

**UNIEVANGÉLICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DAVID TEIXEIRA LEMES**

**INSPEÇÃO DE PONTES EM CONCRETO ARMADO SOB A  
ÓTICA DA NBR 9452:2019 - ESTUDO DE CASO NO VIADUTO  
DEOCLECIANO MOREIRA ALVES – ANÁPOLIS / GO**

**ANÁPOLIS / GO**

**2020**

**DAVID TEIXEIRA LEMES**

**INSPEÇÃO DE PONTES EM CONCRETO ARMADO SOB A  
ÓTICA DA NBR 9452:2019 - ESTUDO DE CASO NO VIADUTO  
DEOCLECIANO MOREIRA ALVES – ANÁPOLIS / GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: PAULO ALEXANDRE DE OLIVEIRA**

**ANÁPOLIS / GO: 2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

LEMES, DAVID TEIXEIRA

Inspeção de pontes em concreto armado sob a ótica da NBR 9452:2019 - Estudo de caso no Viaduto Deocleciano Moreira Alves – Anápolis / GO.

54P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Pontes	2. Viadutos
3. Inspeção	4. Obras de arte
I. ENC/UNI	II. Bacharel

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LEMES, David Teixeira. Inspeção de pontes em concreto armado sob a ótica da NBR 9452:2019 - Estudo de caso no Viaduto Deocleciano Moreira Alves – Anápolis / GO. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 54p. 2020.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: David Teixeira Lemes

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Inspeção de pontes em concreto armado sob a ótica da NBR 9452:2019 - Estudo de caso no Viaduto Deocleciano Moreira Alves – Anápolis / GO.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2020

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



David Teixeira Lemes

E-mail: davidteixeira290497@gmail.com

**DAVID TEIXEIRA LEMES**

**INSPEÇÃO DE PONTES EM CONCRETO ARMADO SOB A  
ÓTICA DA NBR 9452:2019 - ESTUDO DE CASO NO VIADUTO  
DEOCLECIANO MOREIRA ALVES – ANÁPOLIS / GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

**APROVADO POR:**

---

**PAULO ALEXANDRE DE OLIVEIRA Me. (UniEVANGÉLICA)  
(ORIENTADOR)**

---

**CARLOS EDUARDO FERNANDES Me. (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES Me. (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 30 de NOVEMBRO de 2020.**

Dedicado a Evelyn Morais,  
minha melhor.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por me iluminar e guiar em todos os caminhos, sem Ele nada disso seria possível.

Sou grato aos meus pais, Maria Luzia Teixeira Lima e Manoel De Souza Lemes, que sempre me incentivaram com apoio e amor incondicional. Esta monografia é a prova de que os esforços deles pela minha educação não foram em vão e valeram a pena.

A minha amiga Evelyn Morais Ferreira, que me apoiou em todo meu percurso acadêmico que não me fez desistir em nenhum momento e que me ajudou em tudo que foi preciso para que eu chegasse até essa reta final.

Ao meu orientador, Paulo Alexandre, que apesar da intensa rotina aceitou me orientar e transmitir seu saber com muito profissionalismo, suas valiosas indicações fizeram toda a diferença na minha formação.

Por fim, não poderia deixar de lembrar com carinho de todos os mestres que contribuíram com a minha formação acadêmica e profissional, durante toda a minha vida, principalmente, aqueles que não acreditaram no meu potencial. Isso me deu forças para continuar buscando sempre a minha melhor versão.

David Teixeira Lemes

*“Os seus problemas você deve esquecer. Isso é viver, é aprender. Hakuna Matata”*

*O Rei Leão*

## **RESUMO**

A utilização de ponte e viadutos ao longo dos tempos, fez com que o transporte e o traslado sobre vias e rios, proporcionalizasse um grande avanço na mobilidade e sua indiscutível necessidade em diversas situações. Com isso há a necessidade de constante manutenção e vistorias para acompanhar a saúde das Obras de Arte Especiais (OAEs), para sua conservação, fazendo com que a OAE cumpra seu objetivo. Segundo norma recente NBR 9452 (ABNT,2019) todas as pontes e viadutos devem sofrer vistorias rotineiras ao menos uma vez ao ano, para que sejam identificadas patologias e feitas as correções e reparos necessários para manutenção da OAE. As inspeções são de responsabilidades das prefeituras nas quais devem contratar profissionais para fazer essa avaliação e os órgãos responsáveis pela vistoria sobre o cumprimento da norma são do DNIT e CREA. Com o objetivo principal, será mostrado como é feito todo o estudo base para que seja feita uma inspeção corretamente, e paralelo ao estudo, a apresentação de que não há o cumprimento da norma sobre a maioria das OAE. Para isso, será utilizado dois métodos de inspeção, da NBR 9452 (ABNT,2019) e da Norma 010 (DNIT, 2004), para averiguação da condição do Viaduto Deocleciano Moreira Alves. Com a realização do procedimento de inspeção, pode-se concluir que a estrutura estava em um bom estado de conservação.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Inspeção. Obras de Arte Especiais. Viaduto. Manifestações patológicas.

## **ABSTRACT**

The use of bridges and viaducts over time, has made transport and transfer over roads and rivers, providing a great advance in mobility and its indisputable need in various situations. As a result, there is a need for constant maintenance and inspections to monitor the health of the Special Works of Art (OAEs), for their conservation, making OAE fulfill its objective. According to a recent standard NBR 9452 (ABNT, 2019) all bridges and viaducts must undergo routine inspections at least once a year, so that pathologies are identified and the corrections and repairs necessary to maintain the OAE are made. Inspections are the responsibility of city halls where they must hire professionals to carry out this assessment and the bodies responsible for inspecting compliance with the standard are from DNIT and CREA. With the main objective, it will be shown how the whole base study is done so that an inspection is done correctly, and parallel to the study, the presentation that there is no compliance with the standard on most OAE. For this purpose, two inspection methods will be used, NBR 9452 (ABNT, 2019) and Norma 010 (DNIT, 2004), to check the condition of the Viaduct Deocleciano Moreira Alves. With the completion of the inspection procedure, it can be concluded that the structure was in a good state of conservation.

### **KEYWORDS:**

Inspection. Special Works of Art. Viaduct. Pathological manifestations

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Elementos constituintes de uma ponte.....	18
Figura 2 - Ponte estaiada .....	20
Figura 3 - Silhuetas de alguns veículos e limites legais de peso .....	23
Figura 4 - Incidências de Patologias no Brasil .....	26
Figura 5 - Fissura por flexão diante de momento positivo .....	27
Figura 6 - Fissura por flexão diante de momento negativo .....	27
Figura 7 - Fissuras por esmagamento sem e com confinamento.....	28
Figura 8 - Fissura por flexocompressão .....	28
Figura 9 - Fissuração por cisalhamento.....	28
Figura 10 - Fissuração por torção.....	29
Figura 11 - Fissuras por tração .....	29
Figura 12 - Ficha de inspeção rotineira expedita.....	37
Figura 13 - Localização do Viaduto escolhido.....	40
Figura 14 - Vista Panorâmica do Viaduto Deocleciano Moreira Alves.....	40
Figura 15 - Defeito no pavimento próximo a extremidade .....	41
Figura 16 - Defeito no pavimento próximo a um encontro .....	42
Figura 17 - Barreira com defeito .....	42
Figura 18 - Presença de trinca .....	43
Figura 19 - Juntas de dilatação .....	43
Figura 20 - Emendas de Concreto .....	44
Figura 21 - Infiltração na parte debaixo do viaduto .....	44
Figura 22 - Infiltração na lateral da estrutura .....	45
Figura 23 - Local de desagua dos drenos .....	45
Figura 24 - Vala com acúmulo de água.....	46
Figura 25 - Ficha de Inspeção Rotineira preenchida.....	47

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação das pontes.....	19
Quadro 2 - Instruções para atribuição de notas de avaliação .....	36
Quadro 3 - Classificação da condição de OAE segundo parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade .....	38
Quadro 4 - Modelo de ficha de classificação da OAE .....	39
Quadro 5 - Notas de Classificação Atribuídas.....	48

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
NBR	Norma Brasileira
OAEs	Obras de Artes Especiais
PBT	Peso Bruto Total

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS .....	15
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
1.3 METODOLOGIA .....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1 OBRAS DE ARTE ESPECIAIS .....	17
<b>2.1.1 Elementos constituintes de pontes.....</b>	<b>17</b>
2.1.1.1 Superestrutura .....	18
2.1.1.1.1 Barreiras, Guarda-corpo e guarda-rodas .....	18
2.1.1.2 Mesoestrutura.....	18
2.1.1.2.1 Aparelhos de apoio.....	18
2.1.1.2.2 Encontros.....	19
2.1.1.3 Infraestrutura.....	19
<b>2.1.2 Classificação das pontes.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.3 Ações atuantes em obras de arte especiais .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.4 Veículos de carga nas rodovias brasileiras.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.5 Norma brasileira de pontes .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.6 As obras de arte especiais no Brasil.....</b>	<b>24</b>
2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS .....	24
<b>2.2.1 Origem das manifestações patológicas .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.2 Patologias causadas por agentes mecânicos.....</b>	<b>26</b>
2.2.2.1 Fissuração.....	26
2.2.2.2 Recalques diferenciais de fundação .....	29
<b>2.2.3 Patologias causadas por agentes químicos .....</b>	<b>30</b>
2.2.3.1 Corrosão .....	30
2.2.3.2 Ataques de sulfato e ações de cloretos.....	31
2.2.3.3 Carbonatação.....	31
2.2.3.4 Lixiviação.....	31
<b>2.2.4 Patologias causadas por agentes biológicos.....</b>	<b>32</b>

2.2.4.1	Biodegradação do concreto .....	32
2.3	INSPEÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS .....	33
<b>2.3.1</b>	<b>Tipos de inspeção .....</b>	<b>33</b>
2.3.1.1	Inspeção Cadastral .....	33
2.3.1.2	Inspeção Rotineira.....	34
2.3.1.3	Inspeção Especial .....	34
2.3.1.4	Inspeção Extraordinária .....	35
2.3.1.5	Inspeção Intermediária .....	35
<b>2.3.2</b>	<b>Método da Norma 010 (DNIT, 2004) .....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Método da NBR 9452 (ABNT, 2019) .....</b>	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>40</b>
3.1	PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	40
3.2	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	41
<b>3.2.1</b>	<b>Manifestações Patológicas .....</b>	<b>41</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Classificação da Estrutura.....</b>	<b>46</b>
3.2.2.1	Segundo a Norma 010 (DNIT, 2004).....	46
3.2.2.2	Segundo a NBR 9452 (ABNT, 2019) .....	48
<b>3.2.3</b>	<b>Comparação entre os métodos .....</b>	<b>48</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>50</b>
4.1	TRABALHOS FUTUROS.....	50
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Não se há registro da primeira ponte ou viaduto criada na história humana, mas se tem conhecimento de que quando o ser humano necessitou superar obstáculos naturais para chegar ao seu destino foi de sua natureza engenhosa utilizar dos materiais necessários para este uso, de queda de árvores para a sobreposição do obstáculo ou pedras para a suavização do mesmo.

