



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

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

Raysa Cirqueira Rocha

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ATUAIS DE PONTE SOBRE O RIO TOCANTINS
ENTRE LAJEADO E MIRACEMA DO TOCANTINS: norma DNIT 010/2004-PRO

Palmas – TO

2020

Raysa Cirqueira Rocha

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ATUAIS DE PONTE SOBRE O RIO TOCANTINS
ENTRE LAJEADO E MIRACEMA DO TOCANTINS: norma DNIT 010/2004-PRO

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

Orientador: Prof. M.e Daniel Iglesias de Carvalho.

Palmas – TO

2020

Raysa Cirqueira Rocha

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ATUAIS DE PONTE SOBRE O RIO TOCANTINS
ENTRE LAJEADO E MIRACEMA DO TOCANTINS: norma DNIT 010/2004-PRO

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

Orientador: Prof. M.e Daniel Iglesias de Carvalho.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.e Daniel Iglesias de Carvalho

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. M.e Dênis Cardoso Parente

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Dr. Roldão Pimentel de Araújo Júnior

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2020

Dedico este trabalho a minha mãe Maria do Espírito Santo, mulher corajosa e resiliente. Aquela que jamais duvidou da minha capacidade, que nunca desistiu de lutar pelos meus sonhos e que se doa todos os dias para que eu siga construindo o meu futuro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que em sua infinita misericórdia permitiu que eu chegasse até aqui, bem como a Nossa Senhora que passou a frente durante todo o trajeto, e a Santa Rita de Cássia, minha fiel intercessora e exemplo de vitória. Em seguida agradeço a minha família, em citação meus pais Maria do Espírito Santo e Alvecino, minha irmã Rayane e meu primo Matheus por todo amor, dedicação e apoio. Agradeço aos amigos Giovanna, Jorge e Gabriela por toda compreensão, afeto e carinho. Por fim, agradeço aos amigos de faculdade e futuros colegas de profissão Daniel, Lucas, Nilcy, Lourimar, Merval, Kleyton e Thaynara por toda empatia, paciência e colaboração.

“Encontrando uma vantagem escondida em uma circunstância ruim. Usando a dor para te levar ao próximo nível. Estas são as coisas que transformam peões em reis.”

–Sherlock Holmes, Elementary.

RESUMO

ROCHA, Raysa Cirqueira. **Avaliação das condições atuais de ponte sobre o rio Tocantins entre Lajeado e Miracema do Tocantins: norma DNIT 010/2004-PRO**. 2020. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2020.

O presente trabalho discute as condições atuais de ponte sobre o rio Tocantins entre Lajeado e Miracema do Tocantins, quanto a presença de falhas ou defeitos que podem ser registrados por meio de inspeção visual da estrutura. Tendo em vista a aplicação da metodologia do DNIT que correlaciona uma nota de avaliação com a categoria dos problemas detectados em cada elemento estrutural, é refletida a classificação geral das condições da OAE conforme a maior ou menor gravidade dos danos existentes. Diante disso, foi realizado um estudo bibliográfico para embasamento da pesquisa de campo aplicada com a finalidade de avaliar a problemática definida a partir do levantamento e análise de dados por meio de inspeção rotineira. O resultado obtido foi positivo, uma vez que a ponte recebeu nota 4 que a classifica como uma obra sem problemas importantes, sendo as condições de estabilidade consideradas boas diante da existência de alguns danos que não geram sinais de insuficiência estrutural. Foi constatada a necessidade de execução de serviços de manutenção preventiva na ponte, não sendo necessária a aplicação de intervenções emergenciais. Evidenciando assim que o conhecimento do estado atual das OAEs é fundamental para a preservação da estrutura, de modo a garantir a segurança e o bem-estar dos usuários e o melhor aproveitamento de recursos disponíveis destinados a manutenção.

Palavras-chave: Pontes. Inspeção Rotineira. Metodologia DNIT.

ABSTRACT

ROCHA, Raysa Cirqueira. **Assessment of current bridge conditions over the Tocantins River between Lajeado and Miracema do Tocantins: DNIT 010/2004-PRO**. 2020. 76 f. Course Conclusion Paper (Graduation) - Civil Engineering Course, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas / TO, 2020.

This paper discusses the current bridge conditions over the Tocantins River between Lajeado and Miracema do Tocantins, regarding the presence of flaws or defects that can be registered through the structure's visual structure. In view of the application of the DNIT methodology that correlates an assessment note with the category of problems detected in each structural element, the general classification of OAE conditions is reflected according to the greater or lesser severity of existing damage. In view of this, a bibliographic study was carried out to support applied field research with a dimension of evaluation of a problem defined from the survey and analysis of data by means of routine transport. The final result was positive, since the bridge called Note 4, which classifies it as a work without major problems, with stability conditions considered good in the face of the existence of some damages that do not generate signs of structural insufficiency. There was a need to perform preventive maintenance services on the bridge, not requiring emergency procedures. Thus evidencing that the knowledge of the current state of the OAEs is fundamental for the preservation of the structure, in order to guarantee the safety and well-being of the users and the best use of available resources available for maintenance.

Keywords: Bridges. Routine Inspection. DNIT methodology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Classificação conforme desenvolvimento planimétrico	18
Figura 2 - Classificação conforme desenvolvimento altimétrico	18
Figura 3 - Classificação conforme seção transversal.....	19
Figura 4 - Classificação conforme posição do tabuleiro	20
Figura 5 - Divisão dos componentes de uma ponte.....	20
Figura 6 - Sistemas Estruturais.....	23
Figura 7 - Configuração Longitudinal dos Cabos Extradorso.....	24
Figura 8 - Configuração Transversal dos Cabos Extradorso.....	25
Figura 9 - Configuração das Torres.....	25
Figura 10 - Gráfico de progressão geométrica - Lei de Sitter	31
Figura 11 - Fluxograma de conservação de OAEs	33
Figura 12 - Exemplo de orientação e identificação	37
Figura 13 - Fluxograma do Processo Metodológico	41
Figura 14 - Localização da Ponte dos Imigrantes Nordestinos	42
Figura 15 - Vista Lateral da Ponte dos Imigrantes Nordestinos.....	42
Figura 16 - Vista da Pista de Rolamento da Ponte dos Imigrantes Nordestinos	43
Figura 17 - Ponte do Imigrantes Nordestinos sentido Lajeado / Miracema - TO	44
Figura 18 - Embarcação Canoa Motor de Popa 15 Hp.....	45
Figura 19 - VANT Phantom 4 Pro V2.0.....	45
Figura 20 - Vista acesso ponte sentido Lajeado / Miracema - TO	48
Figura 21 - Junta entre acessos e a ponte.....	49
Figura 22 - Reparo no primeiro vão da ponte sentido Lajeado / Miracema - TO	49
Figura 23 - Reparos no vão central da ponte	50
Figura 24 - Junta de dilatação.....	50
Figura 25 - Danificação de borda da junta	50
Figura 26 - Acúmulo de água no passeio	51
Figura 27 - Fissuração próxima aos estais.....	51
Figura 28 - Fissuras na barreira de proteção	51
Figura 29 - Presença de camada vegetal	51
Figura 30 - Guarda-corpos existentes.....	52
Figura 31 - Dispositivos de drenagem obstruídos	52
Figura 32 - Aparelho de apoio.....	54

Figura 33 - Acesso aos aparelhos de apoio.....	54
Figura 34 - Tubos antivandalismo com danos.....	55
Figura 35 - Face lateral do pilone.....	55
Figura 36 - Ancoragem dos estais no pilone.....	56
Figura 37 - Topo dos pilones.....	56
Figura 38 - Vigamento Vão Lateral sentido Miracema / Lajeado - TO.....	57
Figura 39 - Vigamento Vão Lateral sentido Lajeado / Miracema - TO.....	57
Figura 40 - Caixas de passagem de tubulação de energia.....	57
Figura 41 - Vista isométrica dos pilares.....	59
Figura 42 - Vista isométrica e superior de proteção de pilares.....	59
Figura 43 - Vista da parede do apoio do vão lateral sentido Miracema / Lajeado - TO.....	60
Figura 44 - Borda inferior da parede do apoio.....	60
Figura 45 - Estacas do vão central da ponte.....	61
Figura 46 – Talude com processo erosivo.....	61
Figura 47 - Sinalização náutica do vão central.....	61
Quadro 1 - Danos observados na rodovia e nos elementos do estrado.....	53
Quadro 2 - Danos observados na superestrutura.....	58
Quadro 3 - Danos observados na infraestrutura e nos cursos d'água.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atribuições profissionais dos inspetores	39
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway Transportation Officials
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EPI	Equipamento de Proteção Individual
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
NBR	Norma Brasileira
OAE	Obra de Arte Especial
SHRP	Strategic Highway Research Program
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulável

LISTA DE SÍMBOLOS

m	Metro
S	Latitudo Sul
W	Longitude Oeste

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 JUSTIFICATIVA	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 PONTES	17
2.1.1 Classificação das Pontes	17
2.1.2 Principais Elementos	20
2.2 PONTES COM PROTENSÃO NO EXTRADORSO	23
2.2.1 Arranjo de Cabos Extradorso	24
2.2.2 Tipos de Torres	25
2.2.3 Tipos de Tabuleiro	26
2.3 ASPECTOS IMPORTANTES	26
2.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES	27
2.4.1 Origem das Manifestações Patológicas	28
2.4.2 Principais Manifestações Patológicas	28
2.5 IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO	30
2.6 INSPEÇÃO DE PONTES	32
2.7 METODOLOGIA DNIT	34
2.7.1 Planejamento da Inspeção	36
2.7.2 Procedimentos da Inspeção	37
2.7.3 Equipamentos e Métodos de Acesso	38
2.7.4 Capacitação, Responsabilidades e Deveres dos Profissionais	39
2.7.5 Avaliação do Estado da OAE	40
3 METODOLOGIA	41
3.1 DESENHO DO ESTUDO	41
3.2 PERÍODO E LOCAL DE REALIZAÇÃO	41
3.3 OBJETO DE ESTUDO	42
3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	43
3.5 MÉTODO DE PESQUISA E VARIÁVEIS	43
3.6 INSTRUMENTOS DE COLETA E REGISTRO DE DADOS	44

3.7 ESTRATÉGIAS DE ANÁLISE, APRESENTAÇÃO E APLICAÇÃO DOS DADOS	46
3.8 ASPECTOS ÉTICOS	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1 RODOVIA E ELEMENTOS DO ESTRADO	48
4.1.1 Acessos e dispositivos de segurança de tráfego	48
4.1.2 Pista de Rolamento	49
4.1.3 Juntas de dilatação	50
4.1.4 Passeios	50
4.1.5 Barreira de Proteção	51
4.1.6 Guarda-corpo.....	52
4.1.7 Dispositivos de drenagem.....	52
4.2 SUPERESTRUTURA	54
4.2.1 Aparelhos de apoio	54
4.2.2 Estais	55
4.2.3 Pilonos	55
4.2.4 Vigamento	56
4.2.5 Canalizações Públicas	57
4.3 INFRAESTRUTURA E CURSOS D'ÁGUA.....	59
4.3.1 Pilares e Proteção.....	59
4.3.2 Apoios	59
4.3.3 Estacas	60
4.3.4 Proteção de Taludes.....	61
4.3.5 Sinalização náutica	61
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a construção de pontes e viadutos permitiram a conexão entre localidades separadas por obstáculos como vales, cursos d'água ou regiões montanhosas, contribuindo diretamente no desenvolvimento urbano pela viabilidade de fluxo contínuo de pessoas e o transporte de cargas, uma vez que garantiu travessia permanente com menor percurso. Denominadas Obras de Arte Especiais (OAEs), as pontes possuem características estruturais, construtivas e funcionais específicas, e demandam consideráveis habilidades técnicas e criativas para seu projeto, execução e manutenção (MITRE, 2005, p. 1).

Inúmeros pesquisadores dedicam-se ao estudo dos processos de deterioração das estruturas, bem como o desenvolvimento de metodologias para monitoramento, controle e correção de danos existentes. É por meio de inspeções que o monitoramento e o registro de informações básicas que classificam o estado atual da obra são feitos. Uma vez conhecidas as necessidades que cada obra possui, é possível executar atividades de manutenção ou adotar medidas emergenciais (DNIT, 2016, p. 14).

A inspeção de pontes, nos dias atuais, é considerada a forma mais adequada de investigar as manifestações patológicas, seja de forma apenas visual ou com o auxílio de ensaios. Helene (1992), comprovou que um diagnóstico eficiente provém do acompanhamento periódico do estado de estruturas de concreto, sendo a chave principal para a solução de problemas antes que eles atinjam proporções graves ou que resultem em custos financeiros e sociais elevados de recuperação.

Mediante a importância de diagnosticar e avaliar as condições do estado atual das OAEs, este trabalho buscou apresentar as condições atuais de uma ponte rodoviária localizada entre os municípios de Lajeado e Miracema do Tocantins, na região central estado do Tocantins, conforme os resultados da inspeção visual da estrutura. Unido a TO-010 com a TO-445, a ponte dos Ponte dos Imigrantes Nordestinos “Padre Cícero José de Sousa”, foi inaugurada em outubro de 2011, com o total de 609,12m de extensão e 16m de largura.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais as condições atuais da Ponte dos Imigrantes Nordestinos “Padre Cícero José de Sousa” quanto a presença de falhas ou defeitos que podem ser registrados por meio de inspeção visual da estrutura?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar as condições atuais da Ponte dos Imigrantes Nordestinos “Padre Cícero José de Sousa” quanto a presença de falhas ou defeitos que podem ser registrados por meio de inspeção visual da estrutura.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar e quantificar os danos observados conforme a incidência por método direto de avaliação dos sintomas e sinais;
- Classificar as condições dos elementos estruturais quanto a gravidade dos problemas existentes conforme os parâmetros da norma DNIT 010/2004-PRO;
- Analisar a necessidade da realização de inspeção mais detalhada ou da aplicação de intervenções emergenciais;
- Indicar procedimentos de recuperação para solucionar ou minimizar os problemas encontrados conforme o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários do DNIT (2010, IPR - Publicação 744);

1.3 JUSTIFICATIVA

Obras de manutenção, recuperação, reforço ou reabilitação são recomendadas por meio da execução de inspeções de pontes, ou seja, atividades técnicas especializadas que abrangem a coleta de elementos de projeto e de construção, o exame minucioso da ponte, a elaboração de relatórios e a avaliação do estado da obra. As obras recomendadas visam eliminar defeitos que afetam o desempenho da obra, reduzir a velocidade de degradação da ponte aumentando a sua vida útil, devolver as condições próximas das iniciais e/ou introduzir modificações que melhoram o conforto e aumentam a segurança dos usuários (DNIT 010/2004-PRO, p. 3).

