

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

**HUGO MAGALHÃES**  
**VITOR LOBO BRIGAGÃO**

**INSPEÇÃO ESTRUTURAL E PATOLÓGICA DE PONTES DE**  
**CONCRETO ARMADO NA REGIÃO DE ANAPOLIS/GO**

**ANÁPOLIS / GO**

**2021**

**HUGO MAGALHÃES**  
**VITOR LOBO BRIGAGÃO**

**INSPEÇÃO ESTRUTURAL E PATOLOGICA DE PONTES DE  
CONCRETO ARMADO NA REGIÃO DE ANAPOLIS/GO**

**ORIENTADOR: PAULO ALEXANDRE DE OLIVEIRA**

**ANÁPOLIS / GO**

**2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

BRIGADÃO, VITOR LOBO/MAGALHÃES, HUGO.

Inspeção estrutural e patologia de pontes de concreto armado na região de Anápolis/GO.

51P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Inspeção	2. Pontes
3. Concreto Armado	4. Patologia
I. ENC/UNI	II. Bacharel

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRIGADÃO, Vitor Lobo; MAGALHÃES, Hugo. Inspeção estrutural e patologia de pontes de concreto armado na região de Anápolis/GO. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 51p. 2021.

### CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Hugo Magalhães

Vitor Lobo Brigadão

### TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Inspeção estrutural e patologia de pontes de concreto armado na região de Anápolis/GO.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2021

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.

*hugo B. Magalhães*

Hugo Magalhães

E-mail: hugo1997magalhaes@hotmail.com

*Vitor Lobo*

Vitor Lobo Brigadão

E-mail: vitorlobobrig@gmail.com

**HUGO MAGALHÃES**  
**VITOR LOBO BRIGAGÃO**

**INSPEÇÃO ESTRUTURAL E PATOLÓGICA DE PONTES DE  
CONCRETO ARMADO NA REGIÃO DE ANAPOLIS/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, M. Sc. (UniEVANGÉLICA)**  
**(ORIENTADOR)**



---

**WELINTON ROSA DA SILVA, M. Sc. (UniEVANGÉLICA)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**



---

**LEANDRO DANIEL PORFIRO, Doutor (UniEVANGÉLICA)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 07 de MAIO de 2021.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ser bom e misericordioso, por ter iluminado a minha mente durante este curso e me guiado através do seu Santo Espírito.

Agradeço aos meus pais que através da graça de Deus me proporcionaram meus estudos.

Agradeço a minha namorada que sempre me apoia quando penso não conseguir.

Agradeço aos meus colegas de sala e todo o corpo docente desta instituição.

Hugo Magalhães

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo pela fé e força para concluir meus objetivos.

Agradeço a minha família e amigos pelo apoio.

Agradeço aos professores e a instituição UniEvangélica por todo o conhecimento compartilhado.

Agradeço ao professor orientador Rodolfo Rodrigues de Souza Borges

Vitor Lobo Brigadão

## **RESUMO**

As pontes e viadutos, também conhecidas como obras-de-arte especiais, são componentes essenciais para ao sistema viário de qualquer cidade. No Brasil, especialmente em Goiás é muito comum a construção de pontes de concreto armado, formada de elementos que contem armaduras de aço em conjunto com o concreto. Embora possuir grande resistência e durabilidade, as pontes de concreto armado estão sujeitas a diversas ações que podem ocasionar a sua deterioração. Pensando nisso, o trabalho em questão teve como objetivo geral fazer um estudo sobre a inspeção estrutural e patológica de pontes de concreto armado, a partir desse objetivo geral, os objetivos específicos foram, levantar os principais conceitos sobre o tema, evidenciando os tipos de pontes, patologias em pontes de concreto e normas envolvidas, realizar a inspeção para verificar as manifestações patológicas em uma ponte de concreto na região de Anápolis GO e apresentar os resultados obtidos em forma de laudo de inspeção e propor uma solução para o problema. Para isso, foi aplicado um estudo de caso na Ponte sobre o Rio das Antas situada na R. Ana Jacinta em Anápolis GO, onde foi realizada uma inspeção para identificação das patologias. A inspeção foi realizada por meio de vistoria e levantamento dos diagnósticos das anomalias onde foi verificado que a ponte se encontra em estado crítico, apresentando diversas fissuras, corrosão e eflorescência. Logo, após o diagnostico foram sugeridas intervenções para tratar as anomalias a fim de não haver evolução que comprometa a estrutura.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Inspeção. Concreto Armado. Patologia. Pontes.

## **ABSTRACT**

Bridges and viaducts, also known as special works of art, are essential components for the road system of any city. In Brazil, especially in Goiás, it is very common to build reinforced concrete bridges, made up of elements that contain steel reinforcement together with concrete. Although they have great resistance and durability, reinforced concrete bridges are subject to several actions that can cause their deterioration. Thinking about it, the work in question had as general objective to make a study on the structural and pathological inspection of reinforced concrete bridges, from this general objective, the specific objectives were, to raise the main concepts on the theme, highlighting the types of bridges , pathologies in concrete bridges and standards involved, carry out the inspection to verify the pathological manifestations in a concrete bridge in the region of Anápolis GO and present the results obtained in the form of an inspection report and propose a solution to the problem. For this, a case study was applied to the bridge over the Rio das Antas located at R. Ana Jacinta in Anápolis GO, where an inspection was carried out to identify the pathologies. The inspection was carried out through inspection and survey of the anomalies diagnoses where it was verified that the bridge is in critical condition, presenting several cracks, corrosion and efflorescence. Therefore, after the diagnosis, interventions were suggested to treat the anomalies so that there is no evolution that compromises the structure.

### **KEYWORDS:**

Inspection. Reinforced Concrete. Pathology. Bridges.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Superestrutura, aparelhos de apoio e infraestrutura das pontes .....	15
Figura 02 – Ponte de laje maciça.....	17
Figura 03 – Pontes de vigas .....	17
Figura 04 – Pontes em porticos .....	18
Figura 05 – Pontes em arco .....	19
Figura 06 - Ponte pênsil.....	20
Figura 06 – Ponte estaiada.....	21
Figura 07 – Causas mais comuns das manifestações patológicas em obras.....	24
Figura 08 – Corrosão em estrutura de concreto armado.....	25
Figura 09 – Desagregação no pilar de uma ponte .....	26
Figura 10 – Reação álcali-agregado .....	26
Figura 11 – Ensaio de carbonatação com fenolftaleína.....	27
Figura 12 – Manifestação de eflorescência em estrutura de concreto.....	28
Figura 13 – Manifestação de fissuração em estrutura de concreto.....	29
Figura 14 – Esquema da realização de uma inspeção .....	31
Figura 15 - Localização vista em satélite da Ponte sobre o Rio das Antas. ....	32
Figura 16 - Fissuras na Ponte sobre o Rio das Antas .....	33
Figura 17 - Fissuras na superestrutura da Ponte sobre o Rio das Antas.....	34
Figura 18 – Eflorescências na Ponte sobre o Rio das Antas .....	35
Figura 19 – Eflorescência crítica na Ponte sobre o Rio das Antas .....	36
Figura 20 - Corrosões na Ponte sobre o Rio das Antas .....	37
Figura 21 – Elementos estruturais da Ponte Sobre o Rio das Antas .....	38

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Classificação da Ponte Sobre o Rio das Antas de acordo parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade.....	39
--	----

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA**

ABNT	Associação Brasileiras de Normas Técnicas
CINPAR	Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
NBRs	Normas Brasileiras
OAes	Obras de arte especiais
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVOS .....	12
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>13</b>
1.3 METODOLOGIA .....	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	13
<b>2 PONTES DE CONCRETO ARMADO .....</b>	<b>15</b>
2.1 TIPOS DE PONTES de concreto armado.....	16
<b>2.1.1 Pontes em laje maciça ou vazada .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2 Pontes de concreto em vigas .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.3 Pontes de concreto em pórticos .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.4 Pontes de concreto em arco .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.5 Pontes de concreto pênses.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.6 Pontes de concreto estaiadas .....</b>	<b>20</b>
2.2 PROCESSO EXECUTIVO DE PONTES DE CONCRETO .....	21
<b>2.2.1 Pontes moldadas <i>in loco</i> .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2 Pontes pré moldadas .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.3 Pontes em aduelas ou balanço sucessivos.....</b>	<b>23</b>
2.3 PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO .....	23
<b>2.3.1 Corrosão .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.2 Desagregação .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.3 Reação álcali-agregado .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.4 Carbonatação.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.5 Eflorescência .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.6 Fissuração.....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.7 Falhas no processo produtivo.....</b>	<b>29</b>
2.4 INSPEÇÃO EM PONTES DE CONCRETO ARMADO .....	30
<b>3 INSPEÇÃO: Ponte sobre o Rio das Antas.....</b>	<b>32</b>
3.1 LEVANTAMENTO DA PATOLOGIAS E DIAGNÓSTICO .....	33

<b>3.1.1</b>	<b>Fissuras.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Eflorescências.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Corrosão.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Diagnóstico.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2</b>	<b>SUGESTÕES DE INTERVENÇÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Fissuras.....</b>	<b>40</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Eflorescências.....</b>	<b>40</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Corrosões.....</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>
	<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>47</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Desde o início dos tempos o homem tem a necessidade de se deslocar, seja em busca de alimento e proteção como nos primórdios da humanidade, ou para trabalhar, cuidar da saúde, se alimentar ou até mesmo se relacionar em sociedade como nos dias de hoje. O fato, é que ter condições de se movimentar nos meios urbanos e rurais se trata de uma questão de necessidade básica da sociedade (FILHO, 2008).

Segundo Filho (2008) a medida que o ser humano foi percebendo essa necessidade de deslocamento foram surgindo meios de vencer os obstáculos que impossibilitavam a locomoção, obviamente pela criação dos veículos automotores, mas também com a criação de conexões entre locais através da execução de pontes e viadutos.

As pontes são estruturas de grande importância para todas civilizações, sendo as primeiras pontes concebidas pela própria natureza em eventos acidentais de quedas de árvores e pedras sobre rios assim criando passagens a outra margem (EUQUERES, 2011).