É denominado ponte, a obra de arte destinada à transposição de obstáculos dando continuidade para o seguimento normal de uma via, como rios, braços de mar, vales profundos, etc. Quando a via sobrepõe obstáculos não constituintes de água, são comumente chamados de viadutos.

O projeto de uma ponte inicia-se, naturalmente, pelo conhecimento de sua finalidade, da qual decorrem os elementos geométricos definidores do estrado, como, por exemplo, a seção transversal e o carregamento qual será realizado o dimensionamento da estrutura. Além dessas informações, a execução do projeto de uma ponte exige, ainda, levantamentos topográficos, hidrológicos, geotécnicos. Outras informações acessórias – processo construtivo, capacidade técnica das empresas responsáveis pela execução e aspectos econômicos - podem influir na escolha do tipo de obra (ARAÚJO, 2011. p13).

Os viadutos e pontes, também designados por Obras de Arte Especiais e indicados com a sigla OAEs, são afetados diretamente pela predominância da matriz rodoviária. Além de serem elementos importantíssimos nos sistemas de transportes, a garantia de bom funcionamento e de segurança dessas estruturas repercute nos desenvolvimentos socioeconômicos das cidades do entorno e mesmo de um país (LIU; REN; WANG, 2020).

Na atualidade, as pontes rodoviárias estão evoluindo para soluções cada vez mais engenhosas, as quais agrupam a experiência e o conhecimento dos engenheiros estruturais à utilização de novos materiais e tecnologias construtivas, em consonância com o avanço crescente das diligências científicas desenvolvidas neste campo de estudo.

As pontes e os viadutos fazem parte da malha rodoviária nacional e estão reféns a variações cíclicas de tensões devido à passagem do tráfego de veículos. A vida útil destes tipos de estruturas, por receberem esse carregamento, estão suscetíveis ao fenômeno de fadiga, que após um determinado número de ciclos causam a geração e propagação de fissuras, devido à variação de tensão nos componentes estruturais, podendo levar a estrutura ao seu colapso. Além disso, com o passar do tempo essas estruturas podem apresentar diversas patologias. Nesse sentido, a exigência à estrutura de novas condições de tráfego relacionada ao comportamento à fadiga do material pode vir a gerar danos estruturais com níveis distintos de severidade, e, à

medida que a magnitude das cargas transportadas aumenta, o problema torna-se ainda mais expressivo.

A principal preocupação das normas para cargas móveis em pontes rodoviárias ao longo dos anos foi evidentemente garantir a segurança das obras de arte especiais quando do seu projeto.

A avaliação do desempenho de obras de arte ao longo da sua vida útil é relevante não apenas para a validação dos modelos e metodologias de dimensionamento, mas também para a prevenção de situações de risco acrescido devido a efeitos de deterioração dos materiais. Cabe ressaltar, também, que a observação dos tabuleiros das pontes rodoviárias no Brasil revela, com frequência, situações de desgaste prematuro dos pavimentos e dos elementos estruturais (RIMOLA *et al.*, 2016).

Portanto, a averiguação continuada das OAEs, é de suma importância, principalmente, em relação ao normativo brasileiro atual a ser empregado nos projetos de novas pontes e viadutos frente ao atual cenário de composição de tráfego. É imprescindível verificar se há a necessidade de rever ou gerar modificações nos coeficientes de segurança ou introdução de novos. Verificando, acima de tudo, os impactos produzidos por esses aumentos do número de veículos pesados na vida útil à fadiga das OAEs, tanto na questão de segurança, como também na durabilidade do concreto.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Viadutos são obras de arte de necessidade urbana, para mobilidade e fluidez do local onde se é destinado, em sua grande maioria não está previsto na criação do plano diretor da cidade, ele nasce por necessidade pontual e futura, pois o comportamento transicional da população requer essas medidas.

O viaduto de estudo em questão foi um desses casos, localizado no centro comercial e a principal via de acesso à zona sul e ao setor agroindustrial da cidade de Anápolis - GO apresenta significativo fluxo de veículos pesados o que deixa o trânsito conseqüentemente mais lento em cruzamentos e intenso trânsito de veículos de passeio.

Como desafios analisados nota-se, a localização, sendo uma área de brejo paralelo a poucos metros do curso do Rio das Antas, que em parte é canalizado, sendo um projeto antigo e necessária de grande cautela para execução da fundação da estrutura, o grande vão a ser vencido, passando acima de duas vias, a solução estrutural encontrada foi a execução estaiada e protendida.

A construção, do viaduto Deocleciano Moreira Alves, foi uma obra de grande impacto urbano, e que fez parte de um processo para remodelar a mobilidade urbana, por parte da secretaria de trânsito e transporte de Anápolis. É até o momento maior construção viária urbana da cidade, chamando atenção pela sua esbeltez, e para profissionais da área um grande desafio diante das dificuldades impostas em sua construção.

Diante disso, a relevância que as OAEs têm para as dinâmicas sociais e econômicas de quaisquer países, juntamente com o aumento do número de veículos pesados nas rodovias brasileiras justificam este estudo.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Realizar a inspeção e avaliação das manifestações patológicas de um viaduto rodoviário de concreto armado, no que se refere a sua estrutura, acerca do que diz respeito a nova norma de inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto, a NBR 9452 (ABNT, 2019), por meio da realização de um estudo de caso.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar inspeções visuais;
- Mapear as patologias encontradas;
- Avaliar e determinar as condições da estrutura em estudo conforme os critérios da norma brasileira NBR 9452;

## 1.3 METODOLOGIA

Para a construção desse estudo acadêmico foi empregado o método de estudo de caso, que permitiu analisar a estrutura de uma OAE. Dessa forma, o início do estudo foi executado com a formação teórica sobre o tema, partindo-se por uma pesquisa bibliográfica e análise preliminar sobre o tema da pesquisa.

Foram explanadas algumas metodologias de análise para verificação do processo de inspeção e avaliação da estrutura de uma ponte/viaduto e buscou-se então os critérios de utilização dessas ferramentas de verificação na metodologia de análise. Por último foi feito o

estudo de caso com a aplicação da uma metodologia exposta e a análise das condições da estrutura.

Portanto, com base nos procedimentos existentes na literatura para inspeção, foi, então, desenvolvida uma análise acerca da estrutura do Viaduto Av. Brasil/Av. Goiás.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Na introdução faz-se uma abordagem prévia do assunto, na qual se contextualiza o tema aqui discutido, abordando os principais aspectos. A seguir, são apresentados os motivos que justificam a realização deste trabalho, os quais são sucedidos pelos objetivos gerais e específicos do trabalho.

No capítulo 2, faz-se uma explanação sobre os fundamentos teóricos acerca das características de pontes e viadutos. Discorre sobre as ações atuantes nessas estruturas, os tipos de veículos de carga que trafegam nas rodovias brasileiras. Depois, é exposto acerca das manifestações patológicas. E por último, é apresentado sobre as inspeções de Obras de Arte Especiais, dando ênfase na NBR 9452 (ABNT, 2019).

No terceiro capítulo é descrito como foi feito o estudo de caso. Apresenta o objeto de estudo, suas manifestações patológicas e sua classificação segundo as normas de inspeção e também faz uma breve comparação entre as normas.

O quarto e último capítulo discorre sobre as considerações finais e temáticas a serem abordadas em trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

Obras de arte especiais são estruturas que têm a finalidade de transpor obstáculos, tais como avenidas, vales, rios, entre outros. Quando construídas sobre cursos d'água, são denominadas pontes; sobre avenidas ou vales secos, viadutos (ARAÚJO, 2014).

As pontes têm como função “a transposição de obstáculos à continuidade do leito normal da via”, tais como cursos de água; já viadutos “têm por objetivo a transposição de vales e outras vias” (PFEIL, 1983, p. 1).

Marchetti (2018), define pontes a obra destinada a permitir a transposição de obstáculos à continuidade de uma via de comunicação qualquer, sendo esses obstáculos podendo ser: rios, braços de mar, vales profundos.

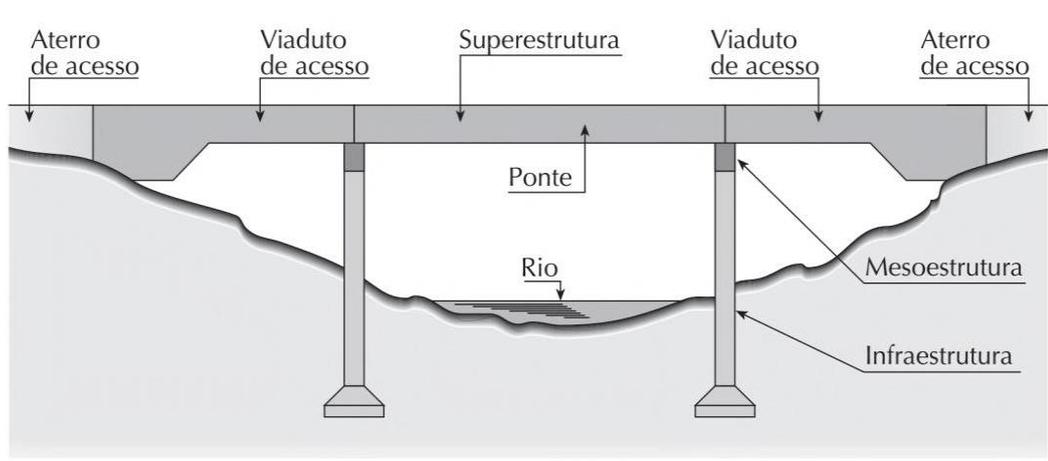
Marchetti (2018), ainda denomina ponte quando o obstáculo transposto é um rio e viaduto quando o obstáculo transposto é um vale ou outra via. Quando se tem um curso d'água de grandes dimensões, a ponte necessita de uma parte extensa antes de atravessar o curso d'água, essa parte em seco é denominada de viaduto de acesso.

Essas construções são elementos chaves nos sistemas de transporte, por isso, o balanço deve ser encontrado entre a capacidade de suportar o volume de tráfego futuro, as cargas e os custos de estruturas mais pesadas e maiores. Conseqüentemente, essas estruturas estão submetidas às ações externas provenientes de cargas móveis de veículos, forças devido ao vento e/ou ações das águas que incidem nas mesoestruturas e infraestruturas, variações de temperatura, retração e fluência.

