

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**GUILHERME DELGADO DE CASTRO PINHEIRO**

**MAPEAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA PONTE GENERAL  
OSÓRIO LOCALIZADA EM MANOEL VIANA/RS**

**Alegrete  
2022**

**GUILHERME DELGADO DE CASTRO PINHEIRO**

**MAPEAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA PONTE GENERAL  
OSÓRIO LOCALIZADA EM MANOEL VIANA/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Fernanda Bianchi Pereira da Costa

**Alegrete  
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

P654a Pinheiro, Guilherme Delgado de Castro  
MAPEAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA PONTE GENERAL OSÓRIO LOCALIZADA EM MANOEL VIANA/RS / Guilherme Delgado de Castro Pinheiro.

69 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA CIVIL, 2022.

"Orientação: Fernanda Bianchi Perereira da Costa".

1. Patologias em Concreto Armado. 2. Pontes de Concreto Armado.  
3. Pontes em Arco. I. Título.

## GUILHERME DELGADO DE CASTRO PINHEIRO

### MAPEAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA PONTE GENERAL OSÓRIO LOCALIZADA EM MANOEL VIANA/RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 22 de março de 2022.

#### BANCA EXAMINADORA:

PROFA. DRA. FERNANDA BIANCHI PEREIRA DA COSTA - UNIPAMPA  
ORIENTADORA

PROFA. DRA. SIMONE DORNELLES VENQUIARUTO - UNIPAMPA

PROF. DR. ALISSON SIMONETTI MILANI - UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **ALISSON SIMONETTI MILANI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/03/2022, às 08:31, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **SIMONE DORNELLES VENQUIARUTO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/03/2022, às 09:11, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FERNANDA BIANCHI PEREIRA DA COSTA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/03/2022, às 09:14, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0761173** e o código CRC **47CFF869**.

## RESUMO

PINHEIRO, Guilherme Delgado de Castro. **Mapeamento das Manifestações Patológicas da Ponte General Osório localizada em Manoel Viana/RS**. Alegrete: Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, 2022.

Pontes são estruturas responsáveis por ligar dois pontos separados por um obstáculo e apresentam, portanto, papel importante para o modal rodoviário do país. Essas construções são de grande importância quando se trata de desenvolvimento econômico e social, pois facilitam o transporte de pessoas, insumos, animais e demais produtos. No entanto, em pontes de médio ou pequeno porte, a fiscalização e vistorias acerca do estado de conservação não ocorre com a devida frequência, ou são inexistentes. Por conta disso, este trabalho busca, através de embasamento teórico acerca de patologias e vistorias em estruturas de concreto armado com ênfase em pontes, avaliar o estado de conservação e mapear os danos encontrados na ponte General Osório. Destaca-se que a ponte foi construída com estrutura em arco de concreto armado e está localizada no município de Manoel Viana no estado do Rio Grande do Sul, próxima a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), campus Alegrete. Em suma, foram localizadas e quantificadas diversas manifestações patológicas, tais como armadura exposta com corrosão, fissuração, eflorescência, presença de umidade e matéria orgânica.

Palavras-Chave: patologias; pontes; concreto; aço.

## **ABSTRACT**

**PINHEIRO, Guilherme Delgado de Castro. Mapping of Pathological Manifestations of the General Osório Bridge located in Manoel Viana/RS.** Alegrete: Federal University of Pampa – UNIPAMPA, 2022.

Bridges are structures responsible for connecting two points separated by an obstacle and play an important role in a country's road transport. These buildings are of great importance when it comes to economic and social development, as they facilitate the transport of people, supplies, animals and other products. However, in medium or small bridges, inspections, about the state of conservation do not occur with the necessary frequency, or are non-existent. Because of this, this case study seeks, through theoretical basis about pathologies and inspections in reinforced concrete structures with emphasis on bridges, to assess the state of conservation and map the damage found on the General Osório bridge. It is noteworthy that the bridge was built with a reinforced concrete arch structure and is located in the municipality of Manoel Viana in the state of Rio Grande do Sul, close to the Federal University of Pampa (UNIPAMPA), Alegrete campus. In short, several pathological manifestations were located and quantified, such as exposed reinforcement with corrosion, cracking, efflorescence, presence of moisture and organic matter.