Há indícios que as primeiras pontes em arco são de 4000 a.C. na Mesopotâmia e Egito e mais tarde, na Pérsia e na Grécia (cerca de 500a.C). Mas ainda hoje estas obras de arte são utilizadas e de grande importância para aonde quer que sejam implantadas, pois quando concebidas fornecem as regiões conectadas vários benefícios, principalmente em nossa nação onde a Malha rodoviária é bastante utilizada para transporte de diversas mercadorias, movimentando assim toda a economia do país (EUQUERES, 2011).

Existem vários tipos de pontes, podendo ser definidas de acordo com sua finalidade, necessidade geográficas e concepção de projeto. Também podem ser classificadas segundo o sistema estrutural da superestrutura podendo ser em vigas, em pórticos, em arco, pênséis ou estaiadas.

Com tamanha importância e influência das pontes em toda economia do país, elas devem ser mantidas em plenas condições de uso, para oferecer a segurança e integridade necessárias aos passageiros sendo assim, a necessidade de manutenções preventivas (VASCONCELOS, 2018).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A maior parte das pontes da região de Anápolis foram construídas em ponte de concreto armado, principalmente na década de 50 devido uma grande necessidade por parte da população rural que estava migrando cada vez mais para a área urbana. Essa migração aqueceu

consideravelmente o comércio, aumentando o número de pessoas e veículos que transitavam pelas estradas exigindo da parte urbana mais infraestrutura e alavancando as obras de construção civil na região, entre elas as pontes e viadutos.

Devido à grande demanda dessas obras, muitas pontes e viadutos foram construídos às pressas e afim de cumprir os prazos contratuais, foram utilizadas práticas construtivas que não enfatizavam a qualidade e conseqüentemente muitas vezes eram entregues belas obras, mas com estruturas precárias. Analisando os pontos citados a cima, essas obras que tiveram grande demanda entre as décadas de 50 e 80 apresentaram vários problemas estruturais, fazendo com que seja exigido um cuidado maior em sua manutenção. Infelizmente as Normas de qualidade e desempenho, não tem sido atendidas no caso dessas pontes.

Estruturas de concreto armado tem uma longa vida útil quando projetadas e executadas de acordo com as condições ambientais e mecânicas onde as mesmas se encontram, mas sabe-se que principalmente no caso de pontes os componentes estruturais sofrem bastante devido as condições ambientais agressivas muitas das vezes devido ao contato direto com a águas fazendo que apareça a precoce degradação do material.

Ao analisar todo o contexto de obras construídas às pressas, sem foco na qualidade, devido ao meio agressivo do meio ambiente, surge uma preocupação no meio técnico e acadêmico sobre a saúde dessas obras e a fim de analisar os mecanismos estruturais de concreto armado, é necessário elaborar um programa de manutenção preventiva e corretiva das obras públicas, dando foco para aquelas que necessitam de manutenção com maior urgência.

Nas rodovias da região de Anápolis GO existe pontes de concreto armado com diferentes tipos de idade e métodos construtivos dimensionadas segundo critérios e volume de tráfego independente para cada uma. Vale ressaltar que independentemente da idade de uma ponte, é muito importante a análise estrutural, uma vez que mal dimensionada ou mal executada ela pode apresentar problemas logo nos primeiros anos.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Realizar um estudo sobre a inspeção estrutural e patológica de pontes de concreto armado na região de Anápolis GO.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar os principais conceitos sobre o tema, evidenciando os tipos de pontes, patologias em pontes de concreto e normas envolvidas.
- Realizar a inspeção para verificar as manifestações patológicas em uma ponte de concreto na região de Anápolis GO.
- Apresentar os resultados obtidos em forma de laudo de inspeção e propor uma solução para o problema.

### 1.3 METODOLOGIA

Esta pesquisa surgiu com a necessidade de uma análise sobre pontes de concreto armado na região de Anápolis GO, sobre a perspectiva de promover um parecer sobre a necessidade de manutenções. Foi observado que tais pontes detém alguns aspectos visuais de falta de manutenção com processos de degradação e deterioração do concreto, fissurações e diversas outras patologias que necessitam de manutenção para o bom desempenho estrutural.

Para a análise, foram realizadas visitas *in loco* para se observar visualmente tais patologias e caracterizá-las de acordo com as normas e principais bibliografias sobre este assunto.

Como resultado, esperou-se obter um indicativo da necessidade de manutenções por parte dos órgãos responsáveis para que se mantenha a eficiência estrutural das OAEs.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A elaboração do trabalho será realizada em etapas listadas em capítulos, desta forma, o TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) contará com quatro capítulos relacionados da seguinte forma:

O capítulo 1 é constituído da introdução, nesse capítulo foi abordada a idéia inicial do estudo, apresentando os principais aspectos para situar o leitor sobre o tema. São partes integrantes do capítulo 1 a introdução, objetivo geral e objetivos específicos, justificativa, metodologia aplicada e apresentação da estruturação geral do trabalho.

O capítulo 2, pontes de concreto armado, é constituído pela fundamentação teórica do trabalho, onde serão levantados os principais assuntos sobre o tema baseado em pesquisa



bibliográfica. Nesse capítulo serão abordados conceitos sobre as pontes de concreto armado, tipos de pontes e principais patologias das pontes de concreto.

O capítulo 3 será formado pelo estudo *in loco* através da inspeção de patologias em uma ponte de concreto armado na região de Anápolis GO. Nesse capítulo será apresentado também um laudo do resultado desta inspeção.

O último capítulo será formado pela conclusão do trabalho, onde serão apresentadas as considerações finais obtidas no estudo, assim como a relevância do estudo para a região de Anápolis GO. Serão apresentadas também, sugestões de pesquisa para embasamento de futuros trabalhos.

## 2 PONTES DE CONCRETO ARMADO

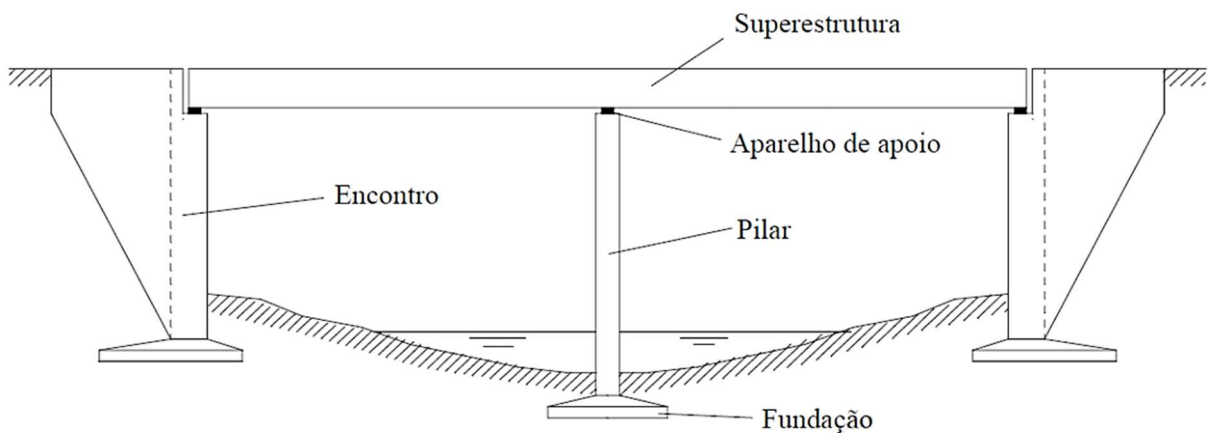
As pontes e viadutos, denominados como OAEs (Obras de arte especiais) são componentes fundamentais para o deslocamento das pessoas e cargas, em diversos locais eles desempenham um importante papel nos sistemas viários, principalmente nos grandes centros urbanos onde é necessário se fazer o escoamento do tráfego no cruzamento de vias, ou promover o acesso em passagem sobre rios, lagos, etc. (ANDRADE et al., 2019).

Denomina-se como ponte as estruturas destinadas ao deslocamento sob obstáculos compostos de algum tipo de curso de água como rios, lagos, braços de mar, etc. Já os viadutos são as estruturas destinadas ao deslocamento sobre obstáculos que não contém curso de água como vias ou vales (BASTOS & MIRANDA, 2017).

Em relação aos seus aspectos estruturais as pontes são formadas pela infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura. Assim como nas edificações a infraestrutura é a parte responsável por receber as cargas das partes superior e descarregá-las no solo, ela também é responsável por oferecer apoio à estrutura. A mesoestrutura se trata dos componentes que tem como função receber os carregamentos da superestrutura e transmiti-los para a infraestrutura. Este elemento também pode conceder alguns movimentos à superestrutura. A superestrutura, por sua vez, recebe e transmite as cargas veiculares durante a sua utilização (BARBOSA; PESSANHA & MILLER, 2005).

A figura 01 ilustra a composição da ponte, demonstrando os elementos estruturais apresentados.

**Figura 01 – Superestrutura, aparelhos de apoio e infraestrutura das pontes**



Fonte: DEBS & TAKEYA, 2007.

As estruturas de concreto armado seguem regulamentações e especificações fixadas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) através das NBRs (Normas Brasileiras). As principais normas relacionadas às pontes de concreto armado são:

- ABNT NBR 7187 (ABNT, 2003): Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento;
- ABNT NBR 7188 (ABNT, 2013): Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas;
- ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014): Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 6122 (ABNT, 2019): Projeto e execução de fundações e;
- ABNT NBR 6123 (ABNT, 1988): Forças devidas ao vento em edificações.

De acordo com Euqueres (2011) quando dimensionadas, projetadas, executadas e preservadas respeitando as normas, as estruturas de concreto armado são capazes de suportar além das ações da própria estrutura, as ações do ambiente ao longo de toda a vida útil para a qual foi planejada.

## 2.1 TIPOS DE PONTES DE CONCRETO ARMADO

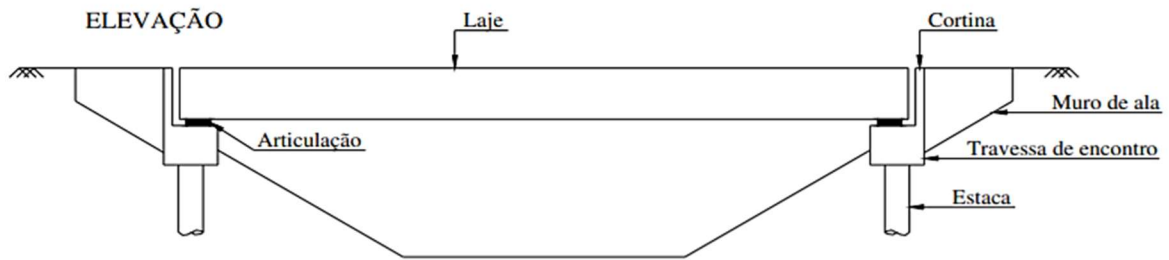
A classificação das pontes pode ser feita a partir de diversos critérios como funcionalidade, tipo estrutural, material empregado, tipo construtivo, desenvolvimento em planta, etc. Para cada tipo de ponte, existe uma gama de diferentes formas e medidas (BARBOSA; PESSANHA & MILLER, 2005). A seguir são apresentados alguns tipos de pontes.