#### 2.1.1 Elementos constituintes de pontes

De acordo com Marchetti (2018), o estudo de pontes sob o ponto de vista funcional é dividido em três partes: infraestrutura, parte da ponte constituída por elementos que se destinam a apoiar no terreno (rocha ou solo); mesoestrutura, parte da ponte constituída pelos pilares, é o elemento que recebe os esforços da superestrutura e os transmite à infraestrutura; e a superestrutura, constituída de vigas e lajes, é o elemento de suporte do estrado por onde se trafega, sendo assim, a parte útil da obra, conforme Figura 1.

**Figura 1 - Elementos constituintes de uma ponte**



FONTE: MARCHETTI, 2018.

#### 2.1.1.1 Superestrutura

Segundo Silveira (2002), superestrutura é a parte da ponte composta, geralmente, de lajes e vigas principais e secundárias, sendo o elemento de suporte imediato do estrado, sob o ponto de vista da sua finalidade.

##### 2.1.1.1.1 Barreiras, Guarda-corpo e guarda-rodas

Barreiras são elementos de segurança presente nas extremidades das pistas nas OAEs. Nesse sentido, o guarda-corpo é o elemento de proteção aos pedestres e o guarda-rodas é o elemento destinado a impedir a invasão dos passeios pelos veículos da pista de rolamento.

#### 2.1.1.2 Mesoestrutura

É a parte da ponte que recebe os esforços da superestrutura e os transmite à infraestrutura, em conjunto com os esforços recebidos diretamente de outras forças solicitantes da ponte, tais como pressões do vento e da água em movimento (SILVEIRA, 2002).

##### 2.1.1.2.1 Aparelhos de apoio

São elementos conectivos de vínculos, com a função de ligar a superestrutura à mesoestrutura. Permitem a localização das reações, podendo ser fixos ou móveis, não transmitindo os esforços de momento fletor para os pilares.

#### 2.1.1.2.2 Encontros

Os encontros são suportes de extremidades que ficam na transição da ponte com o aterro de via, tem a função de resistir os esforços da superestrutura, os provenientes dos empuxos e supressões do solo e da ligação da obra com a estrada.

#### 2.1.1.3 Infraestrutura

Para Silveira (2002), é a parte da ponte por meio da qual são transmitidos ao terreno de implantação da obra (rocha ou solo) os esforços recebidos da mesoestrutura. É constituída pelos blocos, sapatas, estacas e tubulões.

### 2.1.2 Classificação das pontes

Os métodos empregados para analisar e classificar as pontes variam de acordo com diversos fatores, conforme Quadro 1.

**Quadro 1 - Classificação das pontes**

<b>Critério de classificação</b>	<b>Tipos</b>
<b>Natureza do tráfego</b>	rodoviárias, para pedestres, ferroviárias, canal, aquedutos, aeroviárias, mistas
<b>Sistema estrutural da superestrutura</b>	em vigas, em pórticos, em arcos, pênséis, atirantadas
<b>Material da superestrutura</b>	madeira, alvenaria, concreto armado, concreto protendido, aço
<b>Mobilidade dos tramos</b>	basculante de pequeno vão, levadiça, corrediça, giratória
<b>Tipo construtivo</b>	<i>in loco</i> , pré-moldada, em balanços sucessivos, em aduelas ou segmentos

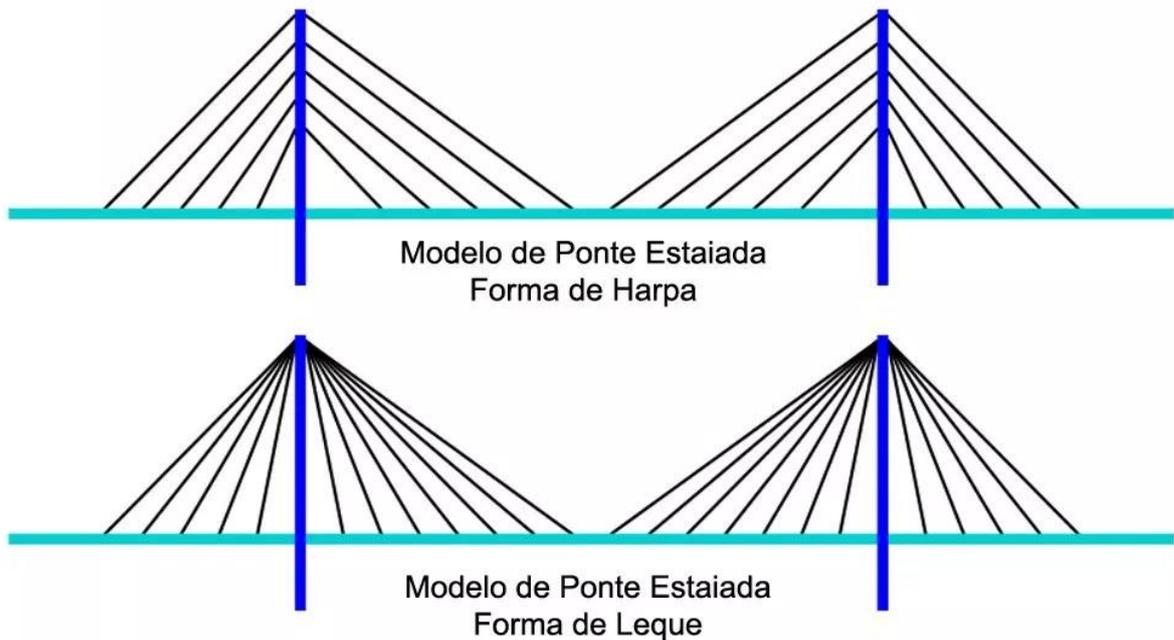
FONTE: MARCHETTI, 2018.

As pontes atirantadas, ou estaiadas, conforme Figura 2, são as utilizadas neste trabalho e se caracterizam por ser, atualmente, a principal solução para vencer grandes vãos, preferencialmente acima de 150 ou 200 metros. Esse tipo de estrutura, é constituída de quatro elementos principais: os estais, os mastros, o tabuleiro e a fundação, todos fazem parte de um sistema integrado.

As pontes estaiadas são constituídas, basicamente, de um ou mais mastros, hastes de sustentação, tabuleiros e fundações. Explicando melhor, é um tipo de ponte sustentada por cabos, geralmente de aço, que partem de grandes pilares e vão até a uma base suspensa. Há dois tipos de direção para o qual os estais seguem: de “harpa”, onde saem paralelos a partir do mastro, de modo que a altura do ponto de fixação do cabo no mastro é proporcional à distância do ponto de fixação do mesmo no tabuleiro, na base; e de “leque”, onde partem todos, juntos, do topo do mastro (LUCENA, 2018).

O aprimoramento da engenharia em pontes fez com que grandes estruturas ficassem cada vez mais esbeltas e flexíveis.

**Figura 2 - Ponte estaiada**



FONTE: LUCENA, 2018

### 2.1.3 Ações atuantes em obras de arte especiais

Para a análise da resistência e da estabilidade das OAEs é necessário conhecer todas as forças que atuam ou poderão ser aplicadas na estrutura, determinar as reações destas forças e verificar se o equilíbrio está estável e determinar se as tensões solicitantes são admissíveis

para o material que constitui a peça. Isso tudo para que pontes e viadutos apresentem funcionamento e desempenho estrutural satisfatório ao longo de suas vidas úteis de projetos, apresentando condições mínimas de segurança, funcionalidade e durabilidade.

Como as pontes e os viadutos são um tipo particular de estrutura, a consideração das ações e da segurança deve ser feita em conformidade com as diretrizes. Segundo a NBR 8681 (ABNT, 2003a), ações são as causas que provocam o aparecimento de esforços ou deformações nas estruturas. Classificam-se, segundo a referida norma, em:

- Ações permanentes: diretas e indiretas
- Ações variáveis: normais e especiais
- Ações excepcionais

Para a NBR 7187 (ABNT, 2003b), ações permanentes são aquelas:

cujas intensidades podem ser consideradas como constantes ao longo da vida útil da construção. Também são consideradas permanentes as que crescem no tempo, tendendo a um valor limite constante. As ações permanentes compreendem, entre outras:

- a) as cargas provenientes do peso próprio dos elementos estruturais;
- b) as cargas provenientes do peso da pavimentação, dos trilhos, dos dormentes, dos lastros, dos revestimentos, das barreiras, dos guarda-rodas, dos guarda-corpos e de dispositivos de sinalização;
- c) os empuxos de terra e de líquidos;
- d) as forças de protensão;
- e) as deformações impostas, isto é, provocadas por fluência e retração do concreto, por variações de temperatura e por deslocamentos de apoios.

No que lhe concerne, as ações variáveis em pontes, segundo a NBR 7187 (ABNT, 2003b) são:

ações de caráter transitório que compreendem, entre outras:

- a) as cargas móveis;
- b) as cargas de construção;
- c) as cargas de vento;
- d) o empuxo de terra provocado por cargas móveis;
- e) a pressão da água em movimento;
- f) o efeito dinâmico do movimento das águas;
- g) as variações de temperatura.

Por sua vez, as ações excepcionais, de acordo com a NBR 7187 (ABNT, 2003b) são aquelas cuja ocorrência se dá em circunstâncias anormais. Compreendem os choques de objetos móveis, as explosões, os fenômenos naturais pouco frequentes, como ventos ou enchentes catastróficos e sismos, entre outros.

### 2.1.4 Veículos de carga nas rodovias brasileiras

As grandes metrópoles brasileiras, assim como muitas cidades de países em desenvolvimento, foram adaptadas nas últimas décadas para o uso eficiente dos veículos. O sistema viário foi ajustado e ampliado, e foram criados órgãos governamentais responsáveis pela garantia de boas condições de fluidez. Juntamente com essa ambientação da heterogeneidade e o crescimento do tráfego, houve uma expansão no interesse de engenheiros em relação a determinação do trem-tipo mais apropriado para o dimensionamento de OAE.

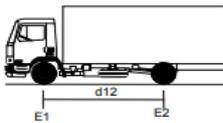
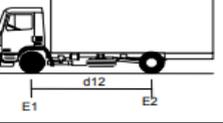
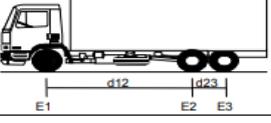
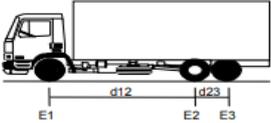
Com isso, o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), órgão máximo no sistema nacional de trânsito, estabeleceu limites legais para dimensões, Peso Bruto Total (PBT) e peso por eixo para todos os veículos de cargas terrestres, em virtude de haver diversos aspectos a serem considerados no que diz respeito aos veículos que trafegam nas rodovias, conforme a categoria dos estudos em análise e de sua finalidade.