Keywords: pathologies; bridges; concrete; steel.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ponte de Pedra, Rio Meles, Turquia .....	18
Figura 2 – Elementos Constituintes das Pontes.....	19
Figura 3 – Esquemas Estruturais da Superestrutura.....	21
Figura 4 – Diferentes Tipos de Pontes em Arco.....	22
Figura 5 – Fissura Típica de Assentamento Plástico .....	24
Figura 6 – Fissura Típica de Retração Plástica do Concreto .....	25
Figura 7 – Fissura na Alma Devido à Retração e/ou Temperatura .....	25
Figura 8 – Fissura de Retração na Alma da Viga.....	26
Figura 9 – Fissuras típicas de flexão, força cortante, variação de temperatura e/ou retração, impedidas ou não.....	26
Figura 10 – Ilustração dos Tipos de Fissuras.....	27
Figura 11 – Frente de Carbonatação e alteração do pH do concreto.....	28
Figura 12 – Armadura Exposta, apresentando corrosão.....	29
Figura 13 – Tipologia da Corrosão do aço .....	30
Figura 14– Formação da Semipilha em meio de concreto armado .....	30
Figura 15 – Eflorescência sobre concreto .....	31
Figura 16 – Juntas de Dilatação.....	38
Figura 17 – Sistema de Drenagem.....	39
Figura 18 – Pavimento sobre pontes.....	39
Figura 19 – Gráfico vida útil x Atividade de Manutenção .....	40
Figura 20 – Ponte General Osório.....	41
Figura 21 – Construção da Ponte General Osório .....	42
Figura 22 – Modelo 3D da ponte General Osório.....	43
Figura 23-A – Planta Baixa Vãos de Extremidade com Tabuleiro Superior. ....	43
Figura 23-B – Vista Lateral Vãos de Extremidade com Tabuleiro Superior. ....	44
Figura 24-A – Planta Baixa Vãos Centrais com Tabuleiro Intermediário.....	44
Figura 24-B – Vista Lateral Vãos Centrais com Tabuleiro Superior. ....	44
Figura 25 – Localização Alegrete – Manoel Viana .....	45
Figura 26 – Parte Inferior da Ponte .....	46
Figura 27 – Armadura Exposta e Eflorescência na Parte Inferior do Arco do Vão 7.....	48
Figura 28 – Armadura Exposta Transversina do Vão 8.....	49

Figura 29 – Pilar 4 com Armadura Exposta e Arco com Eflorescência e Manchas de Umidade. ....	50
Figura 30 – Fissura no Encontro com o Município de Manoel Viana .....	51
Figura 31 – Armadura Exposta Pendural 9 do Arco Superior do Vão 7 .....	52
Figura 32 – Junta de dilatação do Pavimento sobre o Pilar 1 antes e depois da revitalização.....	53
Figura 33 – Tubo de escoamento pluvial.. .....	53



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros funcional e de durabilidade.....	34
Tabela 2 – Caracterização dos elementos segundo relevância no sistema estrutural .....	37
Tabela 3 – Ficha de Inspeção Cadastral Completa .....	63

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Mapa de Danos de Armaduras Expostas .....	58
Quadro 2 – Mapa de Danos de Fissuras .....	59
Quadro 3 – Mapa de Danos de Eflorescências .....	60
Quadro 4 – Mapa de Danos de Umidades .....	61
Quadro 5 – Mapa de Danos de Matérias Orgânicas .....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS

n. – número

p. – página

f. – folha

cap. – capítulo

g – grama

ml – mililitro

KM – quilômetro

S – South (Sul)

W – West (Oeste)

a.C – Antes de Cristo

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

Fe – Ferro

O<sub>2</sub> – Oxigênio

OH – Hidroxila

C - Coluna

T – Transversina

V – Viga

PE – Pendural

P - Pilar

## **LISTA DE SIGLAS**

OAE – Obras de Arte Especiais

RS – Rio Grande do Sul

RSC – Rodovia Estadual coincidente com Rodovia Federal

NBR – Norma Brasileira

DAER – Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem

UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
1.2.1 OBJETIVOS GERAIS .....	16
1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO</b> .....	<b>17</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE PONTES</b> .....	<b>18</b>
2.1.1 HISTÓRICO .....	18
2.1.2 ESTRUTURA .....	19
2.1.3 CLASSIFICAÇÃO .....	20
2.1.4 PONTES EM ARCO .....	21
<b>2.2 PATOLOGIAS E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO</b> .....	<b>22</b>
2.2.1 FISSURAÇÃO.....	23
2.2.2 CARBONATAÇÃO.....	27
2.2.3 CORROSÃO DA ARMADURA.....	28
2.2.4 LIXIVIAÇÃO E EFLORESCÊNCIA.....	31
<b>2.3 INSPEÇÃO EM PONTES</b> .....	<b>32</b>
2.3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS.....	32
2.3.2 TIPOS DE INSPEÇÕES EM PONTES .....	35
2.3.3 ELEMENTOS COMPLEMENTARES A SEREM ANALISADOS .....	38