### 2.1.1 Pontes em laje maciça ou vazada

As pontes em laje maciça ou vazada são caracterizadas por não possuir vigas, podendo ser de concreto armado ou protendido. Esse tipo de ponte possui a superestrutura mais simples pois a mesma é constituída de uma estrutura principal de laje simplesmente apoiada ou continua. As pontes de laje maciça ou vazada são ideais para pequenos vãos, apresentando 20m para um só vão ou 30m para vãos contínuos (MARCHETTI, 2008).

A figura 02 mostra o esquema de uma ponte de laje maciça e seus componentes estruturais.

**Figura 02 – Ponte de laje maciça**



Fonte: STUCCHI, 2006

Segundo Vitório (2002) embora as pontes de laje maciça ou vazada tenham uma grande resistência a fissuras e à torção, e seja um método construtivo mais fácil de ser executado devido a sua baixa altura com uma configuração simplificada, ela possui um peso próprio elevado, sendo restrita a vãos menores.

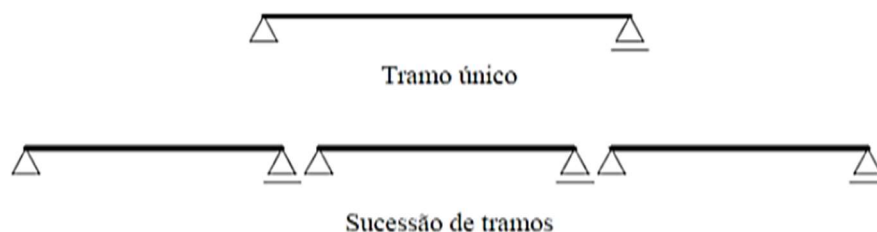
### 2.1.2 Pontes de concreto em vigas

As pontes em vigas são mais usuais, levando-se em consideração sua definição, pois são concebidas por sistemas estruturais determinados estaticamente. As vigas podem ter uma seção transversal constante ou variável e são empregadas para vencer vãos simples ou contínuos (VASCONCELOS, 2018).

Esta é uma solução vantajosa do ponto de vista de facilidade de implementação e economia na utilização de peças pré-fabricadas, além disso, as pontes de concreto em vigas podem não transmitir momentos fletores da superestrutura para a mesoestrutura através do uso de aparelhos de apoio (CORREIA & FERNANDES, 2017).

A figura 03 ilustra o esquema de uma ponte de viga simplesmente apoiada com um único tramo e com uma série de tramos sobre uma sequência de apoios.

**Figura 03 – Pontes de vigas**



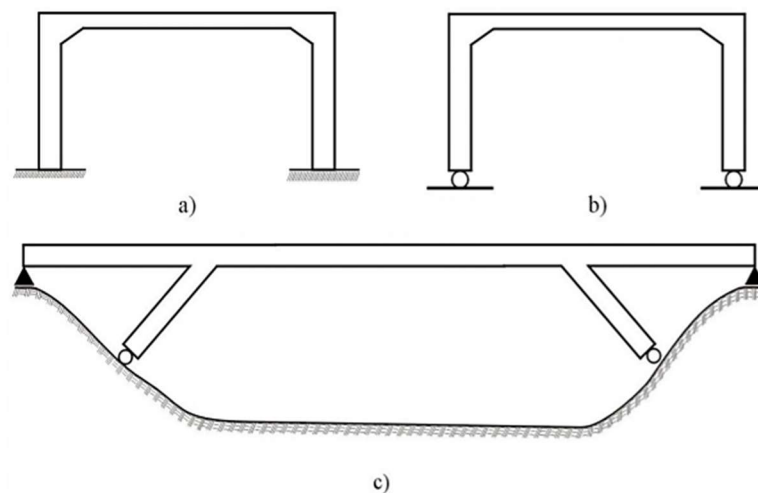
Fonte: CORREIA & FERNANDES, 2017

Além das vigas apoiadas sem balanço apresentadas na figura 03, as pontes de viga de concreto podem ser dos tipos apoiadas com balanço, contínuas e gerber.

### 2.1.3 Pontes de concreto em pórticos

Nas pontes de concreto em pórticos, os pórticos são os elementos responsáveis por assegurar a resistência da infraestrutura e superestrutura à flexão, uma vez que nesse tipo de ponte não há um apoio simples entre elas, ou seja, há uma junção direta das vigas com os pilares (DEBS & TAKEYA, 2007). As pontes de concreto em pórticos podem ser biarticulados e biengastados conforme ilustrado pelo esquema da figura 04.

Figura 04 – Pontes em porticos



Fonte: VITÓRIO, 2002

- a) Ponte em pórtico biengastados;
- b) Ponte em pórtico biarticulados;
- c) Ponte em pórtico biarticulados com montantes inclinados.

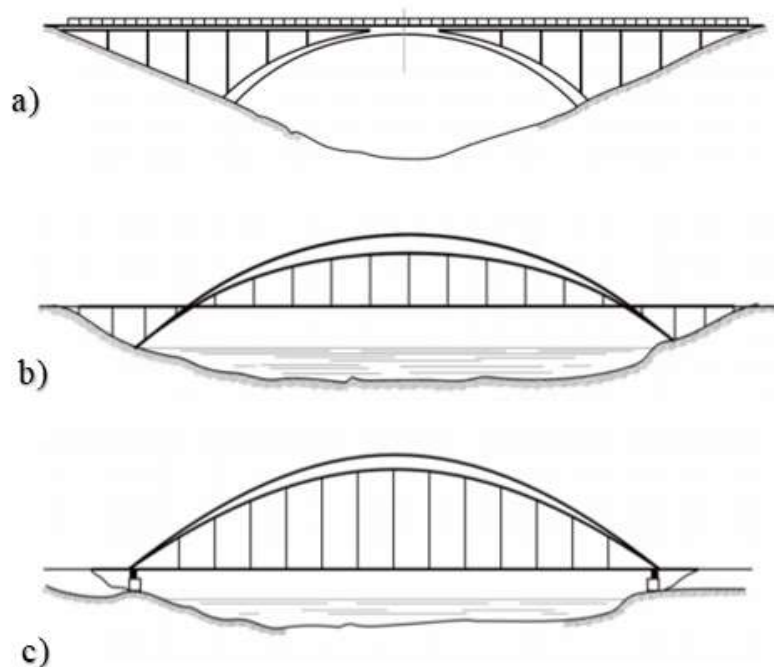
Marchetti (2008) afirma que nesse tipo de ponte, uma vez que a extremidade da viga é engastada no encontro, o momento negativo causa a diminuição do momento positivo, permitindo que a altura ao longo do vão seja reduzida.

### 2.1.4 Pontes de concreto em arco

As pontes de concreto em arco, tem como principal característica a função de dispensar o uso da proteção. De forma simplificada, as pontes desse tipo são formadas por vigas ou nervuras curvas que são ligadas de ponta a ponta formando arcos que podem ser hiperestáticos ou isostáticos. Essas pontes, podem ainda possuir arcos inferiores, intermediários e superiores, conforme a necessidade e exigência estrutural (HOSS, 2014).

A figura 05 ilustra os modelos de pontes em arco inferior, intermediário e superior.

**Figura 05 – Pontes em arco**



Fonte: VITÓRIO, 2002

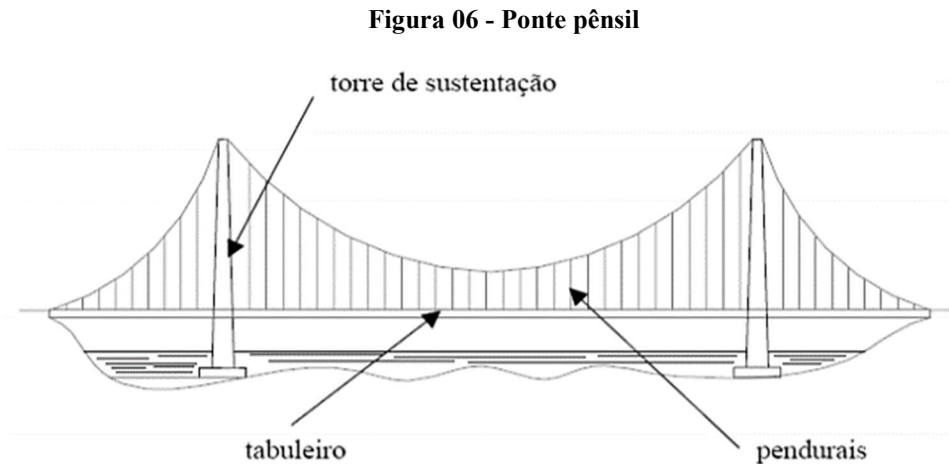
- a) Ponte em arco inferior;
- b) Ponte em arco intermediário;
- c) Ponte em arco superior.

### 2.1.5 Pontes de concreto pênses

As pontes pênses se tratam de estruturas suspensas compostas por cabos em forma de parábolas chamados de pendurais, que são apoiados em elementos de apoio, também chamado de torres de apoio, e fazem a sustentação da laje, também chamada de tabuleiro. Esse tipo de

ponte não indicada para a execução em concreto, devido a isso, são executadas em estruturas metálicas (TORNERI, 2002).

A figura 06 ilustra um esquema de ponte pênsil, com seus elementos estruturais: tabuleiro (laje), pendurais e torre de sustentação (elementos de apoio).



Fonte: MACHADO, 2007

Segundo Machado (2007) os cabos necessitam de grande resistência à flexão e torção, para vencer os esforços e movimentos vibratórios transversais minimizando seus efeitos na estrutura.