As dimensões autorizadas para veículos, com ou sem carga, são as estabelecidas no art. 1º da Resolução nº 210/06 do CONTRAN, ou sejam:

- Art. 1º As dimensões autorizadas para veículos, com ou sem carga, são as seguintes:
- I - largura máxima: 2,60m;
  - II - altura máxima: 4,40m;
  - III - comprimento total:
    - a) veículos não-articulados: máximo de 14,00 metros;
    - b) veículos não-articulados de transporte coletivo urbano de passageiros que possuam 3º eixo de apoio direcional: máximo de 15 metros;
    - b1) veículos não articulados de característica rodoviária para o transporte coletivo de passageiros, na configuração de chassi 8X2: máximo de 15 metros; (Item acrescentado pela Resolução CONTRAN Nº 628 DE 30/11/2016).
    - c) veículos articulados de transporte coletivo de passageiros: máximo 18,60 metros;
    - d) veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão-trator e semirreboque: máximo de 18,60 metros;
    - e) veículos articulados com duas unidades do tipo caminhão ou ônibus e reboque: máximo de 19,80;
    - f) veículos articulados com mais de duas unidades: máximo de 19,80 metros.
- § 1º Os limites para o comprimento do balanço traseiro de veículos de transporte de passageiros e de cargas são os seguintes:
- I - nos veículos não-articulados de transporte de carga, até 60% (sessenta por cento) da distância entre os dois eixos, não podendo exceder a 3,50m (três metros e cinquenta centímetros);
  - II - nos veículos não-articulados de transporte de passageiros:
    - a) com motor traseiro: até 62% (sessenta e dois por cento) da distância entre eixos;
    - b) com motor central: até 66% (sessenta e seis por cento) da distância entre eixos;
    - c) com motor dianteiro: até 71% (setenta e um por cento) da distância entre eixos.
- § 2º A distância entre eixos, prevista no parágrafo anterior, será medida de centro a centro das rodas dos eixos dos extremos do veículo.
- § 3º O balanço dianteiro dos semirreboques deve obedecer a NBR NM ISO 1726.
- § 4º Não é permitido o registro e licenciamento de veículos, cujas dimensões excedam às fixadas neste artigo, salvo nova configuração regulamentada pelo CONTRAN.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), apresenta a tabela com as silhuetas de todos os veículos (Figura 3), e combinações de veículos existentes, com seus respectivos limites de peso. Para obter o limite de cada veículo específico é necessário efetuar uma comparação entre o limite legal e o limite estabelecido pelo fabricante (prevalecendo o menor valor).

**Figura 3 - Silhuetas de alguns veículos e limites legais de peso**

SILHUETA	GRUPO/ Nº EIXOS	PBT ou PBTC / (5%)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
	2 / 2	12 / (12,6)	<b>CAMINHÃO</b> E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. $d12 \leq 3,50$ m	2CC	120
	2 / 2	16 / (16,8)	<b>CAMINHÃO</b> E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12 > 3,50$ m	2C	65
	2 / 3	23 / (24,15)	<b>CAMINHÃO TRUCADO</b> E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23 \leq 2,40$ m	3C	67
	2 / 3	19,5 / (20,475)	<b>CAMINHÃO TRUCADO COM EIXO TRASEIRO MISTO</b> E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23 \leq 2,40$ m	3CD	103

FONTE: DNIT, 2012

### 2.1.5 Norma brasileira de pontes

No Brasil, há duas Normas em vigor atualmente que tratam especificamente do dimensionamento de OAEs: ABNT NBR 7188:2013, “Carga Móvel Rodoviária e de Pedestres em Pontes, Viadutos, Passarelas e outras estruturas”; e a ABNT NBR 7187:2003, “Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento”.

A NBR 7188 define os valores característicos básicos das cargas móveis rodoviárias de veículos sobre pneus e ações de pedestres, em projeto de pontes, viadutos, galerias, passarelas e edifícios garagem (ABNT, 2013).

Essa norma, apresenta a carga móvel a ser empregada para o dimensionamento de pontes rodoviárias e passarelas de pedestres. A norma brasileira divide as pontes rodoviárias em duas classes, denominadas segundo o peso total do trem-tipo a ser utilizado, em toneladas:

classe 450 e classe 240. Para pontes que recebem frequentemente o tráfego de veículos pesados, como o caso daquelas localizadas em rodovias brasileiras, o dimensionamento deve ser feito considerando-se o trem-tipo de 450 kN de peso total, também conhecido como TB-45. Para estradas vicinais municipais de uma faixa e obras particulares deve ser considerado um veículo tipo de 240 kN.

Já a NBR 7187 fixa os requisitos que devem ser obedecidos no projeto, na execução e no controle das pontes de concreto armado e de concreto protendido, excluídas aquelas em que se empregam concreto leve ou outros concretos especiais (ABNT, 2003b).

Para a averiguação dessas estruturas tem-se a ABNT NBR 9452:2019, “Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento”. Esta norma, especifica os requisitos exigíveis nas realizações de inspeções em pontes, viadutos e passarelas de concreto e na apresentação dos resultados destas inspeções.

### **2.1.6 As obras de arte especiais no Brasil**

As principais pontes do Brasil, foram feitas de pedra, construídas entre 1700 e 1850. Entretanto, anteriormente, as pontes eram construídas quase sempre de madeira extraída de florestas locais. E incrivelmente, ainda é possível encontrar pontes de madeira, principalmente, em maior número nas cidades do interior. Utilizadas para a passagem de carros ou até veículos mais pesados. E, foi justamente com a madeira que teve início a história das pontes no Brasil.

Segundo Online (2019), depois de 1850, com o surto da Revolução Industrial, passou-se a usar o ferro na construção. As pontes eram então encomendadas no estrangeiro (Inglaterra, Alemanha, Bélgica e Estados Unidos) e montadas no Brasil.

A construção de pontes e viadutos no Brasil apresenta um rico histórico, sendo que a engenharia nacional já conquistou importantes recordes internacionais nesta modalidade de obra. A engenharia brasileira conseguiu atingir posição de vanguarda neste tipo de obra, sobretudo nas pontes de concreto protendido. Novas obras de infraestrutura estão sendo planejadas e executadas em todo o território nacional, consolidando ainda mais o Brasil como referência neste cenário (MAZARIM, 2011).

## **2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**

Arivabene (2015), afirma que o termo “patologia”, que é um dos fundamentos desta pesquisa, é derivado do grego (*pathos* – doença, e *logia* – ciência, estudo) e significa “estudo da doença”. Na construção civil pode-se atribuir patologia aos estudos dos danos ocorridos em edificações. Essas patologias podem se manifestar de diversas formas: trincas, fissuras,

rachaduras, entre outras. Por ser encontrada em diversos aspectos, recebe o nome de manifestações patológicas.

As patologias no concreto podem ser adquiridas ao longo da vida da estrutura, devido à ação direta ou indireta de agentes externos, ou podem ser congênitas, quando surgem durante o processo de construção da estrutura.

### **2.2.1 Origem das manifestações patológicas**

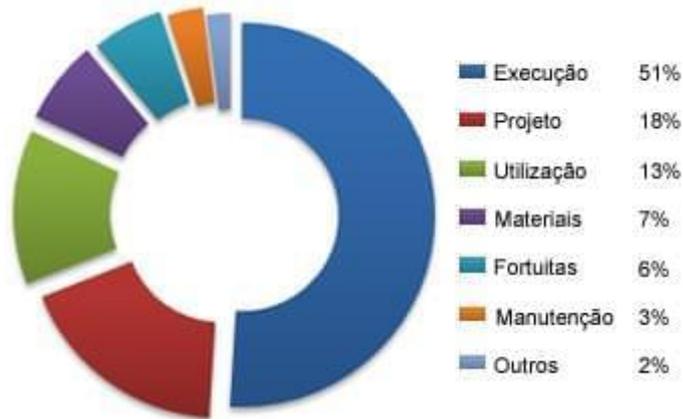
As manifestações patológicas possuem diversas origens, desde o projeto – mau dimensionamento estrutural, materiais ou modelos de análise impróprios - até a execução da obra – materiais e mão de obra de baixa qualidade e negligência na execução, como também pode ser de origem humana, da estrutura química dos materiais, ou ainda, de ações externas ambientais. Para um melhor entendimento, essas causas podem ser divididas em causas intrínsecas e causas extrínsecas.

Souza e Ripper (1998) classificam causas intrínsecas como aquelas em que os processos de deterioração das estruturas são inerentes a elas mesmas, ou seja, as que se originam dos materiais e das peças estruturais, durante as fases de execução ou utilização, por falhas humanas, por questões próprias ao material concreto e por ações externas, inclusive acidentes.

Já as causas extrínsecas se classificam para Souza e Ripper (1988) como sendo aquelas que ocorrem independentemente da estrutura em si, assim como da composição dos materiais como concreto e aço e de erros de execução. De maneira geral podem ser entendidas como os fatores que atacam a estrutura de fora para dentro durante a concepção e vida útil da estrutura.

Desse modo, a origem de uma patologia está relacionada com a etapa da vida da estrutura em que foi criada, ou seja, a predisposição para que os agentes desencadeiam seu processo de formação.

Piancastelli (2020), diz que no Brasil, as principais causas das patologias estão relacionadas à execução. A segunda maior causa são os projetos que pecam por má avaliação de cargas; erros no modelo estrutural; erros na definição da rigidez dos elementos estruturais; falta de drenagem; ausência de impermeabilização; e deficiências no detalhamento das armaduras, conforme mostra a Figura 4.

**Figura 4 - Incidências de Patologias no Brasil**

FONTE: PIANCASTELLI, 2020.

Em consequência da singularidade estrutural das OAEs, essas estruturas estão mais suscetíveis à ocorrência de patologias características nessas construções. Propensa a tendência natural de deterioração, a carência de um processo eficiente de manutenção e inspeção, faz com que o processo de ocorrências patológicas se acelere.

Consequentemente, a exposição destas patologias e a especificação de suas manifestações são extremamente relevantes para o processo global de avaliação e inspeção das mesmas.

## 2.2.2 Patologias causadas por agentes mecânicos

As estruturas de concreto estão sujeitas às solicitações mecânicas devido a choques e impactos, recalques diferenciais das fundações e acidentes imprevisíveis, como inundações e abalos sísmicos. Esses agentes mecânicos, comprometem a capacidade resistente da estrutura, além de facilitar a entrada de agentes agressivos na parte danificada exposta.