Um recente estudo apresentado por Carvalho *et al.* (2016), que buscou analisar as manifestações patológicas identificadas, por meio de uma inspeção visual, na ponte sobre o Rio Tocantins, trecho Porto Nacional - TO (59 km da Capital, Palmas), interpretou e avaliou inúmeras consequências da falta de manutenção adequada e periódica. Os autores citaram problemas que vão desde obstrução de tubulações de drenagem até corrosão e exposição de armaduras, além de eventuais equívocos no reparo de elementos, como exemplo na recuperação inadequada da pista de rolamento. Desde 2011, a ponte já possuía limitação de tráfego, sendo

em 2019 interditada por quatro meses e em seguida liberada parcialmente para passagem de motocicletas e carros pequenos.

Helene (1992), diz que problemas patológicos possuem caráter evolutivo e a capacidade de agravamento com o passar do tempo, além da possibilidade de acarretar outros problemas. Por meio da chamada “Lei de Sitter”, afirma que as correções serão mais fáceis e eficazes quando mais cedo forem executadas. Uma vez que os custos aumentam por uma progressão geométrica, levando em consideração as etapas construtivas e de uso, toda intervenção preventiva pode ser associada a um custo de 5 (cinco) vezes menor que aquele necessário à correção dos problemas gerados, ou seja, quando a manutenção é corretiva.

Considerando que o processo de deterioração de uma estrutura se desenvolve gradualmente e é indicada por manifestações visuais, o acompanhamento periódico do estado das OAEs por meio de vistoriais e inspeções, executadas com aplicação de procedimentos padronizados e tecnicamente adequados, se torna o meio mais eficaz de subsidiar uma política de manutenção corretiva e preventiva. A política de manutenção preventiva e corretiva ainda é um desafio no Brasil, uma vez que o investimento e o conhecimento aprofundado sobre o estado geral das OAEs são deficientes (MITRE, 2005).

A relevância do estudo proposto se relaciona principalmente sobre a necessidade de avaliar o estado atual da ponte do Imigrantes Nordestinos, de modo que possíveis problemas sejam identificados, acompanhados e corrigidos por meio de intervenções com custo relativamente menor, e que não chegue ao ponto onde a aplicação de medidas de interdição ou limitação de tráfego sejam necessárias, uma vez que implicam diretamente na rotina de quem faz uso da estrutura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PONTES

O DNIT (2004, p. 3), define como ponte toda e qualquer

estrutura, inclusive apoios, construída sobre uma depressão ou uma obstrução, tais como água, rodovia ou ferrovia, que sustenta uma pista para passagem de veículos e outras cargas móveis, e que tem um vão livre, medido ao longo do eixo da rodovia, de mais de seis metros.

As pontes possuem grande importância na evolução da engenharia civil, uma que tecnologias inovadoras e criativas são cada vez mais necessária quando se pretende vencer os desafios impostos por condições climáticas, arquitetônicas, geológicas, logísticas, dentre outros. Se relacionam diretamente ao desenvolvimento das cidades, pois são obras indispensáveis, em termos econômicos, para o fluxo de pessoas e o transporte de mercadorias (CAVALCANTE, 2019).

Segundo Mitre (2005, p. 2), o desenvolvimento das construções de OAE se deram principalmente pela inovação dos processos construtivos, o desenvolvimento dos materiais e a evolução das teorias e métodos de análise e cálculo estrutural. O estudo do comportamento estrutural das pontes e a otimização do projeto de obras, sob o ponto de vista estrutural, construtivo e econômico, são frutos do aprimoramento dos modelos teóricos e o uso de ferramentas computacionais.

Na engenharia civil, a inovação dos processos construtivos e o desenvolvimento dos materiais ao longo dos anos é visto pelo mapeamento histórico das construções. De acordo com Leonhardt (1979, p. 9-10), o histórico das pontes pode ser descrito em ordem cronológica, citando-se os seguintes tipos de pontes: Pontes de Madeira, Pontes de Pedra, Pontes Metálicas, Pontes de Concreto (Simples, Armado e Protendido).

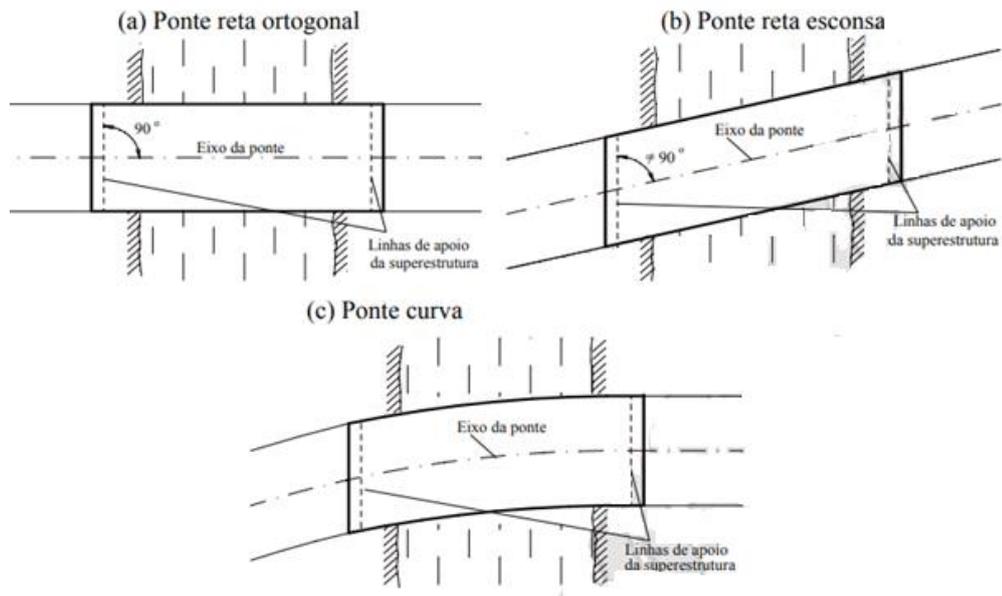
2.1.1 Classificação das Pontes

Segundo El Debs e Takeya (2009, p.11), a classificação das pontes podem levar em consideração inúmeros critérios, sendo os mais importantes:

- Material da Superestrutura: Podem ser de madeira, alvenaria, concreto simples, concreto armado, concreto protendido, aço e mistas (concreto e aço);
- Comprimento: Podem ser de pequenos vãos (até 30 m), de médios vãos (de 30 a 60 a 80 m) e grandes vãos (acima de 60 a 80 m);

- Natureza do tráfego: São associadas ao tipo de tráfego principal, podem ser rodoviárias, ferroviárias, passarelas (pontes para pedestres), aeroviárias, aquedutos e mistas (destinadas a mais de um tipo de tráfego);
- Desenvolvimento planimétrico: São classificadas segundo o desenvolvimento em planta do traçado, podendo ser retas (ortogonais ou esconsas) e curvas (fig. 1);

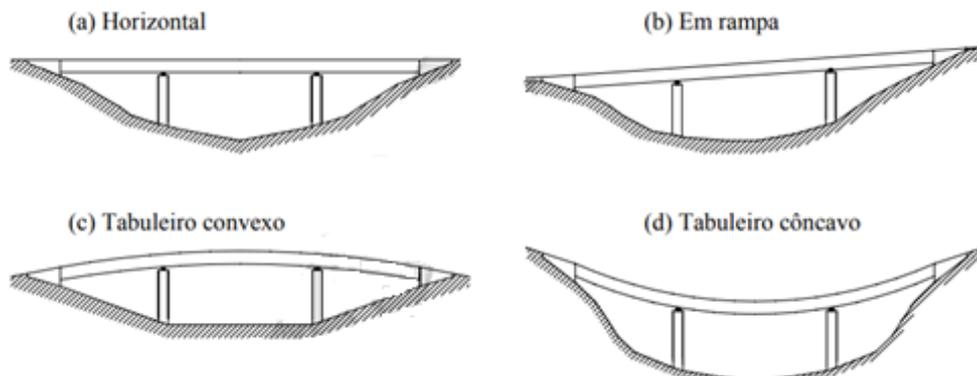
Figura 1 - Classificação conforme desenvolvimento planimétrico



Fonte: El Debs e Takeya (2009)

- Desenvolvimento altimétrico: Podem ser classificadas em retas, sendo horizontal ou em rampa, e em curvas, sendo tabuleiro convexo ou tabuleiro côncavo (fig. 2);

Figura 2 - Classificação conforme desenvolvimento altimétrico



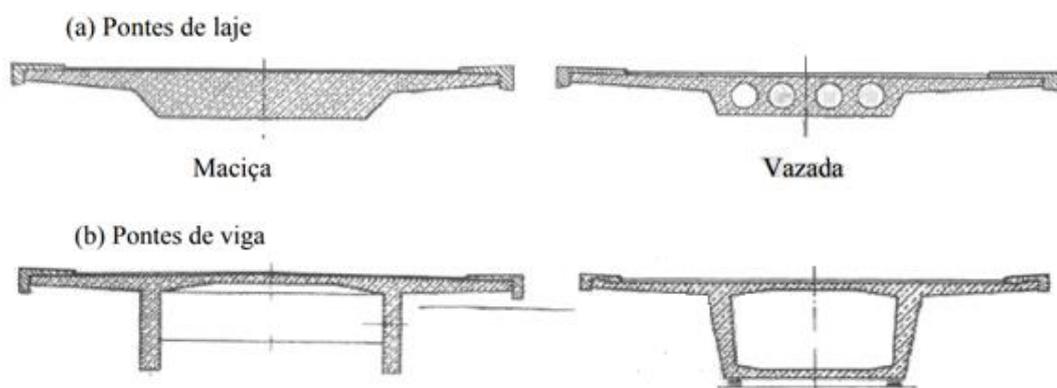
Fonte: El Debs e Takeya (2009)

– Sistema estrutural da superestrutura: Chamadas de ponte em viga, ponte em pórtico, ponte em arco, ponte pênsil e ponte estaiada, podendo apresentar outras subdivisões;

- **Ponte em viga:** a estrutura que transmite as cargas aos apoios através de solicitações de compressão. Neste grupo podem se incluir as pontes em laje de concreto armado ou protendido, pontes em vigas de madeira, concreto ou aço, pontes em caixão, de concreto ou de aço, e pontes em treliça, de madeira ou de aço.
- **Ponte em pórtico:** a superestrutura e a mesoestrutura estão ligadas monoliticamente e transmitem as cargas por compressão de todos os elementos.
- **Ponte em arco:** as cargas são transmitidas através de solicitações inclinadas, predominantemente de compressão. Podem ser de madeira, concreto ou aço.
- **Ponte pênsil:** o tabuleiro é suportado por uma série de cabos verticais de sustentação igualmente espaçados que se ligam ao cabo principal, elemento que se encontra conectado aos mastros formando uma parábola e são ancorados a cada extremidade da ponte. Todo o sistema de cabos funciona por tração e os mastros trabalham a compressão.
- **Ponte estaiada:** o tabuleiro trabalha a flexão, suporta as cargas permanentes e as sobrecargas e as transfere aos estais; os estais trabalham a tração passando as cargas às torres, as torres por sua vez transmitem por compressão as cargas fundação.

– Seção transversal: Podem ser ponte de laje (maciça ou vazada) e ponte de viga (seção T ou seção celular), conforme fig. 3;

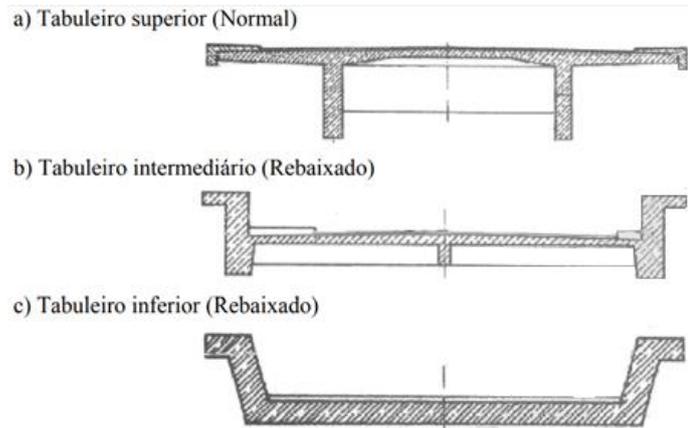
Figura 3 - Classificação conforme seção transversal



Fonte: El Debs e Takeya (2009)

– Posição do tabuleiro: São as pontes com tabuleiro superior, pontes com tabuleiro intermediário, e pontes com tabuleiro inferior (fig. 4);

Figura 4 - Classificação conforme posição do tabuleiro



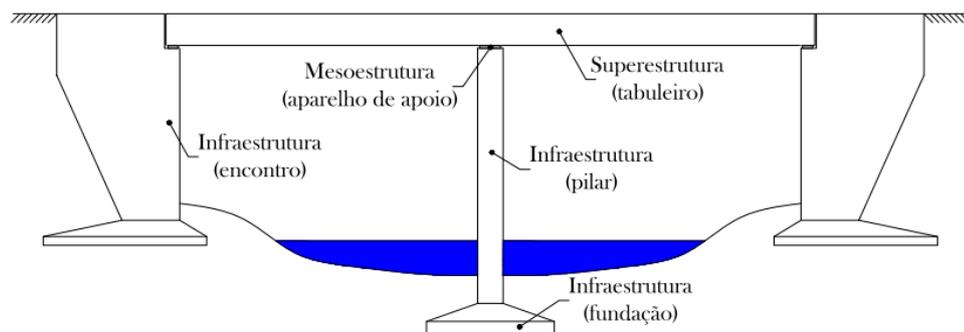
Fonte: El Debs e Takeya (2009)

– Processo de execução: As em concreto podem ser em construção com concreto moldado no local, construção com elementos pré-moldados, construção com balanços sucessivos, e construção com deslocamentos progressivos;

2.1.2 Principais Elementos

Cavalcante (2019, p. 19) e o DNIT (2016, p. 19), dividem os elementos estruturais que compõem uma ponte em três componentes: Superestrutura, Mesoestrutura e Infraestrutura, conforme a figura 5.

Figura 5 - Divisão dos componentes de uma ponte



Fonte: El Debs e Takeya (2009), adaptada por Cavalcante (2019)

No Manual de Manutenção de Obras Especiais – OAEs, disponibilizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2016, p. 19-22), a

Superestrutura é apresentada como o sistema formado pelo tabuleiro e o sistema de suporte principal, possuindo a função estrutural de transmitir as cargas do estrado, ao longo dos vãos, para os apoios, compostas dos elementos relacionados a seguir:

- **Tabuleiro:** Laje de concreto ou aço que suporta diretamente a estrutura de pavimento e as cargas do tráfego acima dela.
- **Vigas (principais e secundárias):** Conjunto de elementos estruturais que transmitem a carga do tabuleiro para os apoios laterais ou intermediários. Podem ser de concreto, armado, concreto protendido ou de aço.
- **Juntas de dilatação:** Classificadas como juntas de vedação e juntas estruturais, são elementos deformáveis que permitem movimentos relativos entre duas partes da estrutura (tabuleiro e o encontro), de forma segura, cômoda e durável.
- **Lajes de transição:** São concreto armado, de previsão obrigatória e usadas para abranger a área problemática entre a zona de aproximação da OAE e o encontro da estrutura.
- **Sistema de segurança:** Conjunto de elementos que garantem a proteção dos veículos e das pessoas, tais como refúgios, guarda-corpos, guarda-rodas, defensas metálicas, barreiras de concreto.
- **Sistemas de sinalização e iluminação:** A sinalização são todos os elementos que identificam a obra, informam da carga máxima permitida, do gabarito vertical, do gabarito horizontal, da velocidade máxima, conduzem o tráfego dentro da OAE e separam os fluxos. A iluminação ou sistema de iluminação visam garantir a segurança, e manter a uniformidade com os demais trechos da rodovia.
- **Sistemas de drenagem:** Conjunto de elementos projetados para coletar água pluvial do tabuleiro, incluindo os elementos de captação, condução e proteção da descarga (pingadeiras).