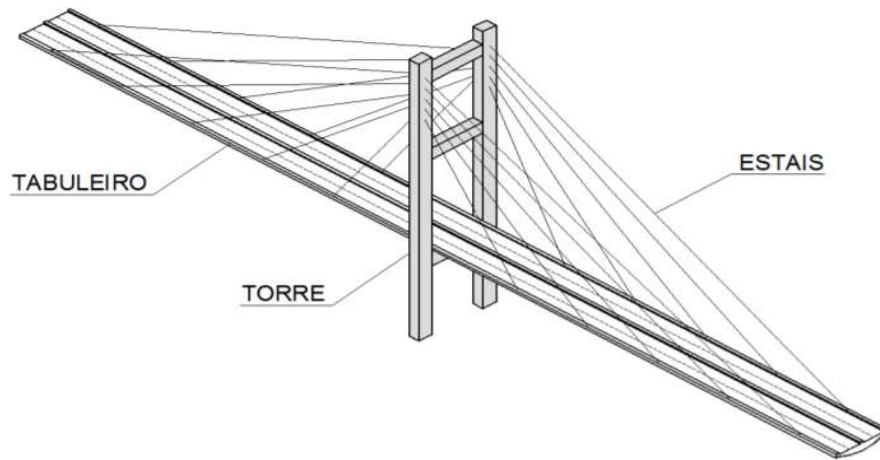
### 2.1.6 Pontes de concreto estaiadas

Em pontes estaiadas, também conhecidas como atirantadas, as lajes ou tabuleiros de concreto protendido ou metálicos são suspensos por cabos fixados em torres. Os tabuleiros ou necessitam apresentar uma grande resistência à torção a fim de minimizar os esforços vibratórios e ações do vento. Nesse tipo de ponte, os estais ou cabos são responsáveis por transferir as cargas oriundas da laje para o mastro (MAZARIM, 2011).

Embora as pontes estaiadas e pênsis sejam bastante parecidas, uma vez que, ambas são suspensas e sustentadas por cabos, o que diferencia uma da outra é que nas pontes penseis os estais vão de uma torre a outra formando uma parábola enquanto nas pontes estaiadas os estais partem da torre até o tabuleiro ou laje da ponte (TORNERI, 2002).

A Figura 06 mostra uma ponte estaiada com os elementos estruturais que a compõem.

**Figura 06 – Ponte estaiada**



Fonte: MAZARIM, 2011

Esse tipo de ponte é uma opção à ponte pênsil, que exige uma quantidade maior de estais e conseqüentemente uma estrutura de sustentação mais robusta.

## 2.2 PROCESSO EXECUTIVO DE PONTES DE CONCRETO

No que diz respeito a execução de projetos de OAEs para pontes de concreto armado, existem uma série de verificações que precisam ser consideradas de acordo com o local, tipo de ponte executada, materiais utilizados, etc. Ora, essa análise deve ser realizada com antecedência para que sejam considerados todos os parâmetros necessários a fim de garantir o desempenho da estrutura (VASCONCELOS, 2018).

França (2011, p. 2) cita uma série de fatores para serem observados:

- a) Uma planta de situação mostrando o traçado do trecho da rodovia onde se implantará a obra-de-arte e os obstáculos, tais como rios, estradas e vales profundos, a serem transpostos;
- b) Uma seção longitudinal do terreno ao longo do eixo da ponte a ser projetada, juntamente com o perfil da rodovia e os gabaritos ou seções de vazão a serem atendidos;
- c) As características geotécnicas e geológicas do solo de fundação;
- d) As condições locais de acesso para transporte de equipamentos, materiais e elementos estruturais;
- e) A disponibilidade de água, energia elétrica e mão-de-obra especializada;
- f) As características locais principais tais como níveis máximos e mínimos das águas, ocorrência de secas ou inundações e variação brusca de temperaturas;
- g) A topografia geral da área, se região plana, ondulada ou montanhosa, as características da vegetação, a proximidade ou não de regiões urbanas;
- h) As condições de agressividade do meio ambiente com vistas a estudos de durabilidade.



França (2011) afirma ainda que além disso, antes de dar início ao dimensionamento e projeto é fundamental que o profissional responsável faça uma visita *in loco* para conhecer todas as variáveis da área onde será executada a futura obra, visto que esse processo exige um estudo detalhado para escolha do método construtivo mais adequado na região.

Os métodos construtivos mais comuns para pontes de concreto armado são as pontes moldadas *in loco*, as pré moldadas e em balanço sucessivos ou em aduelas.

### **2.2.1 Pontes moldadas *in loco***

As estruturas moldadas *in loco* são aquelas construídas no próprio local, geralmente feitas com concreto, onde são utilizadas formas para conferir o formato desejado à peça.

Embora seja um método bastante utilizado em edificações, a aplicação dessa metodologia em pontes possui alguns obstáculos, principalmente por exigir que as condições de posicionamento das formas e concretagem conforme o projeto sejam favoráveis, visto que podem haver grandes barreiras de acesso. Devido isso, a execução de pontes de concreto moldadas no local não é indicada para locais com altura superior a 15 metros, berços de água muito largos e profundos, comprimento superior a 400 metros (ROSENBLUM, 2009).

Além disso, de acordo com Quadros (2013) essa metodologia requer que sejam utilizadas escoras que ofereçam apoio às formas até o momento da retirada pós cura, e a execução desse tipo de obra também é mais lento se comparado a outros métodos de execução.

### **2.2.2 Pontes pré moldadas**

As estruturas de concreto pré moldadas são aquelas feitas fora do local final da obra e que posteriormente são montados e fixados no local definitivo.

As pontes de concreto pré moldadas são constituídas por peças pré moldadas e protendidas que são executadas em uma área de pré fabricação, geralmente próximo à obra, que após o período de cura são transportadas ao local onde feita a estrutura definitiva. A ligação entre as peças estruturais normalmente é feita através de elementos de ligação. Para a montagem as peças precisam ser içadas até a altura necessária para posteriormente receber os elementos responsáveis pela fixação conforme estabelecido em projeto, é necessário também a implantação de um canteiro de fabricação no local da obra (MARCHETTI, 2008).

Assim como as pontes moldadas *in loco*, as pré moldadas também não são muito recomendadas para locais com vãos muito elevados, porém nesse caso são admitidos vãos de

25 a 45 metros. Por outro lado, esse método é muito indicado para locais onde há curso de água mais profundos e para exigência de maiores comprimentos (QUADROS, 2013).

É importante destacar também, que o processo de execução das pontes de concreto pré moldado é ideal para atender cronogramas mais curtos, visto que, sua execução é rápida, especialmente devido ao fato da superestrutura e mesoestrutura poderem ser executadas de forma simultânea (VASCONCELOS, 2018).

### **2.2.3 Pontes em aduelas ou balanço sucessivos**

O método de balanço sucessivos é uma das técnicas mais versáteis utilizadas na construção de pontes, ela consiste na execução da superestrutura em frações gradativas partindo-se dos apoios já construídos, desta forma, cada fração construída, chamadas de aduelas, tem como apoio o balanço anterior e assim sucessivamente. Para tal, são utilizados equipamentos para içar as peças que serão encaixadas (ROSENBLUM, 2009).

Esse tipo de construção é ideal para locais em que não é possível fazer o escoramento e é ideal para grandes vãos de 60 a 240 metros e alturas acima de 20 metros, além de ser indicado também para vencer locais onde há uma grande profundidade de água. As aduelas admitem comprimentos de 2 a 7 metros e podem ser construídas em linha reta ou curvas (FRANÇA, 2011).

## **2.3 PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO**

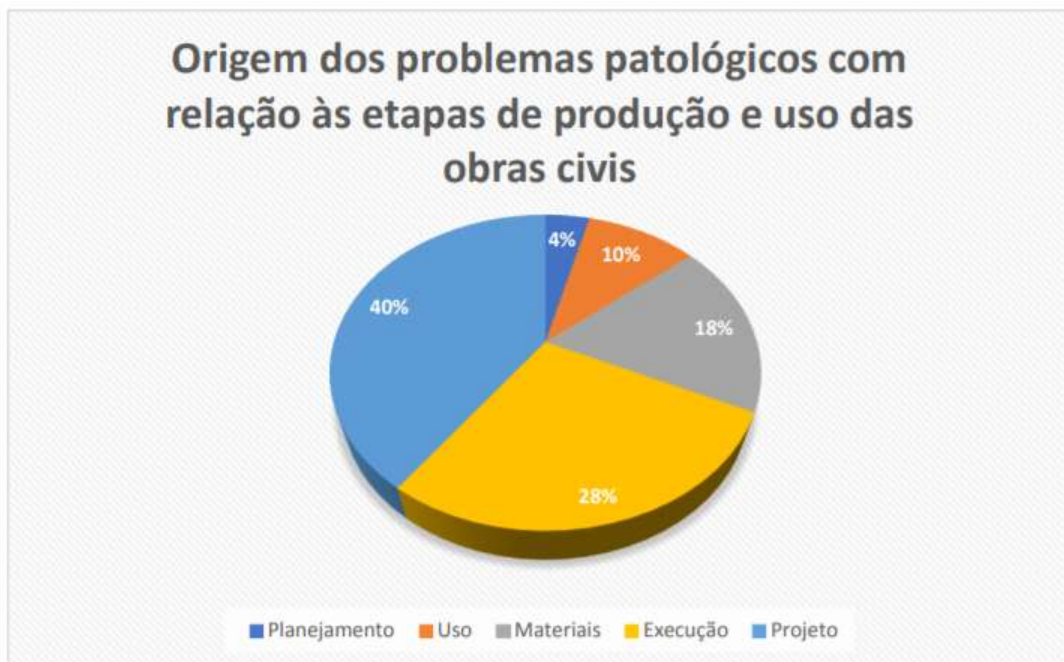
Ao longo dos anos tem surgido cada vez mais novas tecnologias que permitem o aperfeiçoamento dos materiais utilizados na construção civil, tornando-os mais eficientes, resistentes e com melhor desempenho, entretanto, quando se trata de construção civil os materiais tendem a apresentar problemas durante a vida útil. Desta forma, existe uma área específica na Engenharia Civil que trata dos parâmetros relacionados às patologias que afetam as estruturas, essa área é chamada de Patologias das construções (VITÓRIO, 2003).