### 2.2.2.1 Fissuração

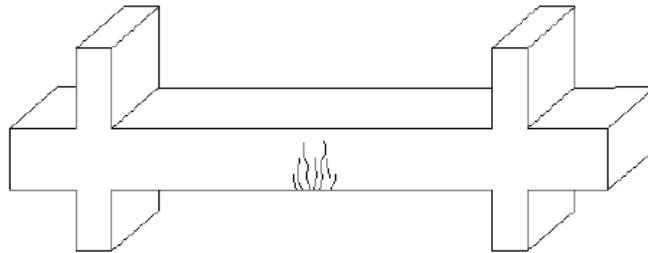
As fissuras são consideradas uma das manifestações patológicas mais comuns nas estruturas de concreto. As causas podem ser descobertas de acordo com a posição, a abertura, a trajetória e o espaçamento das fissuras.

A ocorrência de fissuras é um fenômeno bastante comum nas pontes de concreto armado em todo mundo. Sua origem está relacionada a uma distribuição irregular de tensões no interior da estrutura, embora também possa ser originada a partir da

decomposição ou desagregação do concreto. O processo de fissuração pode levar a graves eventos de desestabilização estrutural, cujas consequências são inestimáveis (LOURENÇO *et al.*, 2009).

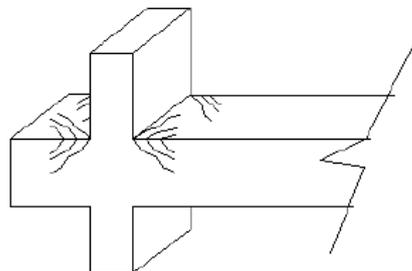
Existe vários tipos de fissuras, dependendo do tipo de esforço na qual a estrutura é submetida. As Figuras 5 e 6 ilustram as fissurações por flexão submetidas a momentos positivo e negativo.

**Figura 5 - Fissura por flexão diante de momento positivo**



FONTE: MASCARENHAS *et al.*, 2019.

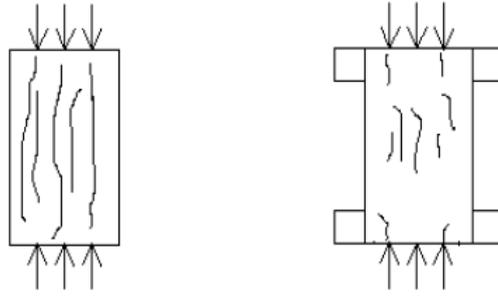
**Figura 6 - Fissura por flexão diante de momento negativo**



FONTE: MASCARENHAS *et al.*, 2019.

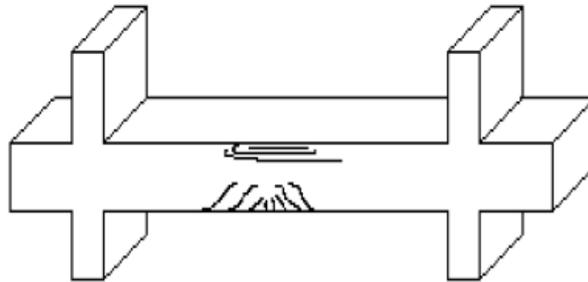
As fissuras por esmagamento sem e com confinamento, podem ser vistas na Figura 7, pode-se observar que as fissuras com confinamento tendem a ser menores e mais espaçadas, enquanto as fissuras sem o confinamento tendem a ser alongadas. Na Figura 8, tem-se um exemplo de fissuração por flexocompressão.

**Figura 7 - Fissuras por esmagamento sem e com confinamento**



FONTE: MASCARENHAS *et al.*, 2019.

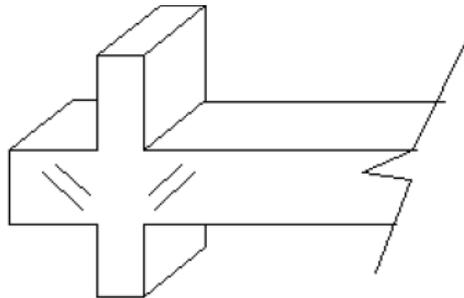
**Figura 8 - Fissura por flexocompressão**



FONTE: MASCARENHAS *et al.*, 2019.

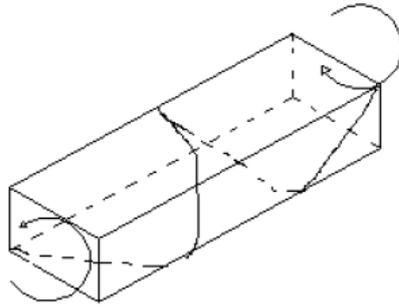
As estruturas de concreto submetidas a esforços de cisalhamento, geralmente, apresentam fissuras em sentido diagonal (Figura 9). Já as fissuras por torção, abrangem toda a estrutura da peça submetida a tal força, como exemplificado na Figura 10.

**Figura 9 - Fissuração por cisalhamento**



FONTE: MASCARENHAS *et al.*, 2019.

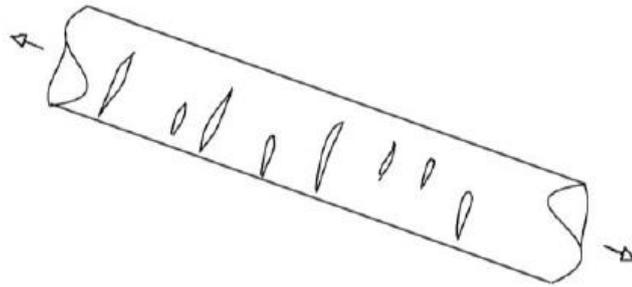
**Figura 10 - Fissuração por torção**



FONTE: MASCARENHAS *et al.*, 2019.

Mascarenhas *et al.* (2019), fala que estruturas de concreto armado, como lajes e vigas, apresentam fissuras com aberturas maiores quando sujeitas a tração do que aquelas oriundas dos outros esforços como pode ser observado na Figura 11.

**Figura 11 - Fissuras por tração**



FONTE: MASCARENHAS *et al.*, 2019.

#### 2.2.2.2 Recalques diferenciais de fundação

Recalque é o deslocamento vertical para baixo que a base da fundação sofre em relação à nível do terreno. Esse deslocamento é resultante da deformação do solo proveniente da aplicação de cargas ou devido ao peso próprio das camadas sobre a qual se apoia o elemento da fundação e a característica resistente do solo (OLIVEIRA, 2012 *apud* ROCHA; OLIVEIRA, 2017).

Toda edificação está sujeita a esses deslocamentos verticais, isso ocorre até que haja um equilíbrio entre o carregamento aplicado e o solo no qual o mesmo está sendo aplicado. Quando ocorre um recalque diferencial, normalmente, uma parte da fundação está em um solo com uma capacidade de carga diferente do restante, com isso, pode vir a acontecer o aparecimento de trincas e fissuras.

Rocha e Oliveira (2017), alega que este tipo de recalque pode ocorrer em todos os tipos de fundação, sejam elas isoladas (pilares, estacas, tubulões) ou contínuas (sapatas corridas, radier, etc.). No caso das OAEs, esta ocorrência pode se dar na fundação de um dos pilares da estrutura ou em um dos lados como um todo e gerar, devido a isso, fissuras nas vigas e estruturas superiores ligadas a esses pilares.

### 2.2.3 Patologias causadas por agentes químicos

Os agentes químicos, agem na vida útil da estrutura. A grande quantidade de gases liberados nas reações de combustão é o principal causador das degradações por esse meio. As chuvas ácidas também contribuem significativamente para o desgaste às estruturas de concreto e suas armaduras, pois, ela contém produtos químicos e esgotos que são prejudiciais.

#### 2.2.3.1 Corrosão

Uma das principais manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado, a corrosão dos aços é um mecanismo que, geralmente, por ação química, provoca a desagregação do concreto, trazendo grandes danos e prejuízos para as estruturas.

Lourenço *et al.* (2009), declara que no caso das OAEs, alguns fatores assumem um papel especial na determinação da ocorrência e na intensidade da corrosão, como o ambiente em que a estrutura se encontra, os agentes agressivos presentes no meio e a capacidade de resistência da estrutura.

- *Ambiente:* a composição física, química e biológica do ambiente pode constituir um diferencial na existência de patologias em uma estrutura, visto que as propriedades ambientais são conferidas a partir destes componentes.
- *Agentes agressivos:* dentre os agentes agressivos atuantes nas estruturas das pontes e viadutos tem-se os resultantes de ações ambientais ou atmosféricas, outros por agressões biológicas e aquelas agressões oriundas de vícios construtivos ou da má utilização. Em alguns casos, os agentes agressivos são confundidos com os componentes ambientais. No entanto, é importante salientar que nem todos os componentes ambientais contribuem para a agressividade do meio, porém, de certa forma, podem interferir na evolução da patologia.
- *Capacidade de resistência:* a capacidade de resistência à corrosão e a outras patologias é função direta do design da obra-de-arte especial e também dos materiais empregados em sua construção. Cada estrutura apresenta uma capacidade de resistência intrínseca, que decai ao longo do tempo, mas que pode ser restabelecida ou aumentada em processos de reabilitação (LOURENÇO *et al.*, 2009).

Para Sartorti (2008), a corrosão da armadura de uma estrutura de concreto é altamente verificada nas estruturas. Ambientes agressivos, porosidade elevada, alta capilaridade,

deficiência no cobrimento, materiais de construção com problemas e fissuração acentuada, são os fatores preponderantes na influência da criação de um estado de corrosão da armadura.

#### 2.2.3.2 Ataques de sulfato e ações de cloretos

Os sulfatos podem ser encontrados no solo, na água do mar e no concreto, sendo mais comuns os sulfatos de sódio, de cálcio e de magnésio (MASCARENHAS *et al.*, 2019). Todos estes sulfatos são prejudiciais ao concreto quando reagem com a pasta de cimento hidratada, pois esta sofre uma desintegração.

De acordo com Lourenço *et al.* (2009), na ação de cloretos, os íons cloreto apresentam a capacidade de romper a camada de óxido que protege as armaduras em estruturas de concreto, ao mesmo tempo em que facilitam a dissolução do cimento.

Sendo assim, os ataques por cloretos expõem a armadura a vários mecanismos de deterioração que, na maior parte dos casos, são processos puramente químicos.

#### 2.2.3.3 Carbonatação

Segundo Souza e Ripper (1998), o concreto é um material que, logo após sua produção, apresenta um teor altamente alcalino, resultante principalmente pela grande presença de hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), proveniente das reações de hidratação do cimento.

Conforme Lourenço *et al.* (2009), a carbonatação consiste na diminuição da alcalinidade do cimento, em função da reação do hidróxido de cálcio com compostos do meio, produzindo principalmente sais de cálcio. Esse processo se mostra altamente prejudicial às estruturas de concreto, pois determina uma fragilidade no cimento e também expõe as armaduras ao contato com o meio.