Já a Mesoestrutura é apresentada como o conjunto de elementos responsáveis pelo suporte da superestrutura e por sua fixação na infraestrutura, transmitindo a ela os esforços correspondentes a essa fixação (DNIT, 2016, p. 23-24). São citados os seguintes elementos:

- **Travessas:** Elementos estruturais que junto com os pilares conformam um sistema tipo pórtico. Permitem a ligação entre as cabeças dos pilares, transmitindo-lhes as cargas que recebem das vigas de suporte sob o tabuleiro.

- **Pilares:** Elementos que recebem os esforços da superestrutura e os transmitem à infraestrutura conjuntamente com os esforços recebidos diretamente de outras forças solicitantes da OAE (pressões de vento e água em movimento).
- **Aparelhos de apoio:** Elementos colocados entre a infraestrutura e a superestrutura, destinados a transmitir as reações de apoio e a permitir movimentos da superestrutura. Geralmente são de elastômero fretado com chapas e aço. É admitida a existência de aparelhos deslizantes em apoios extremos ou de junta sobre pilar.
- **Encontros:** Elementos estruturais que possibilitam uma boa transição entre as OAEs e as rodovias. Ao mesmo tempo em que são os apoios extremos das OAE são também elementos de contenção e estabilização dos aterros de acesso. Em pontes que não possuem encontros, a transição rodovia - OAE é efetuada apenas com cortinas, alas e lajes de transição.
- **Cortinas:** Transversinas externas, dotadas, no lado externo, de um ou dois dentes ao longo de todo o seu comprimento. O dente superior, obrigatório, suporta a laje de transição e o inferior, aconselhável, define melhor a contenção do aterro e as armaduras das cortinas
- **Alas:** Estruturas laminares solidárias às cortinas e com geometria adequada para contenção lateral dos aterros de acesso.

Por fim, o DNIT (2016, p. 25), diz que a Infraestrutura é o “conjunto de elementos estruturais que recebem as solicitações provenientes das ações verticais, horizontais longitudinais e transversais e as transmitem a fundação, devendo ser transferidas aos perfis de solo ou rocha capazes de suportá-las com segurança”. Cita os seguintes elementos:

- **Fundações:** Elementos estruturais com a função de transmitir as cargas da mesoestrutura ao terreno onde elas são apoiadas, possuindo resistência adequada para suportar as tensões causadas pelos esforços solicitantes. Conta com a resistência e rigidez do solo para não sofrer ruptura e não apresentar deformações exageradas ou diferenciais. São classificadas como rasas e profundas.
- **Taludes de aterros:** Aterros são estruturas que servem de suporte aos encontros e na maioria dos casos são executados com material selecionado. Os taludes devem ser executados apenas em último caso e necessitam de proteção, especialmente se estiverem próximos de cursos de água.

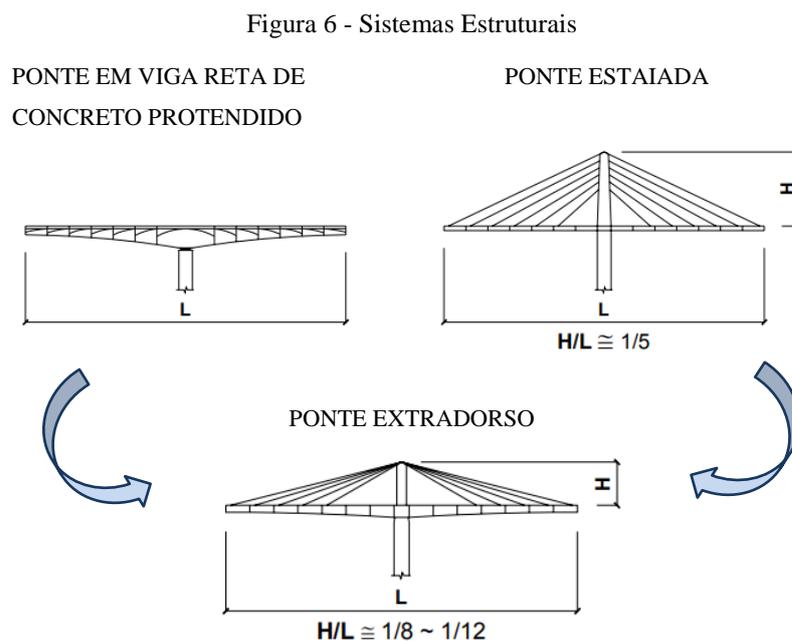
- **Obras de controle de cursos de água:** Obras de avaliação e monitoramento de acidentes da natureza, dinâmicos e ativos que, de acordo com os níveis, volumes e leitos, podem causar inundações e sérias modificações topográficas. Todo curso de água influencia no projeto, na inspeção e na manutenção da estrutura.

2.2 PONTES COM PROTENSÃO NO EXTRADORSO

Segundo Fuganti (2012, p. 12), a ponte conhecida como “extradorso” ou “extradosed” é uma estrutura que mantém características das pontes de viga reta construídas por balanços sucessivos, assim como de pontes estaiadas, ou seja, trata-se de sistema que une as características de pontes construídas através dos balanços sucessivos e pontes com cabos, sendo uma estrutura recente e inovadora ainda pouco utilizada no Brasil.

O conceito de pontes com protensão no extradorso foi desenvolvido pelo engenheiro francês, Jacques Mathivat em 1988, durante a elaboração de um projeto para o viaduto Arrêt Darré na França. Porém, projeto não chegou a ser executado, sendo a primeira ponte construída no mundo, seguindo esta concepção, a de Odawara Blueway, em 1994 no Japão (CHO; BENGOCHEA, 2002).

Segundo Ishii (2006, p. 1-4), a ponte extradorso utiliza protensão externa com grande excentricidade nos apoios internos, por meio de cabos extradorsos que ligam o tabuleiro à parte superior da torra, sendo uma ponte intermediária entre as pontes de viga reta de concreto protendido e as estaiadas, reunindo algumas características, conforme o arranjo estrutural da fig. 6.



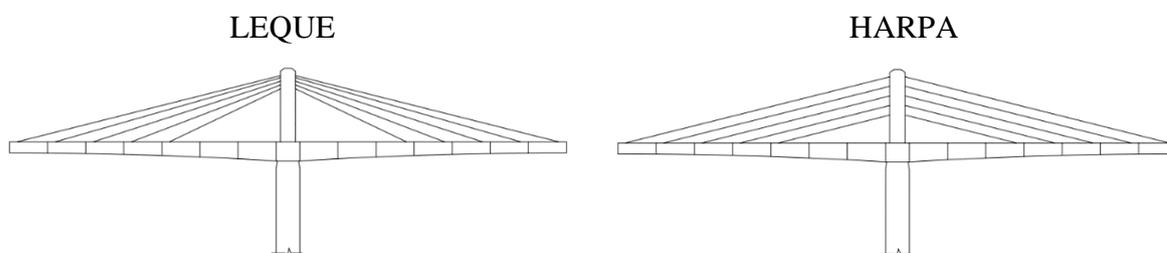
Fonte: Ishii (2006)

Isshi (2006, p. 4), diz que o sistema estrutural das pontes extradorso possui diversas configurações geométricas como os arranjos dos cabos extradorso, o tipo de tabuleiro e a geometria das torres, podendo ser ajustadas de acordo com as condições locais da construção. O autor cita algumas opções de configuração longitudinal e transversal dos cabos extradorso, bem como opções de torres e tabuleiros das pontes extradorso.

2.2.1 Arranjo de Cabos Extradorso

Na configuração longitudinal dos cabos extradorso é possível destacar duas opções básicas como a em leque e a em harpa. Na configuração em leque os cabos são ancorados ao longo do tabuleiro e fixos na parte superior da torre, sendo a configuração mais utilizada, uma vez que é mais eficiente, pois maximiza a excentricidade da proteção extradorso, enquanto na configuração em harpa, os cabos são dispostos de forma paralela (fig. 7). Outras alternativas podem ser encontradas, tais como a utilização de torres mais baixas com os cabos passando pela parte interna do tabuleiro, opção utilizada para a protensão ao longo do vão, e até mesmo o cobrimento dos cabos com painéis de concreto para reduzir as deformações do tabuleiro e a flutuação de tensão nos cabos (ISHII, 2006, p. 4-7).

Figura 7 - Configuração Longitudinal dos Cabos Extradorso



Fonte: Ishii (2006)

Ishii (2006, p. 8-9), apresenta dois sistemas de configuração transversal dos cabos extradorso, sendo o sistema com suspensão central e o sistema com suspensão múltipla, observados na fig. 8. O primeiro é caracterizado pela presença de um ou mais planos de cabos localizados ao longo do eixo longitudinal do tabuleiro, sendo uma solução visual agradável e que necessita de tabuleiros com grande resistência e rigidez à torção, como por exemplo os de seção celular. Já o segundo, é caracterizado por dois ou mais planos de cabos que são ancorados nas torres e ao longo das bordas do tabuleiro, proporcionando uma rigidez transversal maior e a redução dos esforços de torção podendo ser utilizados tabuleiros mais leves.

Figura 8 - Configuração Transversal dos Cabos Extradorso

SUSPENSÃO CENTRAL

Fonte: McElhanney (2017)

SUSPENSÃO MÚLTIPLA

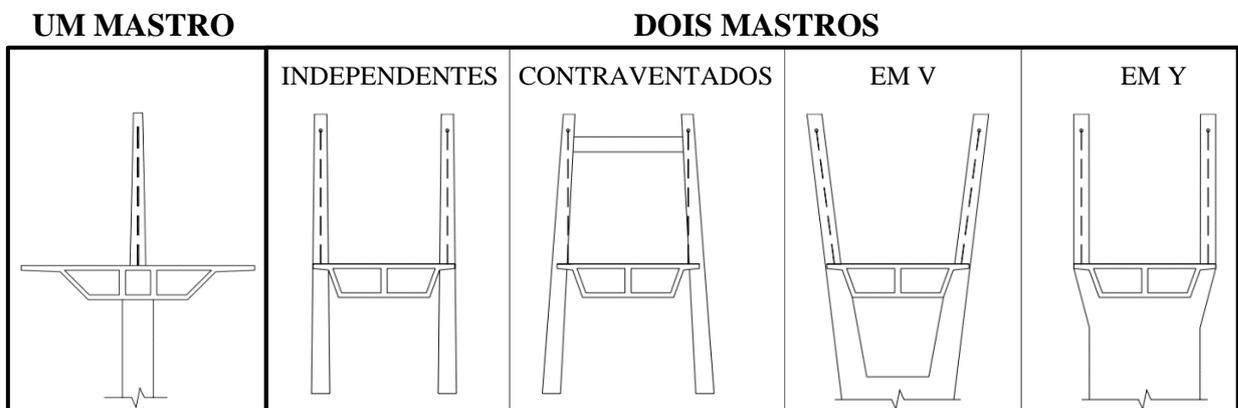
Fonte: Kasuga (1997)

2.2.2 Tipos de Torres

As torres são elementos estruturais que geram excentricidade dos cabos extradorso, sendo a altura dependente do vão e com configuração geométrica de acordo com as condições locais da construção. Elas podem ser ligadas diretamente ao tabuleiro, de forma que as reações da superestrutura sejam transmitidas aos pilares por meio de apoios livres à rotação, ou podem ser engastadas, juntamente com os tabuleiros, aos pilares (ISHII, 2006, p. 10).

Ishii (2016, p. 10-11), diz que as torres podem ser configuradas em apenas um único mastro ou dois (fig. 9), sendo a primeira utilizada em tabuleiros com um único plano de cabos, devendo possuir a capacidade de resistir aos esforços provenientes da ação dos ventos e garantir a estabilidade transversal da obra. Enquanto, a com dois mastros, é utilizada para suportar tabuleiros com suspensão lateral, sendo construídas com mastros independentes, contraventados, em “V” ou “Y”.

Figura 9 - Configuração das Torres



Fonte: Ishii (2006)

2.2.3 Tipos de Tabuleiro

Os tabuleiros das pontes com protensão no extradorso podem ser classificados conforme a seção transversal ou os materiais empregados, sendo os mais comuns de concreto, híbrido ou metálico (ISHII, 2006, p. 13-15). O autor explica que:

- **Tabuleiro de Concreto:** É a opção mais utilizada, porém que necessita de seção transversal mais robusta, sendo construídos pelo método de balanços sucessivos, com aduelas pré-moldadas ou concretadas in loco, e conta com protensão interna e extradorso;
- **Tabuleiro Híbrido:** Possui seção celular de concreto próximos aos apoios e de aço no trecho central, essa combinação ajuda na redução do peso próprio e das tensões de compressão, sendo uma opção para vencer grandes vãos. O trecho em concreto é construído pelo método de balanços sucessivos e conta com protensão interna e extradorso, enquanto o de aço é pré-fabricado, sendo anexado a obra com guindaste.
- **Tabuleiro Metálico:** É uma concepção que agrada muitos engenheiros pois traz o melhor controle dos processos executivos, maior qualidade dos materiais e estruturas mais esbeltas. Requer atenção especial no comportamento dinâmico e exige mão-de-obra qualificada.

2.3 ASPECTOS IMPORTANTES

A maneira adequada de projetar e executar estruturas de concreto tem sido pelo atendimento das especificações normativas. A NBR 6118 (2014, p. 15) cita os critérios mínimos a serem atendidos para que os requisitos de qualidade da estrutura (capacidade de resistência, desempenho em serviço e durabilidade), que a estrutura deve atender dentro do tempo de vida útil estabelecido, sejam alcançados. O conceito de vida útil de projeto apresentado pode ser aplicado a estrutura como um todo ou às suas partes, sendo o período de tempo em que as características do concreto se mantêm, sem a execução de intervenções significativas, desde que os requisitos de uso e manutenção previstos sejam atendidos. A execução de reparos é considerada quando decorrentes a danos acidentais.

Mitre (2005, p. 3), destaca dentre as especificações de normas que visam a durabilidade das estruturas: a qualidade mínima do concreto (relação água/cimento máxima, consumo mínimo de cimento por m³, tipo de cimento e de adições, diâmetro máximo do agregado, consistência no estado fresco, procedimento de compactação, altura máxima de lançamento e resistência mecânica mínima), espessura mínima de cobrimento sobre as armaduras (levando

em consideração classificação da agressividade ambiental), abertura máxima admissível de fissuras, drenagem adequada, proteções adicionais em obras ou elementos expostos a agressividade ambiental específica, e a execução de atividades de inspeção e manutenção preventiva.