As patologias que se manifestam em pontes podem variar de acordo com a incidência ou intensidade, inclusive, podem resultar em custos extremamente altos para reparo, além de prejudicar a estética da estrutura. Em casos mais extremos, as patologias desenvolvidas nas pontes podem levar ao colapso da estrutura, sem falar no risco que oferece a população (SARTORTI, 2008).

Em caso de estruturas de concreto, qualidade da vida útil da estrutura é dependente, dentre outros fatores, das características do concreto e armação. Outros fatores que tem influência nas manifestações patológicas em obras estão relacionados as etapas de produção, que vão desde o planejamento, projeto até a execução da ponte (VASCONCELOS, 2018).

A figura 07 ilustra um gráfico que mostra os principais motivos para o surgimento de patologias.

**Figura 07 – Causas mais comuns das manifestações patológicas em obras**



Fonte: VASCONCELOS, 2020

Se as características das manifestações patológicas e os vários estágios de ocorrência não forem considerados, a análise de degradação estrutural não pode ser realizada. e mais segurança.

### 2.3.1 Corrosão

A corrosão se trata da deterioração de uma superfície por ação do ambiente, podendo ser associada a fatores mecânicos ou não. Em estruturas de concreto armado, é importante observar a corrosão tanto no concreto como no aço (LAPA, 2008).

Visto que as pontes são estruturas que estão constantemente em contato com as ações do ambiente, como exposição ao sol e chuvas, elas são bastante suscetíveis ao surgimento de

corrosão, inclusive, é muito comum que sejam encontradas pontes de concreto armado com esse tipo de patologia, degradando a estrutura do concreto (FUSCO, 2012).

A figura 08 ilustra uma manifestação corrosiva muito grave em um pilar de uma ponte de concreto armado.

**Figura 08 – Corrosão em estrutura de concreto armado**



Fonte: BASTOS & MIRANDA, 2017

Se de acordo com Fusco (2012) as principais consequências geradas por esse tipo de patologia são a diminuição de aderência do aço com o concreto, desagregação do concreto e processo de fissuração devido ao agravamento dos processos de perda de aderência e desagregação.

### **2.3.2 Desagregação**

A desagregação do concreto é caracterizada pela perda de coesão entre os elementos do concreto, fazendo com que aconteça a separação física de parte do material, deixando a armadura exposta. Isso se dá, principalmente devido à expansão ou dilatação das armaduras ou do concreto quando entra em contato com a água (BASTOS & MIRANDA, 2017).

A figura 09 ilustra o processo de desagregação no pilar de uma ponte sob um ambiente com constante exposição a água.

**Figura 09 – Desagregação no pilar de uma ponte**



Fonte: ANTUNES, 2014

### **2.3.3 Reação álcali-agregado**

Esse tipo de reação é uma das mais agressivas em estruturas de concreto, principalmente para as pontes de concreto que estão em contato intenso com a umidade. Esse fenômeno acontece quando os álcalis reagem aos minerais dos agregados, produzindo elementos que expandem e deterioram o concreto (ROLIM, 2010).

Segundo Brooks e Neville (2013, p.266) “a reação ocorre, principalmente no exterior do concreto em condição de umidade constante quando existe uma alternância entre molhagem e secagem ou em temperaturas elevadas”.

A figura 10 ilustra a ocorrência da reação álcali-agregado no viaduto Robert-Bourassa.

**Figura 10 – Reação álcali-agregado**



Fonte: FOURNIER, KUPERMAN & SANCHEZ, 2010

Conforme Sanchez (2008) as reações álcali-agregado podem ocorrer a partir de reações com a composição ou porosidade do agregado, quantidade de água no concreto, permeabilidade, disponibilidade de álcalis no cimento.

#### 2.3.4 Carbonatação

A carbonatação se trata de um fenômeno caracterizado pela redução da alcalinidade do concreto devido a existência de dióxido de carbono na hidratação do cimento. Segundo Helene (2005, p.46) “o processo de carbonatação ocorre com maior rapidez em concretos de baixa qualidade e em ambientes cuja umidade relativa varia entre 50% e 70%”.

Vitório (2003, p. 31) destaca que:

A perda de PH do concreto representa um problema, pois em seu ambiente alcalino – PH variando de 12 a 13 -, as armaduras estão protegidas da corrosão, mas, abaixo de 9,5, tem-se o início do processo de formação de células eletroquímicas de corrosão, começando a surgir, depois de algum tempo, fissuras e desprendimentos da camada de cobrimento.

A maneira mais simples de confirmar a manifestação de carbonatação em determinada estrutura é a realização do ensaio colorimétrico, através da adição de fenolftaleína. A fenolftaleína se trata de uma substancia de base ácida que muda a quando entra em reação a determinada substância. Nesse caso a fenolftaleína muda para a cor rosa quando o concreto indica PH acima de 9, demonstrando assim a presença de carbonatação (FRAZÃO, 2020).

A figura 11 ilustra o processo de carbonatação identificada em uma estrutura de concreto armado a partir do ensaio colorimétrico.

**Figura 11 – Ensaio de carbonatação com fenolftaleína**



Fonte: FRAZÃO, 2020

Além do dióxido de carbono outros fatores que contribuem para a o surgimento dessa patologia são a umidade no concreto, permeabilidade e o surgimento de fissuras (ROCHA, 2015).

### 2.3.5 Eflorescência

A eflorescência se trata do aparecimento de sedimentos salinos esbranquiçados nas superfícies das estruturas trazidas pela evaporação da água existente no interior dessas estruturas (BERTOLINI, 2010).

De acordo com o CINPAR (Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas) (2017) embora pareça simples, nas pontes de concreto, principalmente aquelas que estão constantemente em contato com a umidade, essa manifestação patológica pode evoluir se tornando extremamente nociva à estrutura, causando deterioração e desagregação.

Esse fenômeno é ilustrado pela figura 12, onde é possível verificar a manifestação de eflorescência na parte inferior de uma ponte de concreto.

**Figura 12 – Manifestação de eflorescência em estrutura de concreto**



Fonte: CINPAR, 2017

Segundo Silva (2016) esse tipo de manifestação patológica ocorre da seguinte forma:

1. Acontece a infiltração da água;
2. Desenvolvimento da hidrólise dos sais existentes no interior da estrutura e
3. A água evapora, levando os sais até a superfície.



### 2.3.6 Fissuração

O surgimento de fissuras é um dos problemas mais encontrados em estruturas de concreto. As fissuras se tratam de aberturas que surgem nas superfícies indicando que houve um comprometimento da resistência aos esforços da estrutura. Esse processo pode ocorrer dias, meses ou até mesmo anos após a execução da estrutura (ALVES *et al.*, 2009).

A figura 13 demonstra o surgimento de fissuras na face de uma ponte de concreto. Na mesma imagem é possível observar também a manifestação da eflorescência, vista anteriormente.

**Figura 13 – Manifestação de fissuração em estrutura de concreto**



Fonte: CINPAR, 2017

As principais causas do surgimento de fissuras estão relacionadas à cura do concreto, retração, carregamentos, variações de temperatura, má execução, recalque, ações do meio ambiente e erros de projeto (ALVES *et al.*, 2009).

### 2.3.7 Falhas no processo produtivo

O aparecimento de patologias nas estruturas de concreto armado, está longe de ser ligada somente a fatores químicos e ações naturais, o fato, é que muitas das vezes a má execução do processo construtivo ocasiona o surgimento de diversos problemas que se não verificados a tempo e tratados adequadamente podem se tornar extremamente nocivos à construção (BAUER, 2008).



Segundo Helene (2005) a construção de pontes de concreto armado, seja em vigas, pórticos, estaiadas, etc., é um processo extremamente delicado pois exige questões que estão diretamente ligadas a estabilidade, durabilidade, segurança e desempenho da ponte durante toda a sua vida útil.

Alguns exemplos de falhas no processo produtivo e que são muito prejudiciais a estrutura são:

- Erros de projeto;
- Falhas e erros de concretagem;
- Falha ou ausência de juntas de dilatação ou encontros;
- Problema na drenagem;
- Aparelhos de apoio ou mesoestrutura mal executados, entre outros.

#### 2.4 INSPEÇÃO EM PONTES DE CONCRETO ARMADO

Pontes e viadutos são constantemente expostos a vários problemas de degradação, isso exige que sejam tomadas precauções a fim de preservar sua vida útil.

Essas precauções repercutem na existência de recomendações de manutenção eficazes, incluindo procedimentos para garantir que a ponte esteja em boas condições. Em diversos casos, o processo de manutenção é inadequado ou insuficiente para evitar que apareçam manifestações patológicas na estrutura das pontes. Quando isso ocorre, devem ser solicitadas ações emergenciais para impedir que a estrutura se torne inutilizável (EUQUERES, 2011).

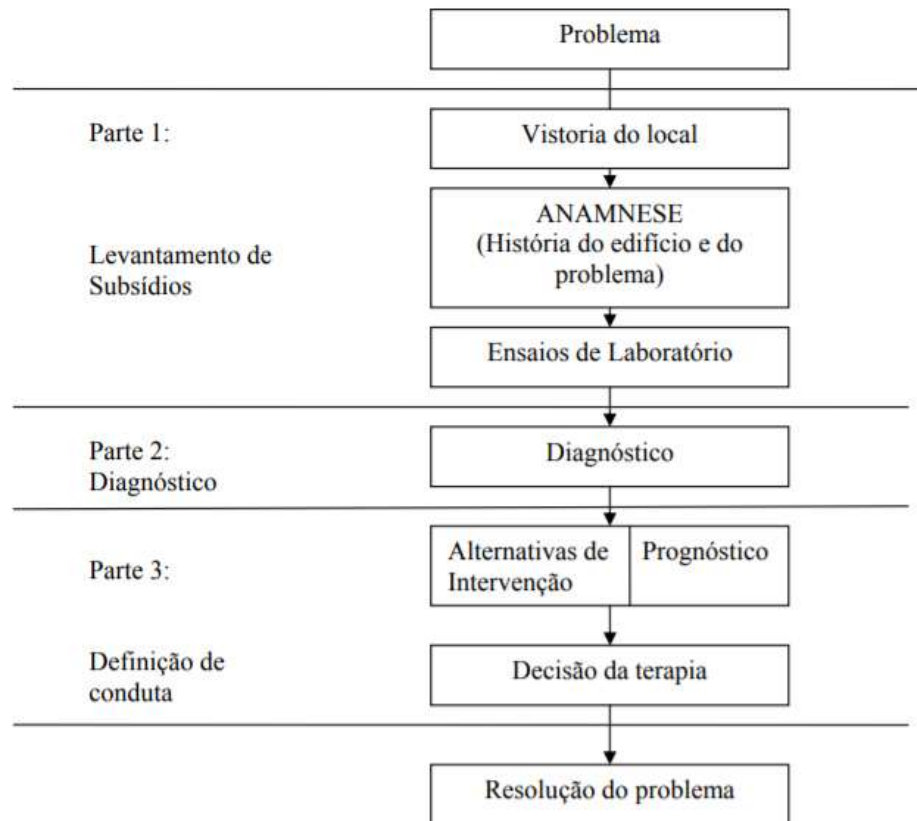
Nesse contexto, se inserem as inspeções em estruturas de concreto que tem como principal objetivo a verificação do estado de conservação da estrutura. Através da ABNT NBR 16230 (ABNT, 2013): Inspeção de estruturas de concreto - Qualificação e certificação de pessoal - Requisitos, são estabelecidos “os requisitos para qualificação e certificação de pessoal para inspeção de estruturas de concreto.”

