioração dos elementos analisados, facilitando a identificação daqueles mais comprometidos, além de classificar cada elemento. No Apêndice A, é possível verificar o processo de quantificação utilizado e os critérios aplicados a cada tipo de dano, que permitiram alcançar os resultados apresentados. Adicionalmente, também é possível observar o Grau de Deterioração das Famílias de elementos (GDF) calculados conforme o item 2.4.5.

Tabela 9 - Grau de deterioração e classificação de cada elemento.

Elementos	Gde	Nível de deterioração
VL esquerda	48,25	Médio
VL direita	51,01	Alto
VT-1; VT-3	46,01	Médio

VT-2	55,31	Alto
VC	8,0	Baixo
L	8,29	Baixo
P esquerdo	96,32	Crítico
P direito	96,32	Crítico

Fonte: Autoria própria (2024).

Com base na análise da Tabela 9, percebe-se que as vigas longarinas apresentaram dois diferentes graus de deterioração. A esquerda foi classificada com um nível médio de deterioração. Já a longarina direita com níveis de deterioração alto. Ambas estão expostas a infiltração proveniente das falhas na junta de dilatação.

Os graus de deterioração das vigas transversinas foram avaliados, verificando-se um nível médio de degradação nos elementos VT-1 e VT-3. A transversina mais afetada foi a VT-2, localizada próxima a junta de dilatação. Já ao analisar a viga de contraventamento e a laje, é possível observar que ambas apresentam valores próximos devido a patologias semelhantes, sendo classificados com nível de deterioração baixo.

Os pilares esquerdo e direito exibem um nível semelhante de deterioração, uma vez que foram avaliados com base nos mesmos critérios patológicos. Por serem os elementos estruturais com maior visibilidade de danos, encontram-se em condições sofrível. Vale ressaltar que elementos, como cortinas, guarda-corpos e guarda-rodas tinham manifestações patológicas irrelevantes, portanto, não foram classificados conforme recomendação de Verly (2015).

4.4.3 Grau de dano das Famílias

Com base na Tabela 9, é possível efetuar uma classificação conforme o nível de deterioração das famílias de elementos. Essa classificação pode ser visualizada na Tabela 10.

Tabela 10 - Classificação em função do grau de deterioração das famílias.

Posições	Famílias	GDF
1º	Pilares	117,96
2º	Vigas transversinas	70,50

3°	Vigas longarinas	62,18
4°	Laje	8,29
5°	Viga de contraventamento	8
6°	Cortinas	0
7°	Guarda-rodas	0
8°	Guarda-corpos	0

Fonte: Autoria própria (2024).

Pode-se observar que os pilares são os elementos que apresentam o maior nível de deterioração. Esses componentes estão mais suscetíveis a esforços de compressão. Por outro lado, a viga de contraventamento, entre os elementos avaliados, são as que mostram o menor grau de deterioração.

Classificar as famílias de elementos é uma etapa essencial, pois permite definir uma ordem de prioridades para intervenções na estrutura, especialmente quando há restrição de recursos. No entanto, basear essa classificação apenas no nível de deterioração dos elementos não é suficiente, sendo fundamental também levar em conta a importância estrutural de cada elemento para a estabilidade da ponte. Para isso, utiliza-se o fator de relevância estrutural. A nova classificação pode ser observada na Tabela 11.

Tabela 11 - Classificação do grau de deterioração das famílias com aplicação dos Fr.

Posições	Famílias	GDF	Fr	K(GDF*Fr)
1°	Pilares	117,96	5	589,8
2°	Vigas longarinas	62,18	5	310,9
3°	Vigas transversinas	70,50	4	282,0
4°	Viga de contraventamento	8	5	40,0
5°	Laje	8,29	4	33,16
6°	Cortinas	0	3	0

7°	Guarda-rodas	0	1	0
8°	Guarda-corpos	0	1	0

Fonte: Autoria própria (2024).

A variável K indica o nível de deterioração das famílias, ponderado pelo fator Fr, conforme sua relevância estrutural para a ponte. Ao analisar a Tabela 11, percebe-se uma mudança nas posições em comparação com a Tabela 10. Os pilares continuam como o elemento mais crítico, destacando-se dos demais, devido aos danos consideráveis que podem comprometer a estabilidade da estrutura. As vigas longarinas ocuparam a segunda posição, já que o fator de relevância é maior. Por outro lado, as vigas transversinas ocuparam a terceira posição, pelo fato de o fator de relevância ser menor. Da mesma forma para a viga de contraventamento e a laje que trocaram de posição, ocupando a quarta e quinta posição, respectivamente. Dessa forma, essa última classificação permite um planejamento de intervenções mais alinhado com a importância de cada elemento para a estabilidade da estrutura.