O concreto é um material que, logo, após sua produção, exibe um teor altamente alcalino, resultante principalmente pela grande presença de hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), proveniente das reações de hidratação do cimento. Portanto, ainda, de acordo com Souza e Ripper (1998), é importante ressaltar que a carbonatação ocorre no concreto, mas seu principal problema se dá nas armaduras. A presença do carbonato de cálcio no concreto por si só não seria prejudicial, pelo contrário, inclusive aumentaria sua resistência mecânica.

#### 2.2.3.4 Lixiviação

A lixiviação é uma manifestação patológica que ocorre com frequência nas estruturas de concreto, podendo ser definida por um processo químico de remoção de compostos hidratados da pasta de cimento que reduz o pH do concreto.

Sartorti (2008), define lixiviação como sendo a dissolução e o arrasto do hidróxido de cálcio,  $Ca(OH)_2$ , e outros compostos e hidratados, com a formação de estalactites e estalagmites na superfície do concreto atacado. O hidróxido de cálcio possui a função, conjuntamente com outras substâncias, de promover a coesão do concreto.

Souza e Ripper (1998) afirmam que a lixiviação se dá pelo fato de a remoção de material aumentar a porosidade do concreto e, com isso, facilitar ainda mais a entrada de água e gases nocivos no interior do elemento estrutural, abrindo caminho e facilitando o processo de carbonatação.

À vista disso, a alta concentração de dióxido de carbono e hidróxido de cálcio ao redor das OAEs exerce um fator crucial para o estudo da carbonatação como uma patologia presente nas estruturas de concreto.

## **2.2.4 Patologias causadas por agentes biológicos**

Os agentes biológicos compreendem em microrganismos encontrados no material, como por exemplo, raízes de vegetações e briófitas. O concreto em contato com águas residuais, mares ou lagos, e a conseqüente atividade metabólica de fungos e bactérias geram o principal tipo de patologia por meio biológico, a biodegradação do concreto.

### **2.2.4.1 Biodegradação do concreto**

A biodegradação do concreto acontece pelo fato dos microrganismos, fungos e bactérias, dissolverem os componentes do cimento.

O concreto é um material biorreceptivo, devido às condições de rugosidade, porosidade, umidade e composição química, as quais podem ser combinadas com as condições ambientais, como temperatura, umidade e luminosidade, agentes provedores da biodegradação do concreto (AGUIAR, 2006 *apud* MASCARENHAS *et al.*, 2019).

A alta porosidade do concreto, fissuras, trincas e fendas contribuem para a entrada de raízes de plantas e até mesmo algas que se instalam e geram compostos nocivos ao concreto.

## 2.3 INSPEÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

As pontes e viadutos estão constantemente expostos a mecanismos de deterioração, por isso, essas estruturas exigem cuidados a serem adotados a fim de preservar sua funcionalidade e aumentar sua vida útil. Entretanto, nem sempre, o processo de manutenção é adequado ou suficiente para evitar a ocorrência de disfunções patológicas nas estruturas de OAEs. Por esse motivo, é aconselhável a realizações de inspeções periódicas com o propósito de se ter um acompanhamento de cada obra.

Segundo a NBR 9452 (ABNT, 2019), inspeção de estruturas de concreto é 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.

Os serviços de inspeções em obras de arte especiais são procedimentos fundamentais na verificação das condições de conservação em que se encontram essas estruturas e dão suporte ao planejamento dos trabalhos de manutenção. Ademais, cabe destacar a importância das condições de acesso aos locais a serem inspecionados, porque em muitas dessas estruturas os acessos são ausentes ou inadequados, em especial nos locais que apresentam grande incidência de manifestações patológicas.

À vista disso, as inspeções e manutenções em pontes e viadutos são tarefas destinadas a preservação do patrimônio e prolongamento vida útil, tensionando manter e prolongar os aspectos estruturais e funcionais das obras.

### 2.3.1 Tipos de inspeção

A NBR 9452 (ABNT, 2019), considera quatro tipos de inspeção: cadastral, rotineira, especial e extraordinária. Já a Norma 010 (DNIT, 2004), apresenta mais um tipo de inspeção, a intermediária.

#### 2.3.1.1 Inspeção Cadastral

Segundo a NBR 9452 (ABNT, 2019), esta é a primeira inspeção realizada na obra e deve ser efetuada imediatamente após sua conclusão, instalação ou assim que se integrar a um sistema de monitoramento e acompanhamento viário. E refere-se a uma vistoria de referência, onde são anotados os elementos principais relacionados à segurança e durabilidade da obra.

A Norma 010 (DNIT, 2004), a descreve como uma inspeção fartamente documentada que servirá de referência para todas as inspeções posteriores: devendo ser minuciosa e realizada por uma equipe comandada por um inspetor

Ambas as normas citadas acima determinam que a inspeção cadastral deve conter o registro de vistoria, registro fotográfico, classificação da OAE, documentos e informes construtivos e anotações adicionais.

#### 2.3.1.2 Inspeção Rotineira

Para a Norma 010 (DNIT, 2004), as inspeções rotineiras são programadas, geralmente, com intervalos de um a dois anos, sendo destinada a coletar observações e/ou medições para identificar qualquer anomalia em desenvolvimento ou qualquer alteração em relação à inspeção cadastral ou rotineira anterior. Em divergência, a NBR 9452 (ABNT, 2019), afirma que as inspeções rotineiras devem ser feitas de forma periódica, mas em um prazo não superior a um ano.

As inspeções rotineiras são visuais, podendo fazer uso ou não de equipamentos e/ou recursos especiais para análise ou acesso, verificando visualmente a evolução de falhas, defeitos e ocorrências, como reparos, reforços e recuperações. Nessa inspeção são necessários um registro fotográfico e o preenchimento da ficha de inspeção rotineira.

#### 2.3.1.3 Inspeção Especial

Inspeção visual pormenorizada realizada por engenheiro especialista, com a finalidade de interpretar e avaliar ocorrências danosas detectadas pela vistoria rotineira. Em conformidade com a NBR 9452 (ABNT, 2019) e a Norma 010 (DNIT, 2004), a inspeção especial deverá ser realizada em períodos máximos de cinco anos em todas as pontes consideradas excepcionais, pelo seu porte, sistema estrutural ou pelo seu comportamento problemático.

As Inspeções Especiais devem ser realizadas quando:

- a) a Inspeção Cadastral ou a Inspeção Rotineira revelar defeitos graves ou críticos na estrutura da obra;
- b) em pontes que se distinguem por seu vulto ou complexidade, em intervalos regulares e não superiores a cinco anos e em substituição às Inspeções Rotineiras;
- c) em ocasiões especiais, como antes e durante a passagem de cargas excepcionais (DNIT, 2004).

#### 2.3.1.4 Inspeção Extraordinária

É uma inspeção não programada que segundo a Norma 010 (DNIT, 2004), deve ser efetuada quando ocorrem danos estruturais repentinos, provocados pelo homem ou pelo meio ambiente.

A NBR 9452 (ABNT, 2019), menciona algumas demandas associadas ou não a necessidade de uma inspeção extraordinária:

- a) Necessidade de avaliar com mais critério um elemento ou parte da OAE, podendo ou não ser gerada por inspeção anterior;
- b) Ocorrência de impacto de veículo, trem ou embarcação na obra;
- c) Ocorrência de eventos da natureza, como inundação, vendaval, sismo e outros.

#### 2.3.1.5 Inspeção Intermediária

Para a Norma 010 (DNIT, 2004), a inspeção intermediária é recomendada para monitorar uma anormalidade 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, entre outras deficiências. Deve conter descrição detalhada da deficiência e de sua eventual evolução, bem como as providências necessárias.

### 2.3.2 Método da Norma 010 (DNIT, 2004)

Segundo a Norma 010 (DNIT, 2004), a inspeção de uma ponte deve ser conduzida de forma sistemática e organizada, de modo a garantir que todo elemento estrutural seja inspecionado.

A norma apresenta doze campos de observações que as inspeções devem incluir, mas não, necessariamente, ficar limitadas a elas:

- |                                   |                                      |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| a) Geometria e condições viárias; | g) Superestrutura;                   |
| b) Acessos;                       | h) Pista de rolamento;               |
| c) Cursos d'água;                 | i) Juntas de dilatação;              |
| d) Encontros e fundações;         | j) Barreiras e guarda-corpos;        |
| e) Apoios intermediários;         | k) Sinalização;                      |
| f) Aparelhos de apoio;            | l) Instalações de utilidade pública. |

Contudo, para uma melhor facilidade na avaliação, a norma divide em cinco áreas principais: laje, vigamento principal, mesoestrutura, infraestrutura e pista. Dessa forma, os itens avaliados dentro de cada área compõem a nota final do elemento.

Para a atribuição da nota a norma sugere uma variável de 1 a 5, a qual refletirá a maior ou a menor gravidade dos problemas existentes no elemento. O Quadro 2 mostra a correlação das notas com a categoria dos problemas detectados no elemento.

**Quadro 2 - Instruções para atribuição de notas de avaliação**

<b>NOTA</b>	<b>DANOS NO ELEMENTO</b>	<b>AÇÃO CORRETIVA</b>	<b>CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE</b>
<b>5</b>	Não há danos nem insuficiência estrutural.	Nada a fazer	Boa	Obra sem problemas
<b>4</b>	Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural.	Nada a fazer; apenas serviços de manutenção.	Boa	Obra sem problemas importantes
<b>3</b>	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra.	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática.	Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática
<b>2</b>	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo.	Sofrível	Obra problemática
<b>1</b>	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) – ou em alguns casos, substituição da obra – deve ser feita sem tardar.	Precária	Obra crítica

FONTE: DNIT, 2004.

As notas devem ser inseridas na ficha de inspeção proposta pela norma com a finalidade de determinar a nota final da estrutura, conforme é apresentada na Figura 12.



A NBR 9452 (ABNT, 2019), utiliza três critérios para a avaliação de uma OAE:

a) Parâmetros estruturais são aqueles relacionados à segurança estrutural, ou seja, referentes à sua estabilidade e capacidade portanto, sob o critério de seus estados limites último e de utilização conforme ABNT NBR 6118.

b) Parâmetros funcionais são aqueles aspectos relacionados diretamente aos fins a que a OAE se destina, devendo, para tanto, possuir requisitos geométricos adequados, como a visibilidade, gabaritos verticais e horizontais. Deve também proporcionar conforto e segurança a seus usuários.

c) Parâmetros de durabilidade que são aquelas características das OAE diretamente associadas à sua vida útil, ou seja, com o tempo estimado em que a estrutura deve cumprir suas funções em serviço.