De acordo com Antoniazzi (2008) um processo de inspeção envolve as seguintes etapas:

- I. Levantamento do local onde será feita a inspeção, assim como histórico e demais informações pertinentes;
- II. Realização do diagnóstico da situação, através do entendimento de todas as variáveis envolvidas no processo patológico.
- III. Levantamento das soluções para a intervenção no problema.

O mesmo autor apresentou ainda, através de um esquema, a metodologia da inspeção de estruturas de concreto ilustrada pela figura 14.

**Figura 14 – Esquema da realização de uma inspeção**



Fonte: ANTONIAZZI, 2008.

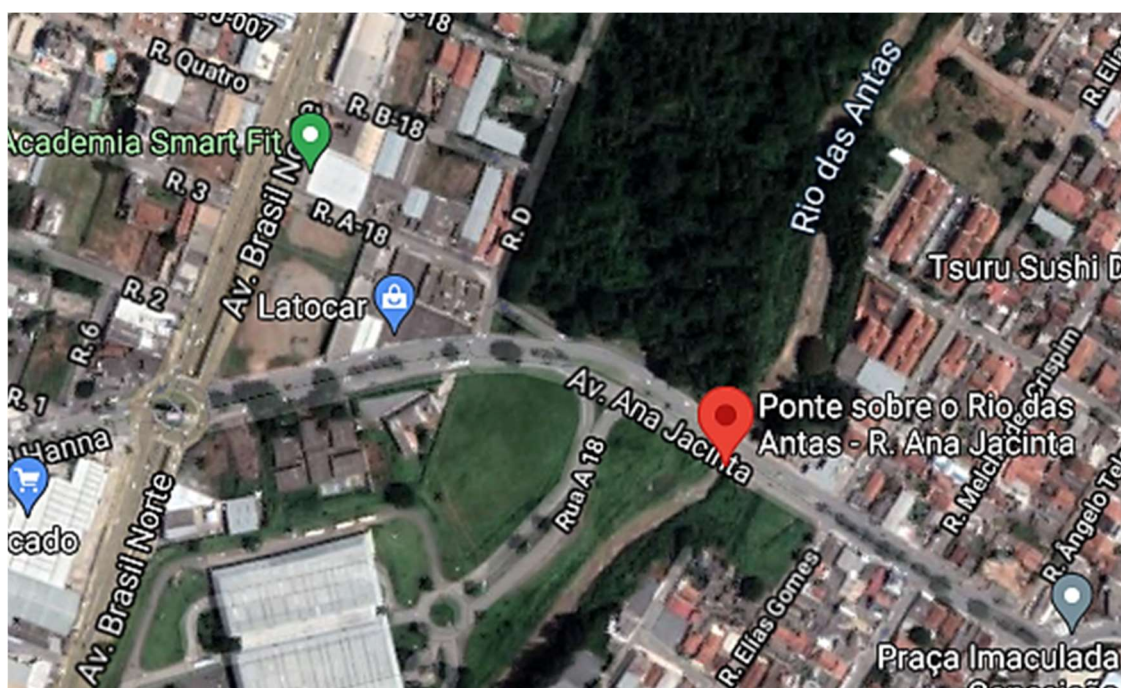
Para Euqeres (2011) as inspeções podem ser rotineiras, efetuadas em períodos regulares, extensivas, que além de serem efetuadas em períodos regulares são realizadas para investigações mais detalhadas e as especiais, solicitadas para causas extraordinárias como acidentes ou solicitações de inspeções anteriores.

### 3 INSPEÇÃO: PONTE SOBRE O RIO DAS ANTAS

A inspeção estrutural e patológica foi realizada na Ponte sobre o Rio das Antas situada na R. Ana Jacinta em Anápolis GO. A ponte de concreto faz a ligação da Av. Brasil com a Vila Santa Maria de Nazaré e demais bairros pertencentes a região leste de Anápolis.

A Figura 15 ilustra a localização vista em satélite da Ponte sobre o Rio das Antas.

Figura 15 - Localização vista em satélite da Ponte sobre o Rio das Antas.



Fonte: <https://www.google.com/maps/place/Ponte+sobre+o+Rio+das+Antas+-+R.+Ana+Jacinta/@-16.3216972,-48.9464144,991m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x630474d73d4ef53b!8m2!3d-16.3216614!4d-48.9432492>

A inspeção seguiu as diretrizes das normas NBR 9452:2019 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento e NBR 16694:2020 - Projeto de pontes rodoviárias de aço e mistas de aço e concreto.

A NBR 9452 (ABNT,2019) estabelece que é preciso definir o tipo de inspeção a ser realizada. No caso da ponte estudada deve ser seguido o procedimento da Inspeção Especial, recomendada para pontes que apresentam, dentre outras características, comportamento problemático. Esse tipo de inspeção é realizado com periodicidade de 05 anos ou pode ser antecipada caso haja necessidade. No caso da Ponte sobre o Rio das Antas a Inspeção Especial deve ser realizada por apresentar um número considerável de manifestações patológicas.

Uma inspeção à referida ponte foi realizada através de visitas ao local e registros fotográficos para diagnóstico das anomalias. Foi utilizada a Ficha de Inspeção Especial baseada no Anexo D da NBR 9452 (ABNT,2019), disponível no Apêndice A deste TCC, para registro das informações necessárias.

### 3.1 LEVANTAMENTO DA PATOLOGIAS E DIAGNÓSTICO

De acordo com a NBR 9452 (ABNT,2019), patologia se trata de um estudo especializado das causas e consequências de anomalias no elemento da OAE. As anomalias por sua vez, são definidas pela norma como sendo uma descaracterização do elemento da OAE em relação à sua execução original enquanto o diagnóstico é caracterizado por ser o resultado da natureza de uma anomalia.

Nesse sentido, durante as visitas foram levantadas algumas anomalias manifestadas na Ponte sobre o Rio das Antas e através de registros fotográficos foram feitos alguns diagnósticos.

#### 3.1.1 Fissuras

A manifestação de fissuras foi uma das anomalias mais encontradas na extensão da OAE. Também é uma das patologias mais comuns em pontes de concreto. A Figura 16 ilustra as fissuras identificadas na OAE.

**Figura 16 - Fissuras na Ponte sobre o Rio das Antas**



Fonte: AUTORES, 2021.



O local onde mais foi observada a manifestação de fissuração foi na superestrutura da ponte. A Figura 17 ilustra a fissuração na parte de baixo da superestrutura da ponte.

**Figura 17 - Fissuras na superestrutura da Ponte sobre o Rio das Antas**



Fonte: AUTORES, 2021.

O próprio aspecto da fissura pode configurar apontar para do aparecimento da anomalia.

Dentre as causas do aparecimento de fissuras em estruturas de concreto armado estão esforços de cisalhamento, flexão, tração e torção, causas por excesso de carregamento e recalques. Além disso, cura mal realizada, variações de temperatura, ataques químicos, erros de projeto ou execução, podem também configurar como causas para o surgimento de fissuras em estruturas de concreto.

Como pouco se sabe sobre o processo executivo da ponte, não é possível garantir que a causa dessas anomalias seja algum desses processos. No entanto, pode-se afirmar que quase todo o processo de fissuração está presente na parte inferior da superestrutura da ponte o que pode ser visto nas Figuras 16 e 17. Dentre as causas possíveis da fissuração tem-se as tensões de tração causadas pelo Momento Fletor.

O processo de fissuração pode ainda originar outras manifestações patológicas. Isto pode ser observado na Figura 18 onde se observa uma eflorescência na superestrutura da ponte, juntamente com a fissura.

### 3.1.2 Eflorescências

Outra anomalia muito encontrada na OAE foi a manifestação de eflorescência, caracterizada por manchas esbranquiçadas na superfície da estrutura trazidas pela evaporação da água existente no interior dessas estruturas.

As eflorescências foram encontradas principalmente na parte de baixo na superestrutura, conforme mostra a Figura 18.

**Figura 18 – Eflorescências na Ponte sobre o Rio das Antas**



Fonte: AUTORES, 2021.

Em alguns locais o aparecimento desses sedimentos salinos esbranquiçados na superfície da estrutura é tão acentuado que é possível ver a formação da eflorescência se acumular em um relevo na face da superfície, conforme se vê na Figura 19.

**Figura 19 – Eflorescência crítica na Ponte sobre o Rio das Antas**



Fonte: AUTORES, 2021.

A ocorrência de eflorescências em pontes de concreto é frequente devido a constante contato da estrutura com a água. Isso ocorre, pois, ao entrar em contato com a umidade os sais presentes no concreto são trazidos para a superfície da estrutura, causando as manchas esbranquiçadas conforme as Figuras 18 e 19.