Apesar das OAE modernas combinarem aspectos de segurança, durabilidade, economia e estética, todo o patrimônio de pontes executadas sem as considerações adequadas dos parâmetros de qualidade, estes na maioria inferiores aos mínimos desejáveis, é existente. Independentemente da idade ou aspecto construtivo todas estão sujeitas ao envelhecimento natural e à deterioração de seus elementos e de suas propriedades funcionais e estruturais, o que pode comprometer às condições de serviço ou até levar a ruína (MITRE, 2005, p. 6).

2.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES

A preocupação em construir estruturas adaptadas às necessidades é algo que acompanha o ser humano desde os primórdios da civilização, independe se possuem função habitacional, laboral ou de infraestrutura. Mesmo com o crescimento acelerado da construção civil, desenvolvimento da tecnologia da construção e as inúmeras inovações ao longo dos séculos, é possível constatar o desempenho insatisfatório em algumas estruturas por meio do surgimento de patologias, isto devido a existência de limitações ao livre desenvolvimento científico e tecnológico, além das ainda inevitáveis falhas involuntárias e casos de imperícia (SOUZA; RIPPER; 1998).

Nazario e Zacan (2011, p. 2), definem o termo Patologia, de acordo com os dicionários, como a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças, sendo uma palavra de origem grega de *phatos*, que significa sofrimento ou doença, e de *logia*, que é ciência ou estudo. Na engenharia trata-se da ciência que estuda as formas de manifestação, origens, causas e mecanismos de ocorrência das falhas e defeitos que alteram o aspecto estrutural e visual em determinada estrutura.

Defeito pode ser definido como a “falta de conformidade com qualquer dos requisitos especificados no projeto ou em condições preestabelecidas”, e classificado como: defeito tolerável, que não reduz substancialmente o desempenho da obra; defeito grave, que pode afetar, em parte, o desempenho da obra; e defeito crítico, que pode afetar, de forma acentuada, o desempenho da obra (DNIT, 2004, p. 3).

A importância do estudo patológico em uma OAE se dá pela busca da prevenção ou solução dos diversos fatores, que atuam isoladamente ou combinados, que afetam as condições da estrutura, bem como o julgamento confiável dos defeitos e de suas causas, para que seja

realizada uma avaliação correta do estado atual e determinar a necessidade de reabilitação ou manutenção da obra (GIOVANNETTI, 2014).

2.4.1 Origem das Manifestações Patológicas

O surgimento de patologias em OAE podem ser decorrentes da carência de um detalhe do projeto, uma falha na fase de construção, o desconhecimento do operário, o descuido do engenheiro, um detalhe que foi esquecido, dentre diversos outros fatores originados em, pelo menos, uma das cinco grandes etapas do processo de construção e uso de uma obra, sendo estas: planejamento, projeto, materiais, execução e utilização (GIOVANNETTI, 2014).

No Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, o DNIT (2004, p. 54) lista as principais causas da deterioração do concreto em pontes, tais como:

- Projetos inadequados seja na concepção, dimensionamento, detalhamento ou especificações;
- Processo executivo de obras sem o devido controle de qualidade;
- Manutenção inexistente ou inadequada;
- Uso inadequado da estrutura com a imposição de sobrecarga imprevista;
- Causas com origens física, mecânica e biológica;

Já em relação aos mecanismos de envelhecimento e deterioração da estrutura, a NBR 6118 (2014, p. 16), lista os principais mecanismos de deterioração relativos ao concreto: lixiviação, expansão por sulfato e reação alcali-agregado; à armadura: despassivação por carbonatação, despassivação por ação de cloretos; e aos mecanismos de deterioração propriamente dita: ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxamento, bem como ações diversas que atuam sobre a estrutura.

2.4.2 Principais Manifestações Patológicas

A deterioração do concreto pode ser constatada pelos processos de fissuração, desagregação, disgregações, carbonatação, reação alcali-agregado ou alcali-sílica, desgaste superficial, lixiviação, vazios de concretagem, perda de aderência e danos de colisão. Enquanto, o aço pelo processo de corrosão, fadiga e sobrecargas excessivas (DNIT, 2004, p. 54-68). Os processos mais relevantes a este trabalho são:

- **Fissuração:** manifestação patológica característica das estruturas de concreto, devida a baixa resistência à tração. Sendo o dano de ocorrência mais comum, podem ser classificadas como passivas (quando estáveis) ou ativas (quando em movimento), as causas mais comuns são: deficiências de projeto, contração plástica do concreto, perda de aderência entre o concreto e a armadura, movimentação de forma e escoramento, retração do concreto, deficiência de execução, reações expansivas, corrosão das armaduras, recalques diferenciais, variação da temperatura e ações aplicadas (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 57-71).
- **Desagregação:** fenômeno que frequentemente pode ser observado nas estruturas de concreto, ocorrendo, na maioria dos casos, em conjunto com a fissuração. Trata-se própria separação física de placas ou fatias de concreto, com perda de monolitismo e, na maioria das vezes, perda também da capacidade de aderência entre os agregados e a função ligante do cimento. Podem ser causadas principalmente por: fissuração, movimentação de formas, corrosão do concreto, calcinação do concreto, e ataques biológicos (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 71-74).
- **Disgregação:** consequência de fenômenos físicos, tais como solicitações internas que provocam fortes trações localizadas e sobrecargas anormais, provocando substanciais deformações, além da corrosão de armaduras, que pela reação expansiva, provocam tensões no concreto. Se caracteriza por rupturas no concreto, especialmente em zonas salientes das peças (DNIT, 2004, p. 62).
- **Perda de Aderência:** efeito que pode ter consequências ruinosas para a estrutura, podendo ocorrer entre dois concretos de idades diferentes, na interface de duas concretagens, ou entre as barras de aço das armaduras e o concreto. As principais causas são: corrosão e expansão do aço, corrosão do concreto, assentamento plástico do concreto, dilatação ou retração excessiva das armaduras, aplicação de inibidores da corrosão (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 76).
- **Desgaste Superficial:** Trata-se do desgaste superficial do concreto devido à abrasão, à erosão ou à cavitação. Em relação à abrasão, refere-se a atrito seco e é a perda gradual e continuada da argamassa superficial e de agregados em uma área limitada, sendo comum nos pavimentos, podendo ser, de acordo com a profundidade, leve (até 6mm), médio (7 a 12mm), pesado (13 a 25mm), e severo (acima de 25mm). Quanto à erosão quando um fluido em movimento, ar ou água contendo partículas em suspensão, atua sobre superfícies de concreto as ações de colisão, escorregamento ou rolagem das

partículas. Quanto à cavitação, causada pela implosão de bolha de vapor que fluem na água quando entram em uma região de pressão mais elevada, causando severas erosões localizadas (DNIT, 2006, p. 3).

- **Lixiviação:** é provocada quando águas puras ou ácidas, entram em contacto com a pasta de cimento Portland; elas podem hidrolisar ou dissolver os produtos contendo cálcio. A lixiviação do hidróxido de cálcio do concreto, além da perda de resistência, provoca agressões estéticas, já que o produto lixiviado interage com o CO₂ presente no ar, daí resultando a precipitação de crostas brancas de carbonato de cálcio na superfície (DNIT, 2006, p. 5).
- **Corrosão das Armaduras:** geralmente se manifesta por manchas superficiais, expansão, fissuração, lascamento do revestimento, perda de aderência entre aço e concreto e redução da seção transversal da armadura. As corrosões podem acarretar na total destruição da armadura, seja pelo rompimento dos estribos ou pela redução e eventual perda de aderência das armaduras principais (DNIT, 2004, p. 61).
- **Danos de colisões:** causados pela danificação de pórticos de sinalização e passagem superiores por caminhões com excesso de peso ou que infringem os gabaritos. Danos nos dispositivos de segurança, tais como defensas ou barreiras, por veículos que derrapam na pista, e danos em elementos de infra e mesoestrutura por embarcações na navegação pelo rio (DNIT, 2004, p. 64).

2.5 IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO

A preocupação acerca da durabilidade das estruturas é nítida na indústria da construção civil, uma vez que certos paradigmas foram quebrados, como a crença que as estruturas poderiam ser eternas. É possível afirmar que toda OAE tem a redução da capacidade de atender aos requisitos de utilização (funcionalidade, segurança estrutural e durabilidade), visto que são expostas a fatores ambientais e de utilização, passando por processos de envelhecimento, dano ou obsolescência (MITRE, 2005, p. 7).

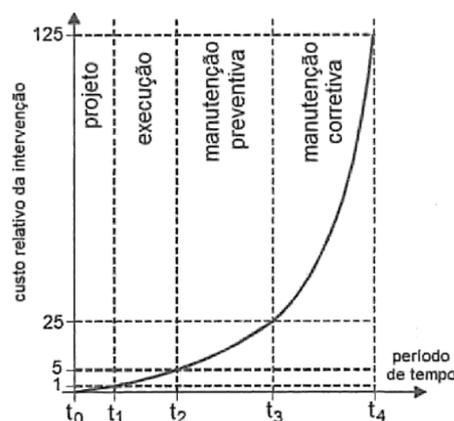
O DNIT (2016, p. 12), conceitua manutenção em pontes como “conjunto de atividades que permitem manter a integridade estrutural em um nível adequado de uso”. E diz que, a conservação de OAEs rodoviárias, pelos setores públicos e privados responsáveis pelas rodovias, é uma das atividades mais importantes, vista que influenciam diretamente nas condições de uso, e devem ser programadas e executadas no tempo adequado, de modo que seja possível minimizar os recursos que demandam.

Helene (1992, p. 19), apresenta a patologia como o estudo de sintomas, mecanismos, causas e origens dos defeitos em construções civis. O autor aponta que por meio de sintomas, também denominados de lesões, danos, defeitos ou manifestações patológicas, é possível deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, identificar de quem é a responsabilidade e estimar as prováveis consequências dos problemas patológicos. Os sintomas podem ser descritos e classificados a partir de minuciosas e experientes observações visuais, orientando a formulação de hipóteses iniciais e o desenvolvimento do primeiro diagnóstico.

Mitre (2005, p. 7), diz que os processos de deterioração são desenvolvidos de forma gradual e tendem a acarretarem diversos problemas, sendo as manifestações visíveis ou detectáveis por ensaios específicos. Para um diagnóstico eficaz e a solução dos problemas, antes que atinjam proporções graves ou que resultem em custos financeiros e sociais elevados de recuperação, é necessário o acompanhamento periódico do estado das OAEs, por meio de vistorias e inspeções detalhadas.

Os custos são relacionados ao tempo em que as correções são executadas, sendo a relação demonstrada pelo crescimento dos custos segundo uma progressão geométrica, por meio da chamada “Lei de Sitter”. Helene (1992, p. 24), demonstrou a divisão das etapas construtivas e de uso em quatro períodos, realizando a interpretação correspondente aos períodos de projeto, execução, manutenção preventiva e manutenção corretiva (fig. 10).

Figura 10 - Gráfico de progressão geométrica - Lei de Sitter



Fonte: Helene (1992)

- **Projeto:** Considera todas as medidas tomadas a nível de projeto com o objetivo de aumentar a proteção e a durabilidade da estrutura, sendo possível citar o aumento do cobrimento da armadura, a redução da relação água/cimento do concreto, a

especificação de tratamentos protetores superficiais, a escolha de detalhes construtivos adequados, a especificar de materiais (cimentos, aditivos e adições) com características especiais, dentre outras. As medidas implicam em um custo que pode ser associado ao número 1 (um).

- **Execução:** Considera as medidas tomadas durante a execução propriamente dita, incluindo nesse período a obra recém-construída. As medidas tomadas a nível de obra, apesar de eficazes e oportunas do ponto de vista da durabilidade, não podem propiciar alteração para a melhora dos componentes estruturais que já foram definidos anteriormente no projeto. As medidas implicam num custo 5 (cinco) vezes superior ao custo que teria sido acarretado se tivessem sido tomadas a nível de projeto.
- **Manutenção Preventiva:** Considera as medidas tomadas com antecedência e previsão, durante o período de uso e manutenção da estrutura, podem ser associadas a um custo 5 (cinco) vezes menor que aquele necessário à correção dos problemas gerados a partir de uma não intervenção preventiva tomada com antecedência à manifestação explícita de patologias. Estão associadas a um custo 25 (vinte e cinco) vezes superior àquele que teria acarretado uma decisão de projeto para obtenção do mesmo "grau" de proteção e durabilidade da estrutura.
- **Manutenção Corretiva:** Corresponde as atividades de diagnóstico, prognóstico, reparo e proteção das estruturas que já apresentam manifestações patológicas, ou seja, correção de problemas evidentes. É possível associar as atividades a um custo 125 (cento e vinte e cinco) vezes superior ao custo das medidas que poderiam ter sido tomadas a nível de projeto e que implicariam num mesmo "grau" de proteção e durabilidade que se estime da obra a partir da correção.

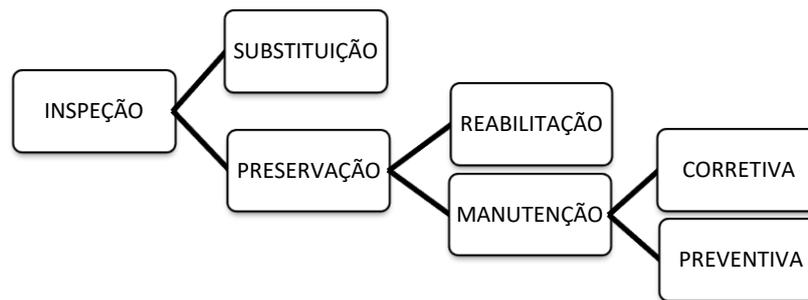
Segundo Helene (1992, p. 25) a formulação dessa lei de custos por Sitter, amplamente citada em bibliografias específicas da área, demonstra que adiar uma intervenção significa aumentar os custos diretos em progressão geométrica de razão 5 (cinco).

2.6 INSPEÇÃO DE PONTES

A inspeção em estruturas de concreto é definida como o “conjunto de procedimentos técnicos e especializados que compreendem a coleta de dados necessários à formulação de um diagnóstico e prognóstico da estrutura, visando manter ou reestabelecer os requisitos de segurança estrutural, de funcionalidade e de durabilidade”, pela NBR 9452 (2019, p. 1).

FHWA (2011, *apud* DNIT, 2016, p.13), diz que as linhas de atuação das atividades de conservação a serem feitas em OAEs podem ser agrupadas em substituição, reabilitação e manutenção (fig. 11), todas baseadas em processos de inspeção adequados e programados, de modo a garantir a segurança, economia, funcionalidade, e alocação racional dos recursos disponíveis para a reabilitação e manutenção de OAEs.