4.4.4 Grau de deterioração da estrutura (Gd)

A Tabela 12 apresenta o grau de deterioração da estrutura (Gd), juntamente com todas as variáveis consideradas para a obtenção do resultado final.

Tabela 12 - Resultado final obtido na análise.

Famílias	GDF	Fr	K(GDF*Fr)
Pilares	117,96	5	589,8
Vigas longarinas	62,18	5	310,9
Vigas transversinas	70,50	4	282,0
Viga de contraventamento	8	5	40,0
Laje	8,29	4	33,16
Cortinas	0	3	0
Guarda-rodas	0	1	0

Guarda-corpos	0	1	0
ΣK		1255,86	
K máx		589,8	
Gd		103,20	
Nível de deterioração		Crítico	

Fonte: Autoria própria (2024).

A ponte apresentou um grau de deterioração de 103,20, sendo, portanto, classificada como "Crítico", conforme a metodologia GDE/UNB. Diante disso, recomenda-se a execução de inspeções imediatas e medidas emergenciais na estrutura, além de um planejamento de intervenção imediata. A Tabela 12 mostra que a família dos pilares teve uma contribuição significativa para essa classificação. Esses elementos exibiram vários danos, cujas manifestações podem comprometer a estabilidade da ponte.

4.5 ANÁLISE COMPARATIVA DA METODOLOGIA GDE/UNB E NORMA DNIT

Com base na análise comparativa entre a metodologia GDE/UnB e a norma DNIT 010/2004-PRO, identificaram-se abordagens distintas para a avaliação e quantificação dos danos estruturais. A primeira metodologia possibilita a análise detalhada de cada elemento de forma individual, bem como o agrupamento deles em famílias. Já a segunda restringe-se a uma avaliação global dos elementos, sendo a nota final determinada pelo menor valor atribuído a um dos elementos estruturais.

Conforme Jorde (2019), a metodologia GDE/UnB oferece maior detalhamento dos danos, que são descritos e organizados em tabelas auxiliares, facilitando a atribuição de fatores e a quantificação específica dos danos em cada elemento. Por outro lado, a norma DNIT 010/2004-PRO não realiza essa quantificação detalhada, limitando-se à atribuição de uma nota técnica que reflete o nível de deterioração do elemento, introduzindo maior subjetividade e exigindo maior qualificação do inspetor para a avaliação.

A metodologia GDE/UnB indicou um nível de deterioração classificado como "Crítico", recomendando execução de inspeções imediatas e medidas emergenciais na estrutura, além de um planejamento de intervenção imediata. Por outro lado, a norma DNIT atribuiu à estabilidade a classificação "Precária", sugerindo a recuperação ou substituição dos componentes estruturais deve ser feita sem tardar. Contudo, em ambas as abordagens, observou-se que os pilares foram

os principais responsáveis por elevar a classificação da ponte. Portanto, ambas as metodologias recomendaram procedimentos semelhantes, como maior rigor na observação e a necessidade de ações corretivas em curto prazo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma parte significativa das patologias identificadas neste estudo possivelmente foi causada pelos efeitos de um sistema de drenagem inadequado, o que levou a uma série de outros problemas, como manchas de umidade, corrosão, deslocamento e desagregação, entre outros. Vale destacar, que pelo fato de a ponte ter mais de sessenta anos de existência, pode significar que já não reflete fielmente as condições atuais de tráfego, especialmente no que se refere a veículos pesados.

Ao aplicar a norma do DNIT, identificou-se a necessidade de intervenções de recuperação em curto prazo, a fim de evitar que a estrutura chegue a uma condição crítica. Por outro lado, com a aplicação da metodologia GDE/UnB, verificou-se uma variância uniforme quanto as classificações dos elementos. No entanto, os pilares se destacaram por apresentar os maiores danos estruturais, com ruptura e corrosão das armaduras, além de deslocamento de grandes áreas do concreto. Sendo necessário uma intervenção imediata.

Ao analisar as duas metodologias, observou-se que a aplicação da norma DNIT 010/2004-PRO exige um nível mais elevado de qualificação do inspetor. Por outro lado, na metodologia GDE/UnB, embora a qualificação do inspetor também seja importante, ela oferece ferramentas adicionais que ajudam na determinação dos fatores essenciais para a obtenção da classificação final.