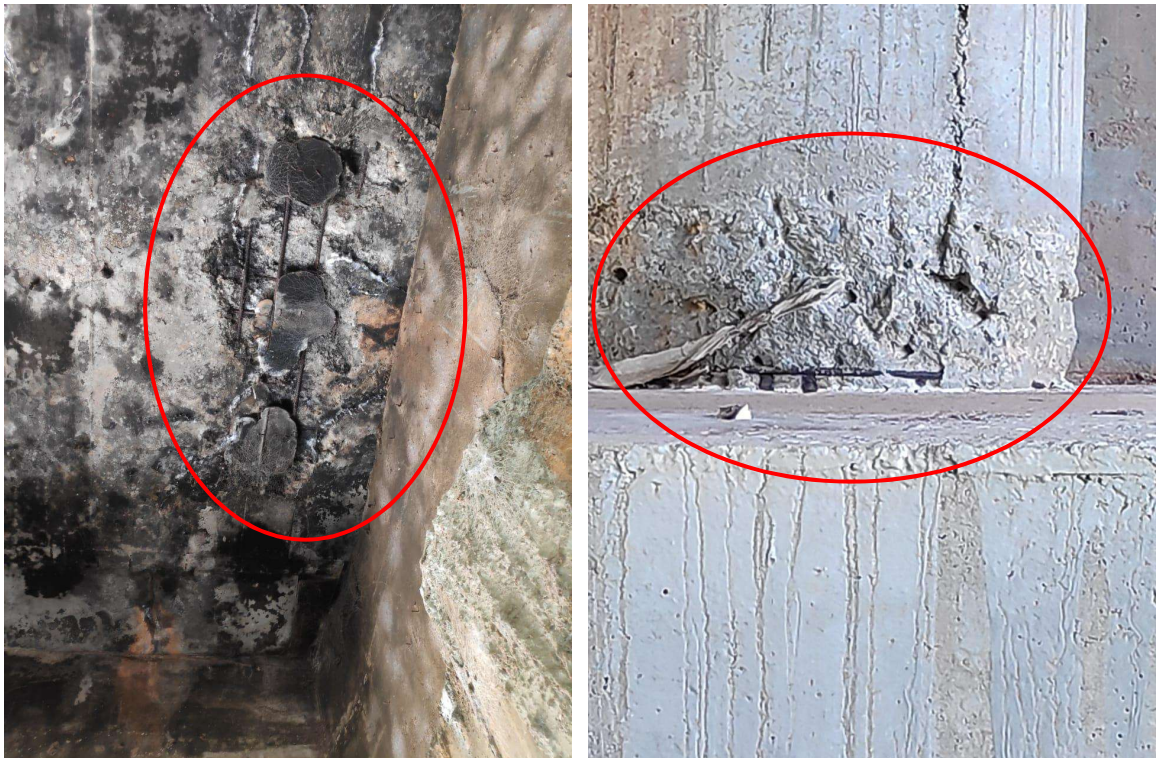
### **3.1.3 Corrosão**

Em alguns pontos da estrutura foi identificado a manifestação de corrosão na armadura ocasionando na desagregação do concreto, conforme ilustrado na Figura 20.

A desagregação do concreto é caracterizada pela separação física de partes da estrutura. Na imagem à direita é possível ver a corrosão no pé do pilar da ponte, onde o contato da estrutura com a água é mais acentuado que em outros.



**Figura 20 - Corrosões na Ponte sobre o Rio das Antas**



Fonte: AUTORES, 2021.

O processo corrosivo se trata da deterioração das armaduras por ações físico-químicas. São falhas na execução, falta de inspeções e manutenção os responsáveis pela evolução da corrosão das armaduras.

Outro fator que torna a ponte bastante susceptível à corrosão pode ser a ação de microrganismos que se instalam na estrutura podendo causar uma corrosão microbiológica

### **3.1.4 Diagnóstico**

A NBR 9452 estabelece que seja feita a classificação da ponte a partir da vistoria realizada, segundo a norma “a classificação da OAE consiste da atribuição de sua condição, que pode ser excelente, boa, ruim ou crítica, associando notas aos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade” (ABNT, 2019). Logo, esses critérios dependerão do grau de comprometimento de cada elemento em relação a anomalia.

Os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade associados a anomalia para classificação citados pela NBR 9452 os são:

- Parâmetro Estrutural: Relacionado a segurança estrutural da OAE.



- Parâmetro Funcional: Relacionado a destinação do elemento (Segurança e conforto do usuário).
- Parâmetro de Durabilidade: Atendimento à vida útil da estrutura.

Para um melhor entendimento do diagnóstico, as notas da classificação da OAE foram mensuradas para superestrutura, mesoestrutura (pilares), fundação e encontro. A Figura 21 ilustra essa distribuição.

**Figura 21 – Elementos estruturais da Ponte Sobre o Rio das Antas**



Fonte: AUTORES, 2021.

Desta forma, cada elemento foi pontuado conforme a classificação da OAE de acordo com os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade da NBR 9452 (ABNT, 2019).

O resultado dessa classificação é apresentado no Quadro 01.

**Quadro 01 – Classificação da Ponte Sobre o Rio das Antas de acordo parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade**

Elemento	Parâmetros / NOTA			Caracterização
	Estrutural	Funcional	Durabilidade	
Superestrutura	2	2	2	A superestrutura apresenta diversas anomalias que comprometem a segurança da OAE, funcionalidade e vida útil. A evolução dessas anomalias pode vir a causar danos mais graves.
Aparelhos de apoio	3	3	3	As avarias verificadas nos aparelhos de apoio, não apresentam sinais de comprometimento da estabilidade do elemento, entretanto, se não tratada pode evoluir para um estado mais grave.
Pilar	2	2	2	Os pilares apresentam diversas anomalias que comprometem a segurança da OAE, funcionalidade e vida útil. A evolução dessas anomalias pode vir a causar danos mais graves.
Fundação	3	3	3	A fundação apresentou pequenas anomalias que ainda não comprometem a estabilidade do elemento, entretanto, se não tratada pode evoluir para um estado mais grave.
Encontro	2	2	2	Os encontros apresentam sinais de erosão, que se evoluírem podem vir a comprometer a segurança da OAE, funcionalidade e vida útil.

Fonte: AUTORES, 2021.

Deste modo, verifica-se que a situação da Ponte Sobre o Rio das Antas é crítica, uma vez que as anomalias encontradas comprometem a segurança, funcionalidade e vida útil da OAE, principalmente por haver manifestações patológicas graves na maior parte dos elementos da estrutura.

## 3.2 SUGESTÕES DE INTERVENÇÃO

Com base nas informações levantadas na vistoria juntamente com as fotografias das anomalias registradas, foi realizado o diagnóstico das patologias identificadas, a partir desse diagnóstico busca-se levantar as possíveis intervenções para essas anomalias.

### 3.2.1 Fissuras

Para o tratamento das fissuras, é ideal que as mesmas sejam identificadas quanto o tipo de fissura, uma vez que elas podem ser: fissuras mortas ou inativas, ou seja, não aumentam nem diminuem a abertura, e nem crescem de tamanho ou fissuras vivas ou ativas, ou seja, ainda podem sofrer modificações, como aumento do tamanho e abertura.

No caso das fissuras mortas ou inativas o processo de recuperação pode ser feito de duas formas, através da escariação da fissura e preenchimento com argamassa de cimento e areia, ou alargamento da fissura (geralmente em formato V) e preenchimento com argamassa de cimento e areia ou resina epóxica.

Já no caso de fissuras ativas, recomenda-se a utilização de selantes para o tratamento, geralmente são utilizados poliuretanos, compostos à base de betume ou outros compostos os modificados existentes no mercado.

Se a abertura da fissura ativa for pequena pode-se realizar o preenchimento da abertura com resina epóxica. A injeção do composto para preenchimento da abertura com a resina deve ser feita em intervalos e com cuidados para que sejam injetados dentro do período limite de aplicação.

No caso de fissuras ativas com aberturas grandes, a recuperação é feita através da abertura de uma cavidade na fissura que posteriormente é preenchida com selante elástico, geralmente mastiques, termoplásticos ou elastômeros.

### 3.2.2 Eflorescências

As eflorescências podem ser tratadas através da remoção dos sedimentos salinos esbranquiçados na superfície da estrutura com ácido acético, em casos mais severos (como a Figura 19) pode-se fazer uma camada de revestimento com argamassa.

A fim de evitar o surgimento de desse tipo de anomalia podem ser empregados impermeabilizantes sobre substratos com argamassa de revestimento sem cal.

### 3.2.3 Corrosões

O processo de recuperação da corrosão é feito em duas etapas: a preparação e recomposição.

Na preparação acontece a remoção da parte do elemento contaminada pelo processo corrosivo. Caso a parte a ser removida contenha armadura, é preciso remover o concreto de forma que o aço fique exposto, se a armadura também estiver afetada pela corrosão, a parte afetada também deve devidamente removida. É importante que o processo de remoção de elementos de concreto assim como armadura sejam acompanhados por profissional qualificado (Engenheiro Civil).

Para a recuperação, é preciso observar o estado do elemento afetado. Caso a corrosão não tenha reduzido a seção da armadura em mais de 10%, é preciso proteger a armadura já tratada contra corrosão através do envolvimento do aço com argamassa com alto teor de cimento ou argamassa epóxica. Caso a seção da armadura tenha reduzido em mais de 10% devido a corrosão é preciso colocar armação suplementar ancorada.

## 4 CONCLUSÃO

As obras-de-arte especiais, constituídas de pontes e viadutos são componentes importantes do sistema viário e fundamentais para o deslocamento de veículos, pessoas e materiais. Essas OAEs podem ser construídas de vários materiais, entretanto o mais utilizado é o concreto armado. Embora sejam comumente construídas se não forem diagnosticadas a tempo as pontes de concreto armado sofrem manifestações patológicas que podem afetar a integridade da estrutura e a eficiência da mesma.

Este TCC teve como escopo a inspeção estrutural e o diagnóstico de manifestações patológicas em pontes de concreto. Apresentou-se como estudo de caso a realização de uma inspeção na Ponte sobre o Rio das Antas situada na R. Ana Jacinta em Anápolis GO. No estudo de caso foi realizada uma Inspeção Especial baseada na NBR 9452 (ABNT,2019) recomendada para pontes que apresentam comportamento problemático, como o caso da Ponte sobre o Rio das Antas.

A partir da Inspeção Especial são identificadas algumas anomalias como fissuração, eflorescência e corrosão. A manifestação de fissuras é uma das anomalias encontradas na extensão da OAE, na superestrutura da ponte. As eflorescências foram encontradas principalmente na parte inferior da superestrutura. No que diz respeito à corrosão foi encontrada principalmente com armaduras expostas.