A metodologia da norma baseia-se em notas, as quais tem por objetivo atribuir uma avaliação da condição da OAE em análise, que pode ser excelente, boa, regular, ruim ou crítica, conforme a variação de 1 a 5 (Quadro 3), refletindo a maior ou menor gravidade dos problemas detectados. As notas são relacionadas aos parâmetros citados anteriormente.

**Quadro 3 - Classificação da condição de OAE segundo parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade**  
(continua)

NOTA	CONDIÇÃO	CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL	CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL	CARACTERIZAÇÃO DE DURABILIDADE
5	Excelente	A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados.	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários.	A OAE apresenta-se em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção de rotina.
4	Boa	A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural.	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas. Intervenções podem ser necessárias a médio prazo.	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental ou a OAE apresenta moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.

**Quadro 4 - Classificação da condição de OAE segundo parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade (conclusão)**

<b>2</b>	Ruim	Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco iminente. Sua evolução, pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas a curto prazo.	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com risco de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	A OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometem sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.
<b>1</b>	Crítica	Há danos que geram grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural. A OAE necessita intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramento provisório e associada instrumentação ou não.	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização.	A OAE encontra-se em elevado grau de deterioração apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional.

FONTE: ABNT, 2019.

O Quadro 4 mostra como a classificação deve ser apresentada, conforme as notas atribuídas por componente estrutural. A nota final deve ser a menor nota atribuída ao parâmetro analisado.

**Quadro 5 - Modelo de ficha de classificação da OAE**

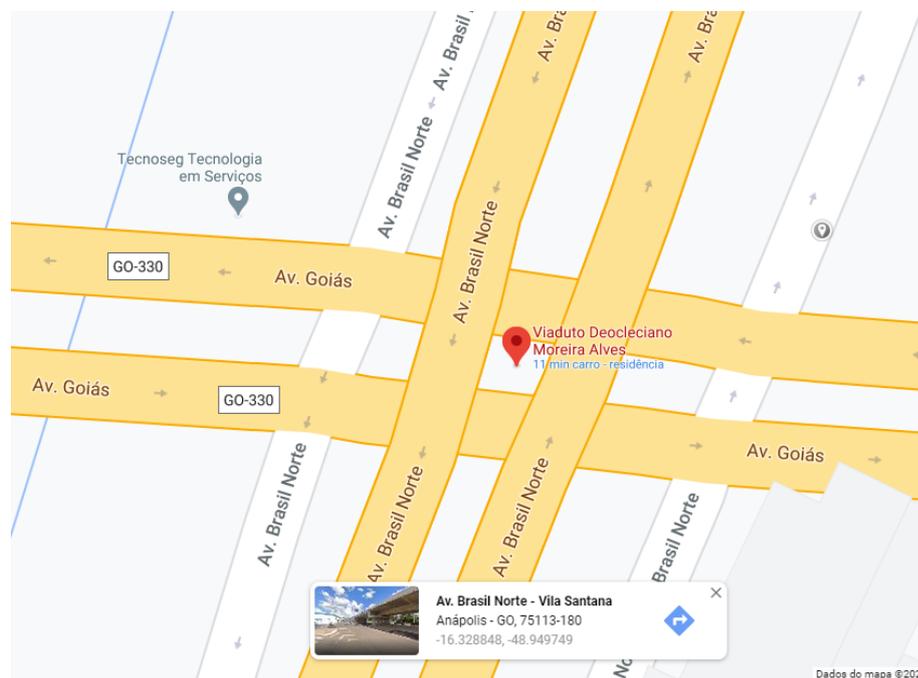
Parâmetro	Elemento						Nota final
	Superestrutura	Mesoestrutura	Infraestrutura	Elementos complementares		Pista	
				Estrutura	Encontro		
<b>Estrutural</b>							
<b>Funcional</b>		NA	NA				
<b>Durabilidade</b>							

FONTE: ABNT, 2019.

### 3 ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso foi escolhido o viaduto Deocleciano Moreira Alves (Figura 13 e 14) localizado no município de Anápolis, no estado de Goiás, na Avenida Brasil Norte com a Avenida Goiás. A escolha da OAE ocorreu pelo fato de ser uma estrutura com alto fluxo de veículos de todos os portes, bem como, estar localizado em um local de fácil acesso, sendo trajeto diário de grande parte da população da Anapolina.

**Figura 13 - Localização do Viaduto escolhido**



FONTE: GOOGLE MAPS, 2020.

**Figura 14 - Vista Panorâmica do Viaduto Deocleciano Moreira Alves**



FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020.

#### 3.1 PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A metodologia de diagnóstico das patologias e classificação da estrutura foi realizada, primeiramente, através de uma inspeção visual com o objetivo de identificar as possíveis manifestações patológicas presentes e realizar o conhecimento do objeto de análise.

Em seguida, foi realizada uma inspeção rotineira a fim de estabelecer um diagnóstico da condição da estrutura estudada de acordo com a norma NBR 9452 (ABNT, 2019).

## 3.2 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 3.2.1 Manifestações Patológicas

A obra do viaduto foi entregue em 2017, devido ser ainda uma OAE não foram encontradas grandes manifestações patológicas, ainda sim, elas eram presentes em alguns pontos da estrutura.

Na inspeção realizada no tabuleiro da OAE, foi identificado defeitos no pavimento localizado na extremidade da ponte e em locais de encontro, como mostra a Figura 15 e 16. Essas fissuras podem ser consequência do desnível do piso no início do viaduto, da área aterrada para a área suspensa.

**Figura 15 - Defeito no pavimento próximo a extremidade**



FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020.

**Figura 16 - Defeito no pavimento próximo a um encontro**



FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020

A Figura 17 apresenta algumas barreiras com defeito, apresentando trincas e desgaste do concreto que foram observadas.

**Figura 17 - Barreira com defeito**



FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020

Foi constatado também, a presença de trinca na estrutura do viaduto, de acordo com a Figura 18.

**Figura 18 - Presença de trinca**



FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020

Ainda na inspeção do tabuleiro da ponte pôde-se observar a presença de quatro juntas de dilatação (Figura 19).

**Figura 19 - Juntas de dilatação**



FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020

Embaixo do tabuleiro foi verificado a presença de recentes emendas de concreto, todas abrangendo grande parte da largura do viaduto, como observa-se na Figura 20.

**Figura 20 - Emendas de Concreto**



FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020

Em relação a infiltração, foram observados vários pontos de iminência (Figuras 21 e 22).

**Figura 21 - Infiltração na parte debaixo do viaduto**



FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020

**Figura 22 - Infiltração na lateral da estrutura**



FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020

Entretanto, a estrutura apresenta vários drenos para a passagem da água pluvial, apesar disso, a água é descarregada embaixo do viaduto, local este destinado a realização da Feira Brasil, comércio popular na cidade, acarretando grande desconforto para os feirantes (Figura 23).

**Figura 23 - Local de desagua dos drenos**



FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020

Outro ponto que merece destaque é a vala situada entre as duas vias da pista (Figura 24), onde está localizada a estrutura de cabos de aço. No período das chuvas, esse local pode vir a servir como criadouro e foco de larvas do *Aedes Aegypt*, mosquito transmissor de doenças como a dengue, a Chikungunya e a Zika requerendo grande atenção.

**Figura 24 - Vala com acúmulo de água**



FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020

### **3.2.2 Classificação da Estrutura**

A determinação e classificação da condição da estrutura foram executadas de acordo com os métodos de inspeção descritos anteriormente.

#### **3.2.2.1 Segundo a Norma 010 (DNIT, 2004)**

Através do método proposto pela Norma 010 (DNIT, 2004), que apresenta a instrução para atribuição de notas de avaliação variando em uma escala de 0 a 5, concluiu-se que o viaduto analisado possui uma nota técnica geral de 4.

Essa nota representa, segundo a norma que há alguns danos na OAE, mas que não há sinais que indicam insuficiência na estrutura. Para ação corretiva é indicado apenas serviços de manutenção e que de forma geral o viaduto não apresenta problemas importantes. A Figura 25, mostra a ficha de inspeção rotineira preenchida.

**Figura 25 - Ficha de Inspeção Rotineira preenchida**

OAE Código: _____	Nome: _____ Viaduto Domecleciano Moreira Alves	BR: ___/___ km: ___	UNIT: _____	RES: _____
Data: <u>17/08/2020</u>	espeção: <u>rotineira</u>			
<b>COMENTÁRIOS GERAIS</b>				
				<b>Nota Técnica</b>
a) Condições de Estabilidade:	Estável			
b) Nível de vibração do Tabuleiro:	Vibração normal de passagem de veículos			<b>4</b>
c) Inspeção Especializada (Realizado por engenheiro de estruturas) necessária?	SIM	Urgente?	NÃO	
Observações Adicionais: A estrutura apresenta desempenho satisfatório em relação à durabilidade e não requer intervenção em curto prazo. Para critérios estruturais, a OAE não apresenta risco iminente.				
Para critérios funcionais, apesar de alguns defeitos encontrados nas pistas, barreiras e drenos, a OAE apresenta desempenho satisfatório.				
<b>1. LAJE</b>	<b>NOTA TÉCNICA</b>	<b>5</b>	<b>Local</b>	<b>Quantidade</b>
Buracos (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É iminente	_____	_____
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência	_____	_____
Concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência	_____	_____
Fissuras	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência	_____	_____
Marcas de infiltração	<input type="checkbox"/> Forte infiltração	<input type="checkbox"/> Grande incidência	_____	_____
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade		_____	_____
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco		_____	_____
<b>2. VIGAMENTO PRINCIPAL</b>	<b>NOTA TÉCNICA</b>	<b>5</b>	<b>Local</b>	<b>Quantidade</b>
Fissuras Finas	<input type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande incidência	_____	_____
Trincas (>0,3mm)	<input type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande incidência	_____	_____
Armadura Principal	<input type="checkbox"/> exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada	_____	_____
Desagreg. De concreto	<input type="checkbox"/> Muito intenso	<input type="checkbox"/> Grande incidência	_____	_____
Dente Gerber	<input type="checkbox"/> Quebrado	<input type="checkbox"/> Trincado	_____	_____
Deformação (flecha)	<input type="checkbox"/> Exagerado		_____	_____
Aspectos do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade		_____	_____
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco		_____	_____
<b>3. MESOESTRUTURA</b>	<b>NOTA TÉCNICA</b>	<b>4</b>	<b>Local</b>	<b>Quantidade</b>
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência	_____	_____
Concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência	_____	_____
Fissuras	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência	<u>Guarda - Corpo</u>	<u>1</u>
Aparelho de apoio	<input type="checkbox"/> Danificado	<input type="checkbox"/> Grande incidência	_____	_____
Aspectos do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade		_____	_____
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco		_____	_____
Desaprumo	<input type="checkbox"/> Há		_____	_____
Deslocabilidade pilares	<input type="checkbox"/> Forte		_____	_____
<b>4. INFRAESTRUTURA</b>	<b>NOTA TÉCNICA</b>	<b>5</b>	<b>Local</b>	<b>Quantidade</b>
Recalque da fundação	<input type="checkbox"/> Existe		_____	_____
Deslocamento Fundação	<input type="checkbox"/> Existe		_____	_____
Erosão terreno Fundação	<input type="checkbox"/> Existe		_____	_____
Estacas Desenterradas	<input type="checkbox"/> Existe		_____	_____
<b>5. PISTA/ACESSO</b>	<b>NOTA TÉCNICA</b>	<b>4</b>	<b>Local</b>	<b>Quantidade</b>
Irregularidades pavimento	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande extensão	<u>Encontros, leve fissuração</u>	<u>2</u>
Junta de dilatação	<input type="checkbox"/> Faltando/Inoperante	<input type="checkbox"/> Muito problemática	_____	_____
Acessos X ponte	<input type="checkbox"/> Dregrau acentuado	<input type="checkbox"/> Problemática	_____	_____
Acidentes com veículos	<input type="checkbox"/> Frequente	(X) Eventual	<u>Barreiras</u>	_____

FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020

Percebe-se que todos as regiões receberam nota máxima, com exceção da mesoestrutura e da pista de acesso. Isso ocorreu devido a mesoestrutura apresentar fissuras no guarda-corpo. Já as pistas de acesso apresentaram irregularidades no pavimento próximos aos encontros.

### 3.2.2.2 Segundo a NBR 9452 (ABNT, 2019)

A NBR 9452 (ABNT, 2019), divide a classificação em três parâmetros principais: estrutural, funcional e durabilidade. As atribuições de cada nota seguiram o proposto pelas instruções da norma, através da correlação dos problemas identificados e sua respectiva nota, conforme mostra o Quadro 5 abaixo.

**Quadro 6 - Notas de Classificação Atribuídas**

Parâmetro	Elemento						Nota final
	Superestrutura	Mesoestrutura	Infraestrutura	Elementos complementares		Pista	
				Estrutura	Encontro		
<b>Estrutural</b>	5	4	5	-	4	5	4
<b>Funcional</b>	5	NA	NA	-	-	5	5
<b>Durabilidade</b>	5	5	5	-	-	5	5

FONTE: PRÓPRIO AUTOR, 2020

Para o parâmetro estrutural da mesoestrutura, a nota foi 4 foi advindo dos pequenos danos apresentados em áreas que não comprometem a segurança estrutural da obra estudada.

Todos os outros parâmetros em quaisquer elementos apresentaram nota máxima. Ou seja, segundo a norma, para o parâmetro estrutural o viaduto apresenta condições satisfatórias apresentando defeitos irrelevantes e isolados. A estrutura apresenta segurança e conforto aos usuários de acordo com a nota atribuída para o parâmetro funcional. E segundo a durabilidade, a OAE, está em perfeitas condições, devendo apenas receber manutenções de rotina.

### 3.2.3 Comparação entre os métodos

Em ambos os métodos utilizados, concluiu-se que a OAE escolhida para o estudo apresentou um excelente estado, sem nenhuma evidência de formação de mecanismos de ruptura e, com apenas pequenos danos irrelevantes e isolados.

Nos dois métodos utilizados, Norma 010 (DNIT, 2004) e NBR 9452 (ABNT, 2019), chegou-se a nota técnica equivalente a 4. Classificou-se assim, que a obra deve apenas receber inspeções e manutenções rotineiras, afim de continuar tendo um relatório contínuo sobre a situação atual da estrutura. Entretanto, pode-se constatar, que tal nota, já era esperada devido o viaduto ter apenas 3 anos de utilização, o que apesar de ser relativamente recente.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de aparecimento de manifestações patológicas não ocorre de maneira instantânea, mas está relacionado a várias causas, como agentes físicos e mecânicos, agentes químicos e agentes biológicos. A presença dessas manifestações enfatiza a ausência de qualidade, durabilidade e funcionalidade da estrutura. Fazendo jus a necessidade de inspeções e manutenções periódicas.

Nesse sentido, considerando o objetivo proposto deste trabalho, que foi realizar inspeções visuais e avaliar e determinar as condições de um viaduto de alto fluxo de veículos no município de Anápolis – GO, sob a ótica da NBR 9452 (ABNT, 2019), foi viável a detecção de algumas manifestações patológicas na OAE analisada.

O trabalho de inspeção demonstrou que para se manter uma OAE com uma classificação boa e com parâmetros confiáveis, é necessário que haja continuamente a realização de inspeções, tendo em vista o impacto que isto representa para o acompanhamento da funcionalidade e durabilidade da mesma. Pois, quando os trabalhos de manutenção e vistorias estão bem articulados, têm-se pontes e viadutos apresentando mínimos problemas e patologias.

### 4.1 TRABALHOS FUTUROS

Para os próximos trabalhos que seguirem esta mesma linha de pesquisa, fica como sugestão, a realização de estudos para a execução de soluções para as manifestações patológicas com o mínimo de impacto para a estrutura e para a sociedade e realizações de inspeções rotineiras.

Sugere-se também, um estudo sobre os custos de uma inspeção em relação aos custos ocasionados para reparo de uma ponte que nunca teve inspeção.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, J.; BAPTISTA, M. Estudo das patologias nas estruturas de concreto das galerias de águas pluviais de Belo Horizonte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. Anais... p. 1-20.

ARIVABENE, Antonio Cesar. Patologias em Estruturas de Concreto Armado: estudo de caso. **Revista Especialize On-Line Ipog**, Goiânia, v. 1, n. 10, p. 1-22, dez. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452**: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2019. 48 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003a. 18 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7187**: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003b. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188**: Carga Móvel Rodoviária e de Pedestres em Pontes, Viadutos, Passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013. 18 p.

ARAÚJO, Daniel De Lima. **Projeto de ponte em concreto armado com duas longarinas**. Goiânia, GO. Editora UFG 2011

ARAÚJO, Ciro José Ribeiro Villela. Vistoriando obras de artes especiais. **Revista Notícias da Construção**, São Paulo, p. 60-62, out. 2014.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências. **Resolução n. 210**, de 13 de novembro de 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Quadro de Fabricantes de Veículos**. 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 010/2004 - PRO**: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 18 p.

GOOGLE MAPS. **Google**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/Viaduto+Deocleciano+Moreira+Alves/@-16.3289273,-48.9504849,19z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x935ea55a76cdee67:0x35dda1d15217fa96!8m2!3d-16.3289286!4d-48.9499377?hl=pt-BR&authuser=0>. Acesso em: 04 nov. 2020.

LIU, Lang; REN, Qingyang; WANG, Xu. **Calibration of the Live Load Factor for Highway Bridges with Different Requirements of Loading**. Hindawi: Advances in Civil Engineering. China, p. 1-11. 7 jan. 2020. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/ace/2020/7347593/>. Acesso em: 01 maio 2020.

LUCENA, Andrey. **Tudo o que você precisa saber sobre pontes estaiadas**. 2018. Disponível em: <https://engenharia360.com/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-pontes-estaiadas-e-as-possiveis-causas-do-acidente-na-colombia/>. Acesso em: 04 maio 2020.

LOURENÇO, Líbia C. *et al.* Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**: Instituto de Biologia, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 5-14, jan. 2009.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de Concreto Armado**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 2018.

MASCARENHAS, Fernando Júnior Resende *et al.* Patologias e inspeção de pontes em concreto armado: Estudo de caso da ponte Governador Magalhães Pinto. **Engevista**, São Carlos, v. 1, n. 2, p. 288-302, maio 2019.

MAZARIM, Diego Montagnini. **Histórico das Pontes Estaiadas e sua Aplicação no Brasil**. 2011. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Estruturas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em:

[https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3144/tde-04112011-144914/publico/Dissertacao\\_Diego\\_M\\_Mazarim.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3144/tde-04112011-144914/publico/Dissertacao_Diego_M_Mazarim.pdf). Acesso em: 06 maio 2020.

OLIVEIRA, Alexandre M. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial das fundações**. Belo Horizonte, 2012.

ONLINE, Projeto Estrutural (org.). **Travessia para outro lado – A história das pontes**. 2019. Disponível em: <http://projetoestruturalonline.com.br/historia-das-pontes/>. Acesso em: 06 maio 2020.

PFEIL, Walter. **Pontes em Concreto Armado**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1983. v. 1

PIANCASTELLI, Élvio Mosci. **Patologias do concreto**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/patologias-do-concreto/6160>. Acesso em: 04 set. 2020.

ROCHA, Gabriel Saraiva da; OLIVEIRA, Henrique Leite Guilherme de. **Inspeção e avaliação de patologias em pontes de concreto armado sob a ótica da NBR 9452:2016: estudo de caso em viaduto da BR 376**. 2017. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

RIMOLA, Bruno Dias et al. Estudo da resposta dinâmica e verificação de projeto à fadiga de pontes rodoviárias mistas (aço concreto) com interação parcial. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 1-21, 6 nov. 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Guilherme\\_Alencar4/publication/324154932\\_Estudo\\_da\\_resposta\\_dinamica\\_e\\_verificacao\\_de\\_projeto\\_a\\_fadiga\\_de\\_pontes\\_rodoviarias\\_mistas\\_aco-concreto\\_com\\_interacao\\_parcial/links/5ac202efa6fdccda65e5409/Estudo-da-resposta-dinamica-e-verificacao-de-proje-to-a-fadiga-de-pontes-rodoviarias-mistas-aco-concreto-com-interacao-parcial.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Guilherme_Alencar4/publication/324154932_Estudo_da_resposta_dinamica_e_verificacao_de_projeto_a_fadiga_de_pontes_rodoviarias_mistas_aco-concreto_com_interacao_parcial/links/5ac202efa6fdccda65e5409/Estudo-da-resposta-dinamica-e-verificacao-de-proje-to-a-fadiga-de-pontes-rodoviarias-mistas-aco-concreto-com-interacao-parcial.pdf). Acesso em: 01 maio 2020.

SARTORTI, Artur Lenz. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas - SP**. 2008. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SILVEIRA, Ricardo A. M. **PONTES: introdução e fundamentos para análise e projeto**: apostila 1. Ouro Preto: Escola de Minas - Universidade Federal de Ouro Preto, 2002. 101 p.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 255 p.