Figura 11 - Fluxograma de conservação de OAEs



Fonte: FHWA (2011), adaptada por DNIT (2016)

Mitre (2005, p. 17-20), listou diversos centros de pesquisa, de referência na área de inspeção de pontes e viadutos de concreto, que se dedicam ao estudo de técnicas de inspeção, métodos de ensaio e sistemas de monitoramento e gerenciamento de pontes, dentre os quais se destacam:

- **National Research Council:** criou o *Strategic Highway Research Program (SHRP)*, programa de inspeção, cadastramento e avaliação de técnicas de inspeção e recuperação de pontes de concreto, aço e madeira;
- **American Association of State and Highway Transportation Officials (AASHTO):** voltada ao desenvolvimento de todos os meios rodoviários de transporte e temas relacionados a OAEs, possui um manual de inspeção de pontes;
- **US Army Corps of Engineers:** grupo especial de pesquisa que desenvolveu um manual de inspeção e manutenção de pontes disponibilizado para consulta pública;
- **Instituto Mexicano do Transporte:** desenvolveu um programa extenso de inspeção, monitoramento e gerenciamento de OAEs no território mexicano, além da implantação de programas de treinamento e capacitação de equipes técnicas para a realização dos trabalhos de campo e gerenciamento;

- **Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):** publicou a NBR 9452 – Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto – Procedimento, com última atualização em 2019, com o intuito de orientar a inspeção de OAEs;
- **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT):** Por meio do Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), criou uma comissão que revisou e atualizou a norma DNER 123/1994, resultando na norma DNIT 010/2004 que rege a inspeção das OAEs da malha rodoviária e ferroviária federal. Desenvolveu vários manuais: Manual De Projeto de Obras de Arte Especiais, Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários, Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – Oaes.

Segundo Brinckerhoff (1993, *apud* Mitre, 2005, p. 24), todas as metodologias existentes que buscam orientar a realização de uma inspeção de uma OAE se assemelham diante de um mesmo objetivo, que é obter dados desejados sobre uma estrutura. Todas possuem um ponto de partida (demanda de informações), um meio (procedimentos de inspeção, obtenção e julgamento dos resultados) e um ponto de chegada (levantamento, avaliação e julgamento das informações requeridas).

Os recursos e conceitos que se empregam na inspeção e diagnóstico de pontes e viadutos de concreto são similares aos empregados no estudo de outras obras ou edificações, o que difere é a importância de discernir sobre os requisitos de desempenho desejáveis, as particularidades das solicitações estruturais e ambientais, as diferenças decorrentes de métodos construtivos específicos e, por fim, as condições de acessibilidade quase sempre mais complexas (MITRE, 2005, p. 26).

2.7 METODOLOGIA DNIT

A norma DNIT 010/2004, define a inspeção de ponte como

atividade técnica especializada que abrange a coleta de elementos, de projeto e de construção, o exame minucioso da ponte, a elaboração de relatórios, a avaliação do estado da obra e as recomendações, que podem ser de nova vistoria, de obras de manutenção, de obras de recuperação, de reforço ou de reabilitação.

Por meio da norma DNIT 010/2004 e o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias do DNIT, são classificadas cinco tipos de inspeção, com características, objetivos e metodologias específicas, e diferenças no nível de detalhamento dos dados a serem levantados, na quantidade

de recursos e equipamentos necessários para acesso e ensaio da estrutura, nos tempos de intervalos regulares de inspeção e qualificação da equipe. É possível citar:

- **Inspeção Cadastral:** é realizada em uma ponte, preferencialmente ou mesmo, obrigatoriamente, logo após sua construção, onde se encontram disponíveis os informes construtivos por meio dos elementos de projeto e os relatórios da fiscalização ou supervisão. É fartamente documentada e servirá de referência para todas as inspeções posteriores. A coleta de dados deve ser minuciosa e realizada por uma equipe comandada por um inspetor. Uma nova Inspeção Cadastral é necessária sempre que houver importantes modificações na configuração estrutural da ponte (alargamento, reforços para mudança de classe, bloqueio de articulações, entre outras). É uma investigação expedita prioritariamente visual, de abordagem geral e pouco aprofundada, com amplo registro fotográfico e resultados registrados em ficha específica e padronizada denominada Ficha Cadastral, conforme Anexo A para inclusão no SGO. Por meio dela é apontada a necessidade de uma Inspeção Especial uma vez que sejam observados defeitos que possam afetar o desempenho da obra, defeitos críticos ou graves.
- **Inspeção Rotineira:** é periódicas, habitualmente realizada a cada dois anos, onde são verificadas visualmente a evolução de falhas detectadas em inspeção anterior, e apontados novos defeitos e ocorrências (reparos, reforços, recuperações e qualquer modificação de projeto) realizadas no período, permitindo a atualização do banco de dados do SGO, bem como a alteração da classificação do estado da obra ou alertar para a necessidade de execução de uma inspeção mais detalhada ou de medidas emergenciais em casos de dano severo ou acidente. É uma investigação expedita prioritariamente visual do exterior das estruturas, de abordagem geral e pouco aprofundada, com registro fotográfico e resultados registrados em ficha específica e padronizada denominada Ficha de Inspeção Rotineira, conforme Anexo B.
- **Inspeção Extraordinária:** é uma inspeção não programada, solicitada para avaliar um dano estrutural excepcional, causado pelo homem ou pela natureza, onde será necessário avaliar a necessidade de limitar as cargas de tráfego ou mesmo interromper o tráfego, tomar as devidas providências e serviços indispensáveis para recuperar a obra e restabelecer o tráfego, bem como indicar a necessidade ou não de uma Inspeção Especial. Deve conter a descrição detalhada da ocorrência que determinou a Inspeção Extraordinária, bem como as providências dela decorrentes

e um documentário fotográfico pertinente deverão constar de um relatório específico, não padronizado.

- **Inspeção Especial:** é uma inspeção visual pormenorizada, realizadas em intervalos não superior a cinco anos e comandadas por um inspetor sênior. É mais detalhada em comparação as outras inspeções, sendo que as partes de difícil acesso serão examinadas através de lunetas, andaimes ou veículos especiais dotados de lança e gôndolas. Pode necessitar de complementação das observações e medições convencionais com medidas de flechas e deformações, efetuadas com instrumental de precisão. Deve ser realizada sempre que as Inspeções Cadastral e Rotineira revelar defeitos críticos ou graves, ou em pontes consideradas excepcionais pelo porte, sistema estrutural ou comportamento problemático. A descrição detalhada dos motivos que determinaram a Inspeção Especial, bem como as providências dela decorrentes e um documentário fotográfico minucioso e amplo, deverão constar de um relatório específico, não padronizado, mas dentro dos parâmetros da Ficha de Inspeção Rotineira.
- **Inspeção Intermediária:** é recomendada para monitorar uma deficiência suspeitada ou já detectada, tal como um pequeno recalque de fundação, uma erosão incipiente, um encontro parcialmente descalçado, o estado de um determinado elemento estrutural, dentre outros. Deve ser feito um relatório específico com a descrição detalhada da deficiência suspeitada ou já detectada e de sua eventual evolução, bem como as providências necessárias, e a recomendação da continuação ou suspensão das Inspeções.

2.7.1 Planejamento da Inspeção

O Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, afirma que o sucesso de toda e qualquer inspeção se dá pelos esforços em realizar um planejamento adequado e eficiente, onde se deve definir o motivo da inspeção, o tipo da inspeção, o dimensionamento da equipe, os equipamentos e as ferramentas, e a escolha do período do ano mais favorável à inspeção. O planejamento consiste na formulação das etapas a serem executadas, sendo destacadas pelo DNIT (2004, p. 36) como principais:

- Coletar e examinar dados disponíveis sobre a ponte, tais como: desenhos, informes construtivos, relatórios de inspeções anteriores e registros de manutenção e reparo, dentre outros;

- A presença de proteção junto aos pilares, para choques de veículos e embarcações;
- O estado da pavimentação dos acessos diante da existência de irregularidades;
- A existência, o estado e o funcionamento de placas de transição;
- O estado das juntas entre os acessos e a ponte;
- O estado de saias de aterro, sistema de drenagem e de proteção;
- A suficiência da seção de vazão da ponte diante da existência de detritos e materiais flutuantes;
- Os indícios de erosão, assoreamento ou retenção de materiais em apoios intermediários;
- A integridade e o funcionamento de enrocamentos ou outras proteções;
- Registrar os cursos d'água em todas as travessias pra manter atualizado o regime;
- As evidências de erosão ou descalçamento de fundações;
- A presença de trincas nas paredes dos encontros;
- A existência de sinais de degradação em elementos de concreto ou corrosão de armaduras;
- O estado e funcionamento dos aparelhos de apoio;
- A existência de manifestações patológicas, cobrimentos deficientes, exposição e corrosão de armaduras, em superestruturas em vigas e em lajes maciças;
- A existência de manifestações patológicas, cobrimentos deficientes, exposição e corrosão de armaduras, e drenagem insuficiente no interior de superestruturas em vigas caixão;
- As condições da pista de rolamento, acerca da integridade e funcionalidade;
- A integridade, capacidade de vedação e funcionalidade das juntas de dilatação;
- A padronização e proteção das barreiras e guarda-corpos;
- A existência e conservação de sinalização na entrada da ponte e na pista de rolamento;
- A existência e conservação de instalações de utilidade pública.

2.7.3 Equipamentos e Métodos de Acesso

De modo que a inspeção seja completa e confiável, torna-se necessário a utilização de equipamentos comuns, como os de limpeza (escovas, vassouras, palhas de aço e lixas), de inspeção (canivete, facão, martelo e cinto suporte de equipamentos), de melhoria de visão (binóculo, luneta e lanterna), de medição (diastímetro, paquímetro, fio de prumo e nível de pedreiro), de documentação (prancheta, fichas, esquadros, câmera fotográfica e drone com câmera), e complementares (estojo de primeiros socorros, repelente e materiais de higiene

peçoal), e os equipamentos especiais, como os de levantamento topográfico, de teste não-destrutivos, de inspeção submersa, e de jateamento de ar, água e areia (DNIT, 2004, p.40-41).

O manual retrata o acesso aos elementos da ponte, de modo que, seja garantido que o inspetor alcance com segurança a área a ser inspecionada, sendo ideal a possibilidade de tocá-la com as mãos. Os principais meios de alcançar áreas difíceis são por meio de equipamentos e veículos de acesso, sendo os equipamentos mais comuns: escadas, andaimes apoiados ou suspensos, plataformas apoiadas em torres tubulares, e barcos ou balsas; e os veículos: caminhão tipo munk e os “snoopers”.

2.7.4 Capacitação, Responsabilidades e Deveres dos Profissionais

A norma do DNIT 010/2004-PRO (p. 3), diz que as inspeções Cadastrais, Rotineiras e Intermediárias devem ser feitas por inspetores, podendo ser auxiliados por técnicos de nível médio. Enquanto as inspeções Extraordinárias e Especiais devem ser realizadas por Inspetores Seniores, estes podendo ser auxiliados por consultores e auxiliares técnicos. O registro no CREA é requerido, sendo que dependendo das responsabilidades que lhe serão atribuídas, deverá ser comprovada a qualificação do engenheiro contratado (tab. 1).

Tabela 1 - Atribuições profissionais dos inspetores

Profissional	Função	Exigências
Inspetor	Inspeccionar uma única obra de comprimento igual ou inferior a duzentos metros e que não inclui nenhuma estrutura não convencional	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo de cinco anos de experiência em projeto de pontes; • Mínimo de cinco anos de experiência em inspeção de pontes; • Perfeito conhecimento do Manual de Inspeção de Pontes.
Inspetor Sênior	Inspeccionar uma estrutura especial, ou de comprimento superior a duzentos metros, ou supervisionar a inspeção de um conjunto de obras	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo de cinco anos de experiência em projeto, execução, recuperação, reforço e reabilitação de pontes; • Mínimo de dez anos de experiência em inspeção de pontes; • Perfeito conhecimento do Manual de Inspeção de Pontes.

Fonte: DNIT (2004)

Já as qualificações dos auxiliares técnicos, segundo a norma do DNIT 010/2004-PRO (p. 4), devem atender os critérios de:

- a) Curso de segundo grau completo;
- b) Bom nível de inteligência e vivacidade;
- c) Boas condições físicas, podendo, eventualmente subir e descer em estruturas altas, respeitadas as normas vigentes de segurança do trabalho;
- d) Habilidade para desenhar, a mão livre, esquemas de obras, apoios etc., com as respectivas dimensões;
- e) Habilidade para ler os desenhos do projeto estrutural, quando disponível, verificando se a obra foi construída conforme os desenhos;
- f) Habilidade para tirar fotografias e gravar imagens digitalizadas;
- g) Conhecimentos de instrumentos de medidas e de visualização, tais como réguas, trenas, paquímetros, réguas comparadoras, calibres, termômetros, máquinas fotográficas, binóculos etc;
- h) Perfeito conhecimento do Manual de Inspeção de Pontes.

O Manual de Inspeções do DNIT (2004, p. 52) apresenta as responsabilidades do inspetor de pontes, que são: registrar detalhadamente e fielmente os itens que carecem de reparos ou serviços de manutenção, zelar pelo patrimônio público, garantir a confiança do usuário e conservar a segurança e a funcionalidade das obras; além dos deveres do inspetor, tais como: planejar e realizar as inspeções, preparar os relatórios, e identificar os itens que necessitam de reparos e quantificar seus custos.