Depois de feito o diagnóstico, foi atribuída uma nota de classificação de 1 a 5 aos elementos da ponte segundo o que recomenda a NBR 9452 (ABNT,2019), para o parâmetro estrutural, relacionado a segurança estrutural da OAE, funcional relacionado a destinação do elemento (Segurança e conforto do usuário) e de durabilidade que diz respeito ao atendimento à vida útil da estrutura.

Essas manifestações patológicas, na tipologia e intensidade que ocorreram, configura a necessidade de intervenção na ponte para reparo das anomalias.

Com base nisso, concluiu-se que o estudo realizado na Ponte sobre o Rio das Antas proposto neste TCC foi muito importante para a verificação da necessidade de se realizar inspeções em pontes de concreto, pois a falta desse tipo de controle ocasiona em diversas anomalias.

Além disso, o estudo proporcionou também para os acadêmicos o aprendizado não só sobre a inspeção de pontes, mas também sobre a ocorrência de manifestações patológicas nesse tipo de estrutura e como a ocorrência dessas anomalias pode ser prejudicial.

#### 4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Verificação das ações sugeridas para correção das anomalias na Ponte sobre o Rio das Antas;
- Realização de Inspeções em outras OAEs de acordo com o que recomenda a NBR 9452 (ABNT,2019);
- Elaboração de um manual sobre o diagnóstico e tratamento de manifestações patológicas em pontes de concreto.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.** Rio de Janeiro, 2013.
- \_\_\_\_\_. **NBR 16230: Inspeção de estruturas de concreto - Qualificação e certificação de pessoal - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2013.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7187: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2003.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações.** Rio de Janeiro, 2019.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações.** Rio de Janeiro, 1998.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2019.
- ALVES, Vancler R. *et al.* **Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais.** Artigo. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2009.
- ANTONIAZZI, J. P. **Patologia das construções: Metodologia para diagnóstico e estudo de caso em marquises.** Universidade Federal de Santa Maria: Santa Maria, 2008.
- ANDRADE, Bruna Dias de. *et al.* **Patologias e inspeção de pontes em concreto armado: Estudo de caso da ponte Governador Magalhães Pinto.** Artigo. Revista Engevista: São Carlos, 2019.
- ANTUNES, Camila. **Corrosão em Concreto.** Slide Shire. 2014. Disponível em: <https://www.slideshare.net/camilaantunes/corrosao-em-concreto/5>. Acesso em: 30 de novembro de 2020.
- BAUER, Falção. **Materiais de Construção.** LTC: Rio de Janeiro, 2008.
- BASTOS, Herik César do Nascimento; MIRANDA, Mateus Zanirate. **Principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos: manuseio e manutenção das obras de arte especiais.** Artigo. Revista CONSTRUINDO: Belo Horizonte, 2017.
- BARBOSA, Leandro Rosa; PESSANHA, Maikon Caetano; MILLER, Cristiano Pena. **Dimensionamento estrutural de uma ponte em concreto armado. Projeto de pesquisa.** Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF: Campo dos Goytacazes, 2005.
- BERTOLINI, L. **Materiais de construção.** Oficina de texto: São Paulo, 2010.
- BROOKS, J. J; NEVILLE, A. M. **Tecnologia do concreto.** Bookman: Porto Alegre, 2013.

CINPAR. **Manifestações Patológicas**. Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas. 2017. Disponível em: <http://www.urca.br/novo/portal/docs/pdf/2017/Eventos/CINPAR/CINPAR-Vol%20I-A.pdf>. Acesso em: 03 de dezembro de 2020.

COÊLHO, Ronaldo Sérgio de Araújo. **Concreto armado na prática**. UEMA: São Luís, 2008.

CORREIA, Vinicius Costa; FERNANDES, Antonio Vitor Barbosa. **Uma introdução ao estudo das pontes em viga**. Artigo. Revista Ciências exatas e tecnológicas: Aracaju, 2017.

DEBS, Mounir Khalil El; TAKEYA, Toshiaki. **Introdução às pontes de concreto**. Universidade de São Paulo: São Carlos, 2017.

EUQUERES, Priscilla. **Metodologia de inspeção em estruturas de pontes de concreto armado. Dissertação**. Universidade Federal de Goiás: Goiânia, 2011.

FRANÇA, Alda Luisa Veiga Ferreira. **Métodos executivos de obras de arte especiais: estudo de caso em construção em meio urbano**. Projeto de Graduação. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2011.

FRAZÃO, Yuri Abas. **Carbonatação do Concreto**. SPOT. 2020. Disponível em: <https://spotcursos.com.br/blogs/patologia-da-construcao/posts/carbonatacao-do-concreto>. Acesso em: 05 de dezembro de 2020.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Tecnologia do Concreto Estrutural**. Pini: São Paulo, 2012.

FOURNIER, Benoit; KUPERMAN, Selmo; SANCHEZ, Francisco Moretti. **A evolução e desenvolvimento dos ensaios laboratoriais na prevenção e avaliação da reação álcali-agregado (RAA)**. 2010. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/eventos/52cbc/leandro.pdf>. Acesso em: 03 de dezembro de 2020.

FILHO, Antonio Edvar Andrade. **Estudo comparativo da degradação de pontes de concreto armado e mistas nos Estados do Ceará e Amazonas**. Dissertação. 2008. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/4289>. Acesso em: 03 de dezembro de 2020.

HELENE, Paulo. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. Red Rehabilitar: São Paulo, 2005.

HOSS, Cristiano. **Projeto de uma ponte em arco inferior em concreto armado**. Trabalho de diplomação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2014.

LAPA, Jose Silva. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2008.

MACHADO, Mirtes Tamy Gomes. **Parábolas - As curvas preciosas**. Projeto de pesquisa. Universidade Estadual de Londrina UEL: Londrina, 2007.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de concreto armado**. Blucher: São Paulo, 2008.



MAZARIM, Diego Montagnini. **Histórico das pontes estaiadas e sua aplicação no Brasil.** Dissertação. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2011.

QUADROS, Helena Szortika. **Projeto estrutural de ponte: Comparativo de soluções com vigas seções T pré-moldadas e caixão moldada *in loco*.** Trabalho de diplomação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2013.

ROCHA, Bruno dos Santos. **Manifestações Patológicas e avaliação de estruturas de concreto armado.** Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2015.

ROLIM, Paulo Henrique Borba. **Reação Álcali-agregado: avaliação do método químico de ensaio.** Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2010.

ROSENBLUN, Anna. **Pontes em estruturas segmentadas pré-moldadas protendidas: análise e contribuições ao gerenciamento do processo construtivo.** Dissertação. Universidade do Estado do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2009.

SANCHEZ, Leandro Francisco Moretti. **Contribuição aos estudos dos métodos de ensaio na avaliação das reações álcali-agregado em concretos.** Dissertação. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2008.

SARTORTI, Artur Lenz. **Identificação de patologias em pontes de vias e rurais no município de Campinas SP.** Dissertação. Universidade Estadual de Campinas: Campinas, 2008.

STUCCHI, Fernando Rebouças. **Pontes e grandes estruturas.** Notas de Aula. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2006.

SILVA, Eliseu Mezzomo da. **Manifestações patológicas em revestimentos: Análise e terapia.** Trabalho de Conclusão. Universidade Federal de Santa Maria: Santa Maria, 2016.




TORNERI, Paola. **Comportamento estrutural de pontes estaiadas comparação de alternativas.** Dissertação. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2002.

VASCONCELOS, Flávio de Oliveira. **Análise de manifestações patológicas em pontes de concreto armado – Estudo de caso.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Alagoas: Delmiro Gouveia, 2018.

VITÓRIO, Afonso. **Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão.** CREA-PE: Recife, 2002.

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

**APÊNDICE A**  
**FICHA DE INSPEÇÃO ESPECIAL - PONTE SOBRE O RIO DAS ANTAS**

<b>Ficha de inspeção especial</b>		
Inspeção especial (ano): 2021	OAE Código: Não se aplica	
Jurisdição (DNIT, concessão ou outro): Não se aplica		
Data de inspeção: 17/04/2021	Início: 7h	Término: 11h
<b>PARTE I - Síntese do relatório de patologia</b>		
<b>1 - Localização</b>		
Rodovia ou município: Anápolis GO	Sentido: Não se aplica.	
Obra: Não se aplica	Localização (Km ou endereço): Av. Ana Jacinta - Cidade Jardim, Anápolis - GO, 75113-190.	
<b>2 - Descrição da obra</b>		
Quantidade de vãos: 01		
Pilares: 04	Largura total: Aproximadamente 10m	
Vigas: 01	Comprimento total: Aproximadamente 19m	
<b>3 - Ensaios realizados</b>		
Não foram realizados ensaios.		
<b>4 - Classificação da OAE (ver seção 5)</b>		
Estrutural: 02	Funcional: 02	
Durabilidade: 02		
<b>5 - Vistoria</b>		
Data da vistoria: 17/04/2021		
<b>6 - Descrição das anomalias</b>		
<b>Superestrutura</b>		
Fissuras e eflorescências na parte inferior da superestrutura.		
		



### Mesoestrutura


Fissuras e corrosões.



### Infraestrutura

Fissuras e corrosões.



<b>Encontro</b>
<p data-bbox="159 280 750 309">Estruturas de encontro com indicio de erosão.</p> <div data-bbox="427 353 1206 860">  </div>
<b>Elementos complementares</b>
<p data-bbox="159 929 598 958">Não foram observadas anomalias.</p>
<b>Parte II - Síntese do relatório de terapia</b>
<b>1 - Parecer técnico</b>
<p data-bbox="159 1086 478 1115">Conclusões da inspeção:</p> <p data-bbox="159 1124 1220 1153">Foram identificadas algumas anomalias como fissuração, eflorescência e corrosão.</p>
<b>2 - Resumo da análise estrutural (caso necessário )</b>
<p data-bbox="159 1272 1476 1391">A manifestação de fissuras é uma das anomalias encontradas na extensão da OAE, na superestrutura da ponte. As eflorescências foram encontradas principalmente na parte inferior da superestrutura. No que diz respeito à corrosão foi encontrada principalmente com armaduras expostas.</p>
<b>3 - Proposição de restauração e/ou reforço</b>
<p data-bbox="159 1489 335 1518">A considerar:</p> <p data-bbox="159 1527 1476 1601">As manifestações patológicas, na tipologia e intensidade que ocorreram, configura a necessidade de intervenção na ponte para reparo das anomalias.</p>