Assim, as informações coletadas servem como base para definir opções de intervenção a curto prazo na ponte, visando prevenir a progressão das patologias, estender a durabilidade e evitar o colapso da estrutura.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Tibério; SILVA, Angelo Just da Costa. **Considerações sobre durabilidade, patologia e manutenção das estruturas**. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Professor, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2023.
- BRASIL. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido– Procedimento**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (010/2004- PRO) - Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Disponível em: <http://dnit.gov.br/normas/DNIT010_2004_PRO.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2024.
- BOLDO, P. (2002), **Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- BOSISIO, Giovana et al. **Concreto armado: suas vantagens e utilizações**. etic-encontro de iniciação científica-issn 21-76- 8498, v. 13, n. 13, 2017.
- CALLISTER JUNIOR, William D. et al. **Ciência e engenharia de materiais**. Rio de Janeiro: Ltc, 2021. 864 p
- CASTRO, E. K. (1994), **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- CIRINO, Miguel Adriano Gonçalves et al. **Avaliação das manifestações patológicas das edificações do departamento de engenharia dealimentos da Universidade Federal do Ceará**. Research, Society and Development, v. 9, n. 7, p. e481974424-e481974424, 2020.
- CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2021**, 2021.
- DNIT. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido-Procedimento**, 2004b.
- EUQUERES, P. (2011), **Metodologia de inspeção em estruturas de pontes de concreto armado**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Goiás, Goiânia,
- FONSECA, R. P. (2007), **A estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF
- GENTIL, Vicente et al. **Corrosão**. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2022. 408 p.

HELENE, P. R. L. (2001) **Introdução da vida útil de projeto das estruturas de concreto**. WORKDUR, ITA, São José dos Campo

HENRIQUE, Jorge Nery de; BORGES, Gustavo Henrique Barto; GODOY, Matheus Dourado; PALHARES, Rodolfo de Azevedo. **Manifestações patológicas em viadutos de concreto estrutural: estudo de caso em Brasília/DF**. Revista Interscientia, [s. l], v. 1, n. 7, p. 1-26, 15 set. 2014.

KLIMPEL, E.C. e SANTOS, P.R.C., **Levantamento das manifestações patológicas presentes em unidades do conjunto habitacional Moradias Monteiro Lobato**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Patologia nas Obras Civas) – Instituto IDD, Curitiba, 2010, 98p.

LOPES, B. A. R. (1998), “**Sistema de manutenção predial para grades estoques de edifícios: Estudo para inclusão do componente “Estrutura de Concreto”**”. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1998.

MAGALHÃES, Marcos Aurélio dos Santos. Et al. **Manifestações patológicas em obras de arte especiais: Estudo de caso de um Viaduto Rodoviário em São Luis-Ma**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 04, Vol. 05, pp. 132-147. Abril de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/viaduto-rodoviario>.

Martins, A., Bellon, F. G., De Carvalho, M. F., Souza, C. A. F., Cláudia, M., Alvarenga, S., Andrade, M.S., Oliveira, D.S., Cesar, K.M. L. Carlos, J., & Ribeiro, L. (2023). **Parametrização de Danos e Reparos para Orçamentação da Manutenção de Pontes de Concreto: Uma Abordagem Conceitual**. Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas.

MATTOS, Aldo Dórea (2010), **Planejamento e controle de obras**. Pini.

MEDEIROS, Alisson Gadelha. **Análise de durabilidade da ponte do Rio do Carmo utilizando ensaios não destrutivos, norma Dnit e a metodologia GDE/UnB. 2015**. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

MHETA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2 ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

MORAIS, João Marcos Pereira et al. **Análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: uma revisão**. Research, Society and Development, v. 9, n. 7, p. e759974964-e759974964, 2020.

MACHADO, R. N.; SARTORI, A. L. Pontes: Patologias dos Aparelhos de Apoio. In: **VI CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS**, 6, Argentina. Anais [...] 2010.

SILVA P.F, BRITO, M.N, SANTOS, I.C. et.al. Efeitos da mudança da NBR 7188:2013 nos projetos de pontes. **Estudo de caso: Projeto de recuperação da ponte sobre o rio Correias na BR 101/SC**. VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. Rio de Janeiro, 2014.

VERLY, Rogério Calazans. **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais**. 2015. 178 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia. Recife, 2003.

APÊNDICE A – Quadros de avaliação dos elementos da ponte pela metodologia GDE/UnB

NOME DO ELEMENTO	VIGAS LONGARINAS				
DESCRIÇÃO	VL esquerda				
DANOS	Fp	Fi	D	Fotos	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Corrosão de armaduras	5	3	40		
Eflorescência	2	2	3,2		
Manchas	3	2	4,8		
Dmáx			40		
Σ D			50,4		
Gde			48,25	Nível de deterioração	Médio

NOME DO ELEMENTO	VIGAS LONGARINAS				
DESCRIÇÃO	VL direita				
DANOS	Fp	Fi	D	Fotos	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Corrosão de armaduras	5	3	40		
Eflorescência	2	2	3,2		
Infiltração de água	3	2	4,8		
Manchas	3	2	4,8		
Dmáx			40		
Σ D			55,2		
Gde			51,01	Nível de deterioração	Alto