2.7.5 Avaliação do Estado da OAE

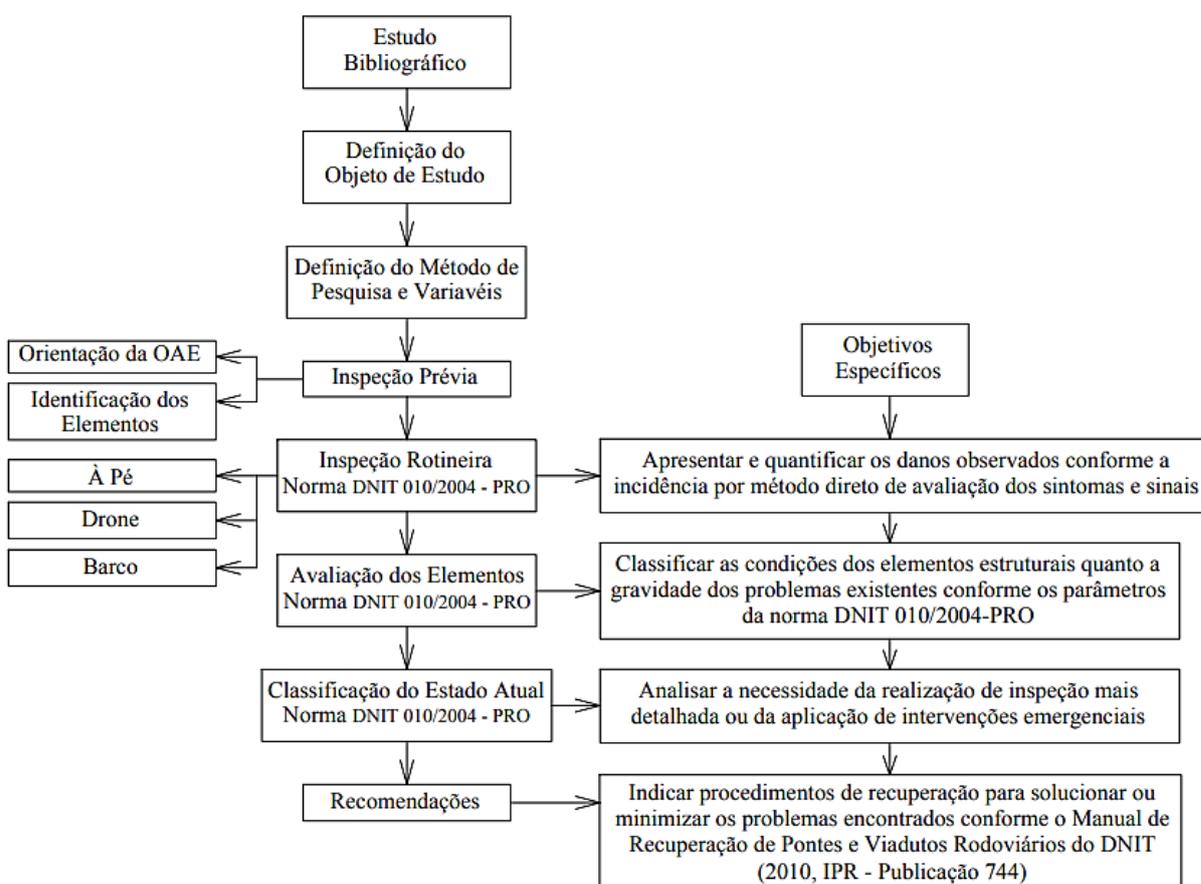
Conforme os parâmetros da norma DNIT 010/2004-PRO e o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, a avaliação do estado da ponte é subjetiva, pois conta com a experiência do inspetor, sendo que este deve seguir recomendações para a emissão da nota de um elemento estrutural, de acordo com a Anexo C da norma, especificando as características de cada elemento. O método é bastante simples, pois a inspeção conta com bastante influência dos critérios utilizados pelo inspetor, sendo que um valor é atribuído para cada elemento estrutural e a nota final da condição da ponte é a menor dentre esses valores. A nota atribuída possui variação de 1 a 5, a qual refletirá a maior ou a menor gravidade dos problemas existentes, sendo correlacionada com a categoria dos problemas detectados resultando na classificação das condições da ponte.

3 METODOLOGIA

3.1 DESENHO DO ESTUDO

Conforme a escolha do tema e definição do objetivo principal, foi possível caracterizar o estudo realizado por meio de pesquisa de campo aplicada, com natureza quantitativa e de vertente explicativa, uma vez que buscou-se avaliar a problemática definida a partir do levantamento e análise de dados por meio de inspeção rotineira, com caráter visual, em ponte rodoviária. A estrutura metodológica adotada nesse trabalho é apresentada na fig. 13.

Figura 13 - Fluxograma do Processo Metodológico

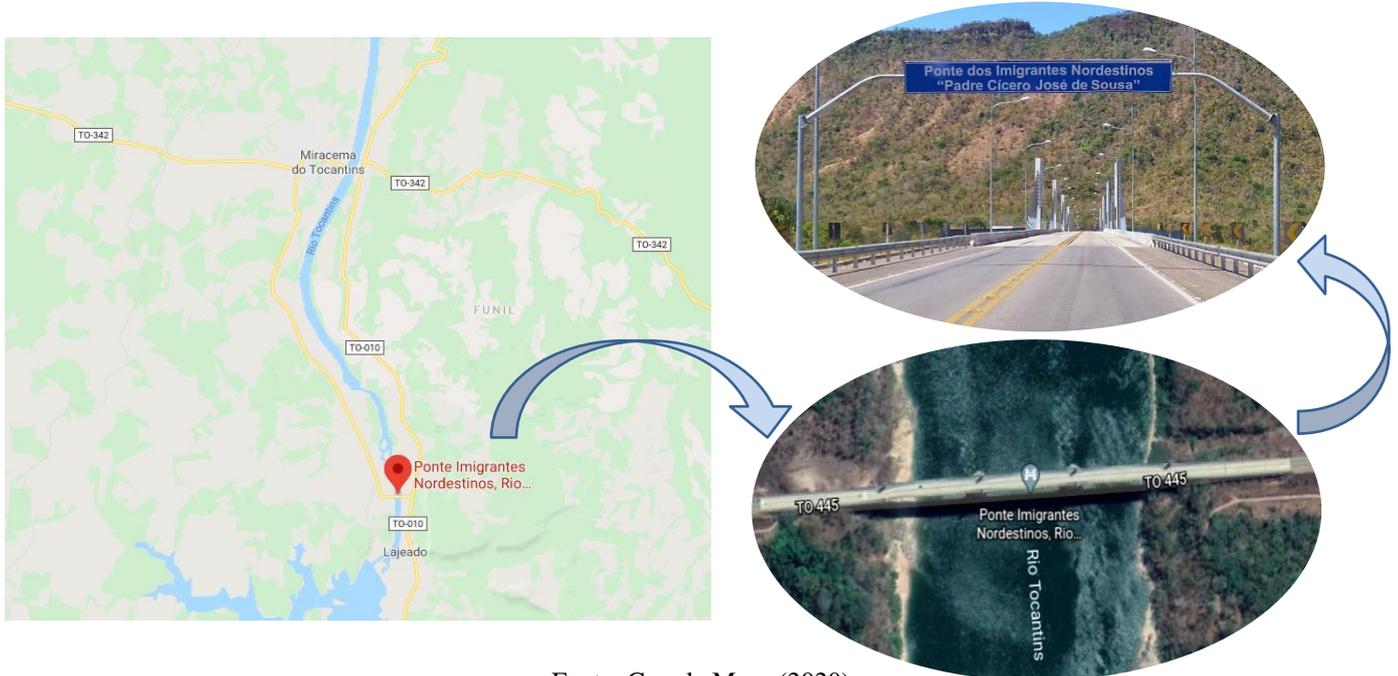


Fonte: Próprio Autor (2020)

3.2 PERÍODO E LOCAL DE REALIZAÇÃO

A pesquisa foi realizada no segundo semestre de 2020, entre os meses de julho e novembro, na Ponte dos Imigrantes Nordestinos “Padre Cícero José de Sousa”, construída sobre o Rio Tocantins, situada na rodovia TO 445, união na rodovia TO 010, coordenadas 9°43’26’’S e 48°21’38’’W, trecho entre Lajeado e Miracema do Tocantins, conforme fig. 14.

Figura 14 - Localização da Ponte dos Imigrantes Nordestinos



Fonte: Google Maps (2020)

3.3 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo foi a Ponte dos Imigrantes Nordestinos “Padre Cícero José de Sousa”, ponte rodoviária com um comprimento total de 609,12m, formado por 3 vãos centrais de 110m e dois vãos laterais de equilíbrio com 65,00m cada, totalizando 460,00m (fig. 15), e com largura de tabuleiro de 16,00m, em concreto armado, sendo 2 pistas de 3,50m cada, 2 acostamentos com 2,50m cada e dispositivos de segurança tais como 2 barreiras de concreto armado, tipo New Jersey, com 0,40m cada e, ainda, 2 passeios para pedestres com 1,60m, cada (fig. 16).

Figura 15 - Vista Lateral da Ponte dos Imigrantes Nordestinos



Fonte: Filho (2020)

Figura 16 - Vista da Pista de Rolamento da Ponte dos Imigrantes Nordestinos



Fonte: Turismo Tocantins (2017)

Sendo uma ponte com protensão no extradorso, com ortogonal reta, possui 2 viadutos de acesso, 8 pilones, devidamente ancorados a 20 estais, com 10 de cada lado, totalizando 160 estais de tamanhos variados. A OAE vence toda a região molhada do curso d'água, sendo o retângulo para a navegação com dimensões de 100m na horizontal e altura de 15m livres. A estrutura conta com 10 apoios, sendo 2 pilares em cada apoio com altura variando entre 15 e 16m. A fundação é executada em estacas escavadas, sendo que a profundidade nos viadutos de acesso variando entre 5,5 a 12m em solo e de 6 a 8m em rocha, e na parte molhada a profundidade variante de 2,5 a 29m e mais 10m em solo impenetrável ou rocha.

3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram avaliados todos os elementos com possibilidade de acessibilidade, sendo a segurança do inspetor priorizada. Desta forma, o interior do tabuleiro e os elementos submersos não compõem os dados levantados e analisados.

3.5 MÉTODO DE PESQUISA E VARIÁVEIS

O tipo de inspeção realizada foi a rotineira, sendo aplicada a metodologia do DNIT. Conforme o planejamento de inspeção disponibilizado no Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias do DNIT (2004, p. 36 e 37), foram avaliados:

- **Rodovia e elementos do estrado:** acessos, dispositivos de segurança de tráfego, estrado, juntas de dilatação, passeios, guarda-corpos, dispositivos de drenagem, sinalização, barreiras;
- **Superestrutura:** aparelhos de apoio, vigamentos principais e secundários (externo), estais, pilones, canalizações de utilidade pública;
- **Infraestrutura:** encontros, proteção de taludes, pilares e proteção dos pilares;
- **Cursos d'água:** margens e proteção, e sinalização.

3.6 INSTRUMENTOS DE COLETA E REGISTRO DE DADOS

A coleta de dados iniciou-se por meio da busca por documentos para auxílio das atividades desenvolvidas em campo, sendo que não foram fornecidos ou encontrados desenhos “as-built”, relatórios de inspeções anteriores, registros de reparos ou de manutenção. Em seguida, foi definida a orientação da ponte e realizada a identificação dos elementos com auxílio de um croqui desenhado a mão desenvolvido *in loco*.

Após a identificação dos elementos da ponte foi realizada a inspeção rotineira da estrutura em três dias, sendo no primeiro dia o trajeto da ponte feito a pé no sentido Lajeado / Miracema – TO (fig. 17). Buscou-se observar os elementos constituintes da rodovia, estrado e superestrutura, tais como acessos, dispositivos de segurança de tráfego, pista de rolamento, juntas de dilatação, passeios, barreiras de proteção, guarda-corpos, dispositivos de drenagem, aparelhos de apoio, estais, pilones (torres), vigamentos e canalizações públicas.

Figura 17 - Ponte do Imigrantes Nordestinos sentido Lajeado / Miracema - TO



Fonte: Próprio Autor (2020)

No segundo dia foi realizada a visualização dos elementos constituintes da infraestrutura e os cursos d'água foi necessário utilizar uma embarcação tipo canoa motor de popa 15 Hp (fig. 18), operada por um profissional apto para conduzir embarcações nos limites da navegação interior. Foram observados os pilares, as proteções dos pilares, os apoios, as estacas, a proteção dos taludes e a sinalização náutica.

Figura 18 - Embarcação Canoa Motor de Popa 15 Hp



Fonte: Próprio Autor (2020)

Por fim, no terceiro dia, para a observação de partes específicas da estrutura, como o topo dos pilones (torres) e as laterais da ponte foi utilizado o VANT Phantom 4 Pro V2.0 (fig. 19), com câmera integrada com um sensor CMOS de 1" e 20 MP.

Figura 19 - VANT Phantom 4 Pro V2.0



Fonte: Próprio Autor (2020)

Todo o registro fotográfico foi realizado por meio de equipamentos como câmera fotográfica, câmera de smartphone, câmera e sensor de captura de imagens do drone. Também foram utilizados equipamentos de proteção individual (EPIs), tais como: bota em couro com sistema antiderrapante, capacete e luvas; roupas adequadas (camisa com manga comprida e calça resistente), bem o uso de coletes salva-vidas na embarcação. Outros equipamentos utilizados: facão, prancheta, canetas, trena, estojo de primeiros socorros, repelente e materiais de higiene pessoal. O deslocamento ao local da OAE foi realizado com a utilização de veículo de pequeno porte.

3.7 ESTRATÉGIAS DE ANÁLISE, APRESENTAÇÃO E APLICAÇÃO DOS DADOS

Os danos observados e devidamente apresentados neste estudo, foram quantificados conforme a incidência por método direto de avaliação dos sintomas e sinais, ou seja, os dados foram medidos por meio da contagem de elementos com danos, através do número ou porcentagem (frequência) de componentes deteriorados, sem levar em consideração a quantidade de danos em cada elemento individualmente.

Aos elementos com função estrutural foram atribuídas notas de avaliação com variação de 1 a 5, a qual reflete a maior ou a menor gravidade dos problemas existentes, sendo a atribuição realizada conforme o preenchimento da ficha de inspeção rotineira expedida (anexo B) estabelecida pelo método do DNIT. A nota é correlacionada com a categoria dos problemas detectados em cada elemento estrutural, sendo a nota final de classificação das condições da OAE correspondente a menor nota atribuída aos elementos com função estrutural (anexo C).

Os resultados apresentados contaram com auxílio de ferramentas do Excel e Word, programas pertencentes ao Pacote Office. A análise dos dados coletados é apresentada inicialmente pela discussão dos sintomas identificados, seguida da avaliação de incidência quantificada, resultados de atribuição de nota aos elementos estruturais e, por fim, a classificação e a avaliação do estado atual da OAE. Por meio do resultado foi verificada a necessidade de inspeção mais detalhada, bem como aplicação de intervenções emergenciais e indicada as principais terapias associadas a manutenção preventiva conforme as indicações do Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários do DNIT (2010, IPR – Publicação 744).

3.8 ASPECTOS ÉTICOS

Este estudo foi desenvolvido em conformidade com parâmetros normativos do DNIT, sendo utilizados a norma DNIT 010/2004 – PRO e o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (2004, IPR – Publicação 709). O projeto será submetido à análise da banca avaliadora indicada pela coordenação de curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA, e no seu desenvolvimento foram observadas as orientações, demais normas e recomendações para a realização de inspeção em OAE no Brasil.

Os dados coletados são de uso exclusivo do pesquisador, sendo utilizados com a única finalidade de realizar as devidas avaliações ao longo do desenvolvimento da própria pesquisa e artigos ou publicações que dela resultem. Em cada etapa do projeto foi disposto a origem de cada dado não desenvolvido pelo autor de modo que a pesquisa não resulte em dano ou desconforto a eventuais colaboradores.