NOME DO ELEMENTO	VIGAS TRANSVERSINAS				
DESCRIÇÃO	VT1; VT3				
DANOS	Fp	Fi	D	Fotos	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Corrosão de armaduras	5	3	40		
Manchas	3	2	4,8		
Dmáx			40		
Σ D			47,2		
Gde			46,10	Nível de deterioração	Médio

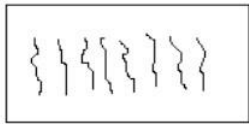
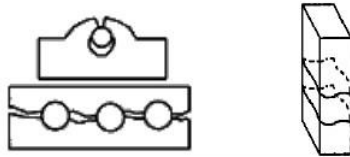
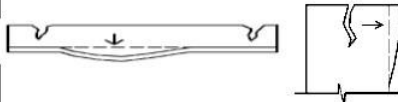
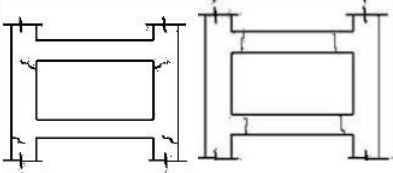
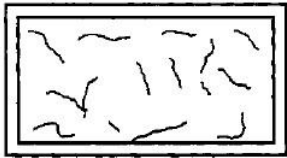
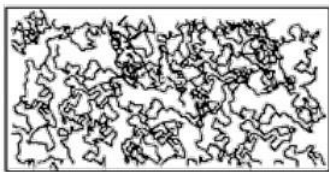
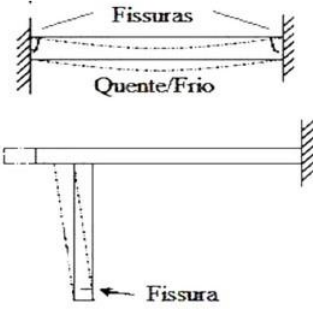
NOME DO ELEMENTO	VIGAS TRANSVERSINAS			
DESCRIÇÃO	VT2			
DANOS	Fp	Fi	D	Fotos
Cobrimento deficiente	3	1	2,4	 
Corrosão de armaduras	5	3	40	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	2	3,2	
Fissuras	3	2	4,8	
Infiltração de água	3	2	4,8	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			40	
Σ D			64,8	
Gde			55,31	Nível de deterioração Alto

NOME DO ELEMENTO	VIGA DE CONTRAVENTAMENTO			
DESCRIÇÃO	VC			
DANOS	Fp	Fi	D	Fotos
Infiltração de água	3	2	4,8	 
Desplacamento	3	2	4,8	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			4,8	
Σ D			14,4	
Gde			8,00	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	LAJE			
DESCRIÇÃO	L			
DANOS	Fp	Fi	D	Fotos
Eflorescência	2	2	3,2	 
Infiltração de água	3	2	4,8	
Desplacamento	3	2	4,8	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			4,8	
Σ D			17,6	
Gde			8,29	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	PILARES			
DESCRIÇÃO	P1;P2			
DANOS	Fp	Fi	D	Fotos
Cobrimento deficiente	3	1	2,4	 
Corrosão de armaduras	5	3	40	
Desplacamento	3	4	60	
Falhas na concretagem	3	2	4,8	
Manchas	3	2	4,8	
Sinais de esmagamento	5	3	40	
Dmáx			60	
Σ D			152	
Gde			96,32	Nível de deterioração Crítico

ANEXO A – Classificação de fissuras em elementos de concreto armado e fatores de ponderação indicados (F_p).

	Fissuras*	Descrição	Croquis	F_p
ESTADO PLÁSTICO	De retração plástica do concreto	- comuns em lajes e paredes. - aproximadamente paralelas, superficiais e afastadas entre si de 0,3 a 1 m.		2
	De assentamento do concreto	- sobre as armaduras. - em pilares, ficam abaixo dos estribos. - interação com armaduras vizinhas.		3
	De movimentação de fôrmas	- indicam posicionamento e/ou fixação incorretos ou resistência insuficiente de fôrmas/escoramentos		3
ESTADO ENDURECIDO	De retração do concreto por secagem	- fissuras em pilares e/ou vigas, por diferença grande de rigidezes (a). - aspecto de mosaico em lajes e paredes, podendo aparecer em ambas as faces (b). - indicam restrição de movimentos. - profundidade reduzida. - aberturas < 0,1 a 0,2 mm.	 (a)  (b)	3
	Mapeadas	- mais visíveis em superfícies lisas de lajes e paredes. - abertura e extensão reduzidas. - superfícies de concreto com desempenho excessivo. - danos só estéticos, em geral		2
	De variações de temperatura	- em geral, normais ao eixo de elementos lineares, - indicam restrição de movimento por mau funcionamento de juntas de dilatação ou sua ausência.	 Fissuras Quente/Frio Fissura	3