Cópias das publicações deste projeto e de futuras pesquisas serão entregues à biblioteca do CEULP/ULBRA. Não houve ônus financeiros ou investimentos de recursos de qualquer natureza por parte de instituições e/ou por parte de colaboradores. Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados recursos próprios do pesquisador, o qual possui responsabilidade por todos os investimentos necessários em cada etapa do estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

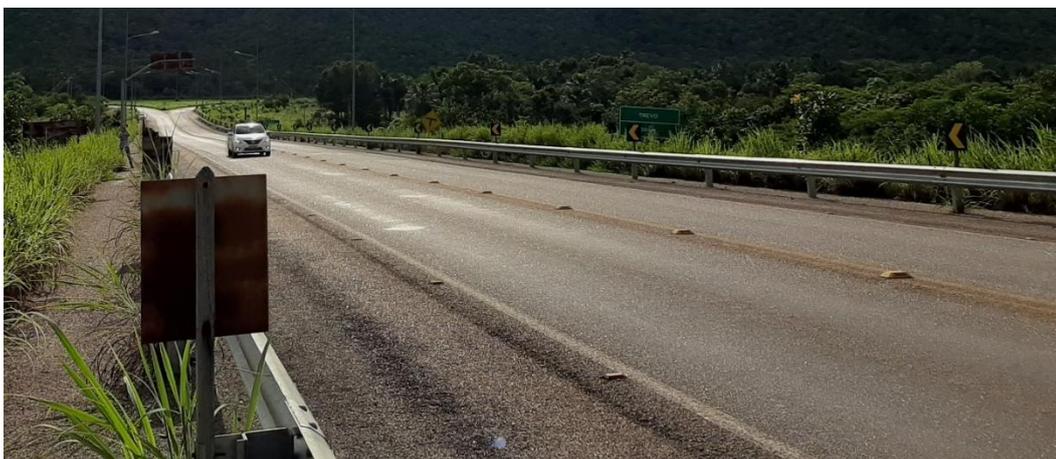
Os danos apresentados neste estudo foram quantificados conforme a incidência de elementos deteriorados, sendo em seguida avaliado o grau de gravidade dos problemas encontrados e atribuídas notas de avaliação, com variação de 1 a 5, conforme os parâmetros indicados pelo DNIT.

4.1 RODOVIA E ELEMENTOS DO ESTRADO

4.1.1 Acessos e dispositivos de segurança de tráfego

Ambos acessos permitem livre passagem, sendo observada a presença de guarda-rodas contínuo por todo acesso, bem como a presença de sinalização de controle e orientação de tráfego (fig. 20).

Figura 20 - Vista acesso ponte sentido Lajeado / Miracema - TO



Fonte: Próprio Autor (2020)

Foi possível observar leve rebaixo do pavimento entre a via de acesso e a ponte. As juntas entre os acessos e a ponte apresentaram leve acúmulo de detritos, sendo o alinhamento, a integridade inicial, a capacidade de vedação e o funcionamento livre adequados (fig. 21).

Figura 21 - Junta entre acessos e a ponte



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.1.2 Pista de Rolamento

Em três locais da pista de rolamento foram observados reparos realizados de forma inadequada (fig. 22 e 23), fator que interfere diretamente na fluência e segurança de tráfego. Também foram identificados indícios de desgaste superficial e a presença de trincas próximas aos remendos. A declividade e drenagem da pista são satisfatórias de modo que não há acúmulo de água na superfície.

Figura 22 - Reparo no primeiro vão da ponte sentido Lajeado / Miracema - TO



Fonte: Próprio Autor (2020)

Figura 23 - Reparos no vão central da ponte



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.1.3 Juntas de dilatação

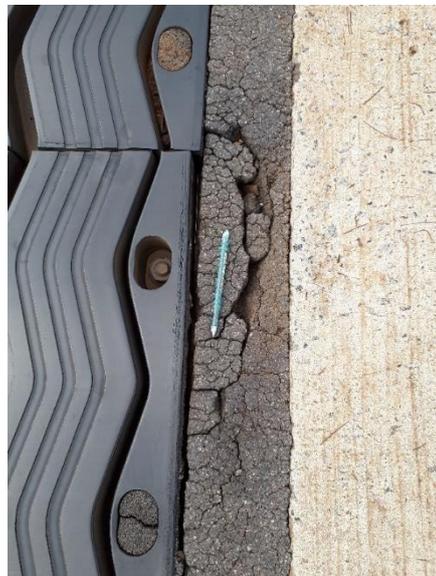
As juntas de dilatação apresentaram leve acúmulo de detritos, sendo o alinhamento, a integridade inicial, a capacidade de vedação e o funcionamento livre adequados (fig. 24). Em duas juntas foram observados sinais de danificação nas bordas, fator que pode afetar na estanqueidade do elemento (fig. 25).

Figura 24 - Junta de dilatação



Fonte: Próprio Autor (2020)

Figura 25 - Danificação de borda da junta



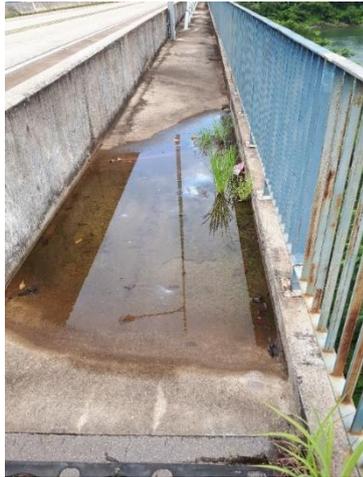
Fonte: Próprio Autor (2020)

4.1.4 Passeios

Os passeios laterais da ponte garantem a passagem segura de pedestres e ciclistas uma vez que possuem guarda-corpos e largura adequada. Foram identificados pontos de acúmulo de

água (fig. 27), principalmente perto dos acessos da ponte, indicando falha no sistema de drenagem. Há sinais evidentes de umidade como manchas com tonalidade escura (bolor) e a presença de limo, sendo possível observar também fissuras no piso próximo aos pontos de passagem dos estais (fig. 28).

Figura 26 - Acúmulo de água no passeio



Fonte: Próprio Autor (2020)

Figura 27 - Fissuração próxima aos estais



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.1.5 Barreira de Proteção

As barreiras de proteção são do tipo New Jersey e seguem de forma padronizada, com mesmo alinhamento, garantindo proteção por toda a extensão da ponte. As barreiras apresentam fissuras (fig. 28) e machas escuras (bolor) ao longo de todo seu comprimento, além de camada vegetal entre as barreiras e a pista de rolamento (fig. 29).

Figura 28 - Fissuras na barreira de proteção



Fonte: Próprio Autor (2020)

Figura 29 - Presença de camada vegetal



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.1.6 Guarda-corpo

Os guarda-corpos são metálicos e possuem o mesmo alinhamento, sendo contínuos durante todo o trajeto da ponte, garantem a segurança dos pedestres e ciclistas, porém apresentam pintura deteriorada e sinais de corrosão, conforme apresentado na figura 30.

Figura 30 - Guarda-corpos existentes



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.1.7 Dispositivos de drenagem

A drenagem da parte superior da ponte é realizada por drenos em PVC, sendo que os drenos próximos aos acessos da ponte se encontram obstruídos contribuindo para os pontos de acúmulo de água. Os drenos obstruídos e registrados apresentam camada vegetal e acúmulo de outros detritos, sendo localizados nas barreiras de proteção e nos passeios (fig. 31).

Figura 31 - Dispositivos de drenagem obstruídos



Fonte: Próprio Autor (2020)

No quadro 1 é apresentada a classificação de danos observados na rodovia e nos elementos do estrado, sendo atribuídas notas aos elementos estruturais do item e definida como nota final de classificação 4.

Quadro 1 - Danos observados na rodovia e nos elementos do estrado

CLASSIFICAÇÃO DE DANOS OBSERVADOS				
Item	Qnt	Descrição	Ação Preventiva	Nota
RODOVIA E ELEMENTOS DO ESTRADO	N/A	Leve rebaixo entre as vias de acessos e a pista de rolamento	Suavização do afundamento do pavimento da via de acesso	4
	N/A	Leve acúmulo de detritos nas juntas entre acesso e pista de rolamento	Remoção de detritos	
	3	Reparos inadequados na pista de rolamento	Remover por recorte todo material comprometido e refazer os remendos no pavimento	4
	N/A	Leve desgaste superficial na pista de rolamento	Limpeza com escova abrasiva e aplicação de material que reduza a porosidade superficial	
	N/A	Trincas mapeadas próximas aos reparos na pista de rolamento	Refazer remendo no pavimento e selar trincas restantes com material específico (base epóxi)	
	N/A	Leve acúmulo de detritos nas juntas de dilatação da ponte	Remoção de detritos	4
	2	Danificação de bordas de juntas de dilatação da ponte	Impermeabilizar juntas com material de alta elasticidade e resistência	
	N/A	Pontos de acúmulo de água nos passeios	Desobstruir drenos	4
	N/A	Manchas escuras (bolor) e limo na laje de passeio	Remoção de limo e limpeza da superfície com jato de alta pressão	
	N/A	Fissuras na laje de passeio próximas aos pontos de passagem dos estais	Selagem de fissuras com material específico (base epóxi)	
	N/A	Fissuras nas barreiras de proteção tipo New Jersey	Selagem de fissuras com material específico (base epóxi)	N/A
	N/A	Manchas escuras (bolor) nas barreiras de proteção tipo New Jersey	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	
	N/A	Camada vegetal entre as barreiras de proteção tipo New Jersey e a pista de rolamento	Remoção da camada vegetal	
	N/A	Guarda-corpos com pintura deteriorada e sinais de corrosão	Limpeza e pintura específica para guarda-corpos metálicos	N/A
	N/A	Drenos obstruídos por camada vegetal e acúmulo de detritos	Desobstrução de drenos	N/A

Fonte: Próprio Autor (2020)

4.2 SUPERESTRUTURA

4.2.1 Aparelhos de apoio

Foram observados dez aparelhos de apoio, sendo que todos apresentaram leve desalinhamento, presença de poucos detritos e nas paredes dos encontros foi possível observar sinais de deslocamento e desgaste superficial do concreto (fig. 32). Todos possuem contato correto, ancoragens adequadas e livre movimentação, não sendo identificados sinais de esmagamento, tais como fraturas, fissuras ou deformações em seus elementos.

Figura 32 - Aparelho de apoio



Fonte: Próprio Autor (2020)

É possível observar acúmulo de água pluvial nos acessos aos aparelhos de apoio, indicando problemas no sistema de drenagem da estrutura e contribuindo com eventuais infiltrações e o crescimento de camada vegetal entre os elementos da ponte (fig. 33).

Figura 33 - Acesso aos aparelhos de apoio



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.2.2 Estais

Ao total são 160 estais sendo possível observar que 53 estais apresentaram ausência ou corrosão de porcas e parafusos do tubo antivandalismo, conforme é apresentado na figura 34.

Figura 34 - Tubos antivandalismo com danos



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.2.3 Pilones

Os oito pilones apresentaram em suas faces fissuras mapeadas, machas escuras (bolor), machas superficiais de fuligem atmosférica e leve desgaste superficial nas bases (fig. 35).

Figura 35 - Face lateral do pilone



Fonte: Próprio Autor (2020)

Os ancoramentos dos estais em todos os pilones seguem determinada padronização e alinhamento, não sendo identificados sinais de eventuais danos (fig. 36).

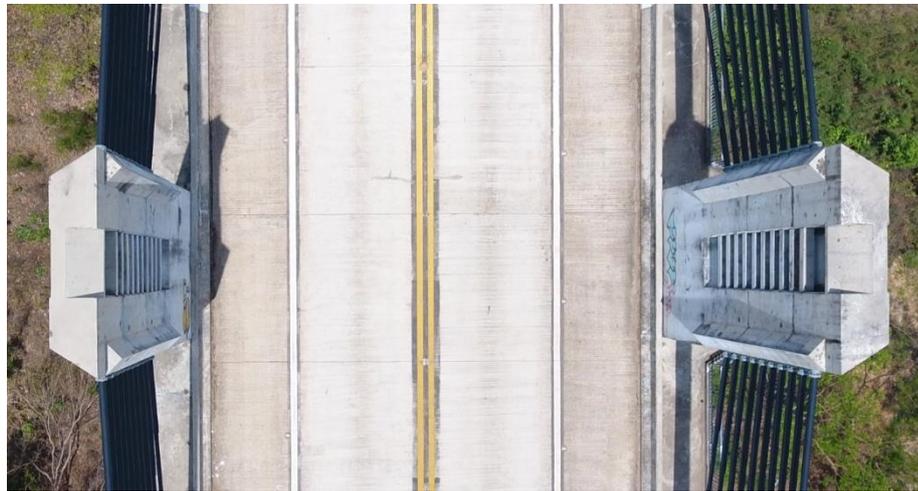
Figura 36 - Ancoragem dos estais no pilone



Fonte: Próprio Autor (2020)

No topo de seis pilones foi possível observar manchas escuras (bolor) e manchas esbranquiçadas (eflorescência), sintomas típicos aparentes em pontos de acúmulo de água e que apresentam fissuras superficiais que favorecem a entrada de água (fig. 37).

Figura 37 - Topo dos pilones



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.2.4 Vigamento

Dez vigamentos longitudinais do vão lateral da ponte no sentido Miracema / Lajeado – TO (fig. 38), apresentaram machas superficiais de fuligem atmosférica, enquanto em dois pontos de ligação com os vigamentos transversais e solidarização com as lajes do estrado apresentaram manchas escuras (bolor), devido a presença de pontos de infiltração.

Figura 38 - Vigamento Vão Lateral sentido Miracema / Lajeado - TO



Fonte: Próprio Autor (2020)

Os vigamentos longitudinais do vão lateral da ponte no sentido Lajeado / Miracema – TO (fig. 39), apresentaram manchas superficiais de fuligem atmosférica e mancha escura (bolor) em uma face externa devido a percolação de água pluvial da superfície da ponte.

Figura 39 - Vigamento Vão Lateral sentido Lajeado / Miracema - TO



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.2.5 Canalizações Públicas

Foi verificada a existência de caixas de passagem da tubulação de energia que chega aos postes de iluminação pública. De quinze caixas observadas sete apresentaram danos, tais como corrosão nas tampas de vedação, falta dos parafusos ou exposição completa dos cabos.

Figura 40 - Caixas de passagem de tubulação de energia



Fonte: Próprio Autor (2020)

No quadro 2 é possível observar que 100% dos aparelhos de apoio e dos pilones, 33% dos estais e 35% das tampas de vedação apresentaram algum tipo de dano, sendo atribuídas notas aos elementos estruturais do item e definida como nota final 4 de classificação.

Quadro 2 - Danos observados na superestrutura

CLASSIFICAÇÃO DE DANOS OBSERVADOS				
Item	Qnt	Descrição	Ação Preventiva	Nota
SUPERESTRUTURA	10	Leve desalinhamento nos aparelhos de apoio	Inspeção detalhada e avaliação específica	4
	10	Acúmulo de detritos nos aparelhos de apoio	Remoção de detritos	
	10	Desplacamento e desgaste superficial do concreto das paredes dos encontros	Limpeza com escova abrasiva e reconstrução da seção com material específico	4
	N/A	Acúmulo de água pluvial nos acessos dos aparelhos de apoios	Realizar limpeza de tubos de drenagem e verificar desnível	
	N/A	Manchas escuras (bolor) nas paredes do apoio	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	
	53	Estais com ausência ou corrosão de porcas e parafusos do tubo antivandalismo	Substituição de porcas e parafusos dos tubos antivandalismo dos estais	4
	8	Pilones com fissuras mapeadas	Selagem de fissuras com material específico (base epóxi)	4
	8	Pilones com machas escuras (bolor) nas faces laterais	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	
	8	Pilones com machas superficiais de fuligem atmosférica	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	
	8	Pilones com leve desgaste superficial nas bases	Limpeza com escova abrasiva e aplicação de material que reduza a porosidade superficial	
	6	Pilones com machas escuras (bolor) no topo	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	
	6	Pilones com machas esbranquiçadas (eflorescência) no topo	Limpeza da superfície e selagem de fissuras	
	6	Pilones com fissuras mapeadas no topo	Selagem de fissuras com material específico (base epóxi)	
	10	Vigamentos longitudinais com machas superficiais de fuligem atmosférica	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	4
	2	Machas escuras (bolor) na ligação com os vigamentos transversais e solidarização com as lajes do estrado	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	
	7	Corrosão nas tampas de vedação, falta dos parafusos ou exposição completa dos cabos das caixas de passagem	Substituição de tampas e elementos necessários para a vedação das caixas	N/A

Fonte: Próprio Autor (2020)

4.3 INFRAESTRUTURA E CURSOS D'ÁGUA

4.3.1 Pilares e Proteção

Foram observados 16 pilares, todos com machas superficiais de fuligem atmosférica, sendo em 4 pilares identificadas manchas escuras (bolor), conforme figura 42. Não havendo sinais de armaduras expostas ou manchas que indiquem sinais de corrosão.

Figura 41 - Vista isométrica dos pilares



Fonte: Próprio Autor (2020)

As duas proteções mecânicas dos pilares apresentaram em todas as faces machas superficiais de fuligem atmosférica, na face superior fissuras mapeadas e acúmulo de água pluvial. Uma vez que os elementos de proteção mecânica contra choques ficam em contato direto com a água foi possível identificar com facilidade a presença de manchas escuras (bolor) e manchas esbranquiçadas (eflorescência) em todo o componente (fig. 43).

Figura 42 - Vista isométrica e superior de proteção de pilares



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.3.2 Apoios

São 10 apoios, sendo identificado em suas paredes a presença de machas superficiais de fuligem atmosférica e manchas escuras (bolor), não havendo sinais de desalinhamentos, desaprumos ou exposição de armaduras (fig. 44).

Figura 43 - Vista da parede do apoio do vão lateral sentido Miracema / Lajeado - TO



Fonte: Próprio Autor (2020)

Nos cantos das bordas inferiores de 2 apoios foi observado deslocamento de concreto e desgaste superficial (fig. 45).

Figura 44 - Borda inferior da parede do apoio



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.3.3 Estacas

Foram observadas as estacas dos apoios e as das proteções mecânicas, sendo que todas possuem revestimento metálico, foi possível observar a presença de manchas esbranquiçadas próximas ao nível da água, pintura desgastada na parte superior da estaca próximo aos apoios e presença de umidade em duas estacas centrais (fig.46).

Figura 45 - Estacas do vão central da ponte



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.3.4 Proteção de Taludes

Taludes íngremes em encostas naturais, não sendo possível identificar qualquer tipo de proteção superficial. Na figura 47 é possível observar sinais evidentes de processo erosivo:

Figura 46 – Talude com processo erosivo



Fonte: Próprio Autor (2020)

4.3.5 Sinalização náutica

A sinalização náutica do vão central se encontra em situação precária, sendo que uma das dez placas é inexistente e a outra ilegível (fig.48). As placas de sinalização que se encontram fixadas nas faces dos pilares estão em ótimo estado, sendo de fácil entendimento e identificação.

Figura 47 - Sinalização náutica do vão central



Fonte: Próprio Autor (2020)

No quadro 3 é são apresentados os danos observados na infraestrutura, sendo possível observar que 100% pilares, das proteções mecânicas e dos apoios, bem como 20% das placas de sinalização apresentaram algum tipo de dano, sendo atribuídas notas aos elementos estruturais do item e definida como nota final 4 de classificação.

Quadro 3 - Danos observados na infraestrutura e nos cursos d'água

CLASSIFICAÇÃO DE DANOS OBSERVADOS				
Item	Qnt	Descrição	Ação Preventiva	Nota
INFRAESTRUTURA E CURSOS D'ÁGUA	16	Pilares com machas superficiais de fuligem atmosférica	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	4
	4	Pilares com machas escuras (bolor)	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	
	2	Proteções mecânicas com machas superficiais de fuligem atmosférica	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	N/A
	2	Proteções mecânicas com machas escuras (bolor)	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	
	2	Proteções mecânicas com machas esbranquiçadas (eflorescência)	Limpeza da superfície e selagem de fissuras	
	2	Proteções mecânicas com acúmulo de água pluvial no topo	Verificar caimento e sistema de drenagem	
	10	Apoios com machas superficiais de fuligem atmosférica	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	4
	10	Apoios com machas escuras (bolor)	Limpeza da superfície com jato de alta pressão	
	2	Apoios com deslocamento e desgaste superficial do concreto	Limpeza com escova abrasiva e reconstrução da seção com material específico	
	N/A	Estacas com manchas esbranquiçadas	Manutenção de pintura metálica	4
	N/A	Estacas com pintura desgastada	Manutenção de pintura metálica	
	2	Estacas com sinais de infiltração	Realizar manutenção do sistema de drenagem	4
	N/A	Taludes íngremes com sinais de processo erosivo	Recuperar e executar sistema de proteção dos taludes	
	2	Placas de sinalização náutica inexistentes ou ilegíveis	Substituir placas de sinalização náutica	N/A

Fonte: Próprio Autor (2020)

A rodovia, os elementos de estrada, a superestrutura, a infraestrutura e os cursos d'água receberam nota 4, sendo essa a menor nota atribuída aos elementos estruturais. Conforme os parâmetros indicados pelo DNIT, a Ponte dos Imigrantes Nordestinos “Padre Cícero José de Sousa” recebeu como nota final 4, sendo classificada como uma obra sem problemas importantes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo desenvolvido e apresentado neste trabalho buscou avaliar o estado atual da Ponte dos Imigrantes Nordestinos “Padre Cícero José de Sousa” por meio da identificação de problemas visíveis da estrutura e quantificação de elementos danificados, realizando assim a avaliação da estabilidade da OAE e a classificação das condições da ponte de acordo com os problemas identificados, por meio da correlação dos problemas detectados em cada elemento com função estrutural e da classificação final das condições atuais da OAE.

Os danos foram quantificados conforme a incidência de elementos deteriorados, sendo em seguida avaliado o grau de gravidade dos problemas encontrados e atribuídas notas de avaliação, com variação de 1 a 5, conforme os parâmetros indicados pelo DNIT. Sendo que a Ponte dos Imigrantes Nordestinos “Padre Cícero José de Sousa” recebeu nota final 4, que a classifica como uma obra sem problemas importantes, uma vez que as condições de estabilidade são consideradas boas diante da existência de alguns danos que não geram sinais de insuficiência estrutural, sendo necessária apenas a execução de serviços de manutenção.

Os problemas encontrados possuem caráter evolutivo e devem ser diagnosticados de forma precisa. Com isto, torna-se fundamental a complementação deste estudo por meio da execução de inspeções mais detalhadas, para identificação dos agentes agressivos e prováveis causas. A partir da análise apresentada é perceptível que mesmo a inspeção apenas de caráter visual proporciona resultados satisfatórios diante da percepção dos danos.

Por meio da inspeção foi constatada a necessidade de execução de serviços de manutenção na ponte, principalmente pela identificação de problemas como: drenagem ineficiente, reparos inadequados na pista de rolamento e desgaste superficial ou deslocamento do concreto. Como a ponte em estudo não se encontra em estado crítico, ou sejam, não apresenta sinais de grave insuficiência estrutural ou risco tangível de colapso, não é necessária a aplicação de intervenções emergenciais, sendo indicadas neste trabalho apenas terapias associadas a manutenção preventiva conforme as indicações do Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários do DNIT (2010, IPR – Publicação 744).

Por fim, ressalta-se a importância do desenvolvimento de pesquisas com foco no conhecimento do estado atual das OAEs, sendo fundamental a aplicação de diferentes abordagens e metodologias de inspeção para a construção de uma base de dados que retrate a real situação das pontes rodoviárias brasileiras. Logo, sugere-se para trabalhos futuros a execução de inspeções detalhadas, o mapeamento dos danos existentes, a avaliação das condições internas do tabuleiro, a verificação dos parâmetros de variação de tensão nos estais, bem como a elaboração do plano de manutenção preventiva da ponte.

REFERÊNCIAS

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas — Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 9452**: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **DNIT 010/2004**: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido — Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **DNIT 090/2006**: Patologias do concreto — Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006.

CAVALCANTE, Gustavo Henrique Ferreira. **Pontes em Concreto Armado**: análise e dimensionamento. São Paulo: Blücher, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336983746_PONTES_EM_CONCRETO_ARMADO_Analise_e_Dimensionamento. Acesso em: 15 maio 2020.

CARVALHO, Daniel Iglesias de et al. **Análise das Manifestações Patológicas Identificadas na Ponte Sobre o Rio Tocantins, Porto Nacional – TO**. Palmas, 2016. Disponível em: <http://www.abpe.org.br/trabalhos2016/171.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2020.

CHO, Gustavo Chio; BENGOCHEA, Angel C. Aparicio. **El puente con pretensado extradado**: Un nuevo tipo estructural. Vis Ingenierías, Bucaramanga - Colombia, v. 1, n. 1, p. 67-73, maio 2002. Disponível em: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/2539>. Acesso em: 05 maio 2020.

FILHO, Dáurio. **Ponte dos Imigrantes Nordestinos**. Disponível em: <https://www.google.com/maps/place/Ponte+Imigrantes+Nordestinos,+Rio+Tocantins/@-9.7240218,-48.3628377,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x9324f37677a909b1:0x7272ef036afe9d8f!8m2!3d-9.7240218!4d-48.360649?hl=pt-BR>. Acesso em: 03 maio 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Inspeção de Pontes**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, 2004. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/709_manual_de_inspecao_de_pontes_rodoviarias.pdf. Acesso em: 02 mar. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (Minuta)**. 1. ed. Brasília D.F: Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, 2016. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/noticias/novas-normas-em-consulta-publica/minuta-manual-de-manutencao-oaes.pdf> Acesso em: 02 mar. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, 2010. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/744_manual_recuperacao_pontes_viadutos.pdf Acesso em: 02 mar. 2020.

EL DEBS, M. K.; TAKEYA, T. **Introdução às Pontes de Concreto**. Notas de Aula. Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.

FUGANTI, Paloma Toledo. **Análise dinâmica de uma Ponte com Protensão no Extradorso**. 2012. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/499>. Acesso em: 10 maio 2020.

GIOVANNETTI, Ana Carolina Virmond Portela. **Avaliação do Estado de Conservação de Pontes - Estudo de Caso**. 2014. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/129436/328510.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 maio 2020.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado**. 231 f. 1993, São Paulo. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000239&pid=S1678-8621201100020001500029&lng=pt. Acesso em: 02 abr. 2020.

HELENE, P. R. L.. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/n8exc8>. Acesso em: 08 abr. 2020.

ISHII, Marcio. **Sistemas Estruturais de Pontes Extradorso**. 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Escola Politécnica, Universidade de São Paula, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3144/tde-08032007-170442/pt-br.php>. Acesso em: 03 maio 2020.

KASUGA, Akio. **Ponte Odawara Blue Way**: um novo tipo estrutural, ponte extradorso. Um novo tipo estrutural, ponte extradorso. Disponível em: <http://www.infra.kochi-tech.ac.jp/fujisawa/jsce/Odawara/index.html>. Acesso em: 03 maio 2020.

LEONHARDT, F. Construções de concreto, vol. 6: **Princípios básicos da construção de pontes de concreto**. Rio de Janeiro. Editora Interciência, 1979. Disponível em: <https://www.martinsfontespaulista.com.br/construcoes-de-concreto-vol-6-principios-basicos-da-construcao-de-pontes-de-concreto-195208.aspx/p>. Acesso em: 08 abr. 2020.

MARQUEZ, Gabriel. **A importância do Planejamento e Orçamento**. Disponível em: <https://conube.com.br/blog/a-importancia-do-planejamento-e-orcamento/>. Acesso em: 11 maio 2020.

MCELHANNEY. **Veer Kunwar Singh Setu**, 2017. Disponível em: <https://www.mcelhanney.com/project/veer-kunwar-singh-setu/>. Acesso em: 03 maio 2020.

MITRE, Marcos Pedrosa. **Metodologia para inspeção e diagnóstico de pontes e viadutos de concreto**. 2005. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: https://phd.eng.br/wp-content/uploads/2017/04/Mestrado_MarcosMitre.pdf. Acesso em: 15 mar. 2020.

NAZARIO, Daniel; ZANCAN, Evelise Chemale. **Manifestações das Patologias Construtivas nas Edificações Públicas da Rede Municipal de Criciúma**: inspeção dos sete postos de saúde. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, p. 1-16, jan. 2011. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/151>. Acesso em: 05 maio 2020.

RODRIGUES, Eli. **Definição e importância do cronograma de projeto**. Disponível em: <https://www.elirodrigues.com/2014/09/12/definicao-e-importancia-do-cronograma-de-projeto/>. Acesso em: 10 maio 2020.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 262 p. Disponível em: <https://lucasmonteiro.site.files.wordpress.com/2017/08/vicente-custc3b3dio-e-thomaz-ripper-patologia-recuperacao-e-reforco-de-estruturas-de-concreto.pdf>. Acesso em: 02 maio 2020.

TURISMO TOCANTINS. **Ponte dos Imigrantes Nordestinos "Padre Cícero José de Sousa"**. Disponível em: <https://turismo.to.gov.br/regioes-turisticas/serras-e-lago-/principais-atrativos/lajeado/ponte-dos-imigrantes-nordestinos-padre-cicero-jose-de-sousa/>. Acesso em: 10 maio 2020.

CopySpider Scholar | Análise | Análise | Análise

Arquivo de entrada: TCC 2 RAYSA CIRQUEIRA ROCHA.pdf (11741 termos)

Gerador de Referência Bibliográfica (ABNT, Vancouver)

Documentos candidatos

contornospesquisa.or... [0,21%]

blog.metzter.com/com... [0,15%]

projetoacademico.com... [0,14%]

pt.wikipedia.org/wik... [0,11%]

studocu.com/pt-br/do... [0,1%]

up.edu.br/cmspositiv... [0,09%]

seinf.to.gov.br/gale... [0,05%]

normas-abnt.espm.br/...

Arquivo encontrado

Arquivo encontrado	Total de termos comuns	Similaridade (%)
contornospesquisa.or...	5280	0,21
blog.metzter.com/com...	5970	0,15
projetoacademico.com...	1324	0,14
pt.wikipedia.org/wik...	2379	0,11
studocu.com/pt-br/do...	3222	0,1
up.edu.br/cmspositiv...	888	0,09
seinf.to.gov.br/gale...	67	0,05
normas-abnt.espm.br/...	440	0,04

Download falhou

Ativar o Windows

Desenvolva aplicações Web. Comece a usar gratuitamente »

aws

Português

Log in

CopySpider Scholar | Análise | Análise | Análise

Apoiar o CopySpider

Exportar relatório

Exportar relatório PDF

Visualizar

Gerador de Referência Bibliográfica (ABNT, Vancouver)

TCC 2 RAYSA CIRQUEIRA ROCHA.pdf (16/11/2020):

CopySpider-report....pdf

23:30 16/11/2020