2.3.4 VIDA ÚTIL DA CONSTRUÇÃO .....	39
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>41</b>
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>64</b>
6 REFERÊNCIAS .....	66
ANEXO A.....	69
ANEXO B.....	70
ANEXO C.....	71

## 1 INTRODUÇÃO

Nos tempos modernos onde o ser humano visa cada vez maior praticidade e agilidade nas atividades cotidianas, torna-se cada vez mais importante que todas as áreas de atuação que englobam a sociedade estejam em adequado funcionamento. A engenharia civil é empregada em diversas dessas áreas e uma delas é a construção de pontes, definidas como Obras de Artes Especiais (OAE), tem por finalidade tornar possível a ligação entre dois locais separados por um obstáculo, seja ele hídrico, ou não. A primeira forma de transpor um desses obstáculos foi analisada na natureza, na qual, uma árvore tombada tornou possível a travessia de um curso de água. Logo, com o passar dos anos foram sendo desenvolvidas novas técnicas e melhorias nas formas de construção, tornando possível a construção de pontes com diferentes materiais, como por exemplo: madeira, ferro e concreto.

Segundo Vasconcelos (2018), pontes construídas em concreto armado são as mais comumente encontradas no Brasil, são estruturas complexas, robustas, recebem diferentes tipos de solicitações diariamente e também estão expostas a vários tipos diferentes de agentes agressivos, tendo isso em vista, é de suma importância que essas obras apresentem durabilidade adequada e segurança para os indivíduos que por elas trafegam, pois esses, não conseguem identificar o verdadeiro estado de conservação, visto que, nota-se normalmente o aspecto do pavimento e não o dos demais elementos constituintes dessas obras, logo, inspeções periódicas dos demais elementos são indispensáveis, afim de analisar o estado de conservação e os fatores que podem deteriora-los, visando manter a funcionalidade e segurança.

Segundo a NBR 9452:2019, as pontes e viadutos deveriam receber vistorias em um prazo não superior a um ano e a cada cinco anos deveriam ser feitas inspeções mais minuciosas. No entanto, Cardoso (2018) cita que não é essa a realidade brasileira, pois a maioria das pontes construídas no país não recebem vistorias e manutenções com a frequência adequada.

Essa falta de vistorias e manutenção ocorre devido à ausência de um plano de inspeção e manutenção, que por fim acarreta na degradação das estruturas,

aumento dos custos para reparos e riscos de acidentes. Timerman (2015), define que a falta de inspeções e manutenção se dá pela pouca qualificação de mão de obra no país e também pelas grandes distâncias existentes entre os grandes centros e demais localidades. Por conta desses fatores, vistorias periódicas acabam não sendo executadas.

A execução de vistorias periódicas tornaria a detecção das anomalias em tempo hábil de reparo e isso acarretaria na diminuição dos custos de manutenção. É por conta disso e da importância que a ponte General Osório apresenta para a região da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) que esse trabalho está sendo desenvolvido, afim de verificar as condições da obra, mapear as patologias encontradas e propor soluções, visando manter a segurança de quem por ela trafega e aumentar a vida útil da mesma.

. Essa obra serve como ligação entre as regiões da Fronteira e Missões do Estado do Rio Grande do Sul e diariamente centenas de veículos trafegam sobre ela, visto isso, é de suma importância que a mesma se mantenha em condições adequadas de segurança e conforto.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVOS GERAIS**

O objetivo geral será inspecionar a ponte General Osório na cidade de Manoel Viana/RS, realizar mapeamento e quantificação das patologias encontradas.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Verificar a condição geral da ponte General Osório de acordo com a NBR 9452:2019;
- b) Fazer um mapeamento das manifestações patológicas;
- c) Quantificar as manifestações patológicas encontradas e dividi-las por tipologia;



### **1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO**

Para um melhor entendimento a respeito do assunto, foi realizada revisão bibliográfica a respeito de pontes, com ênfase em pontes de concreto armado e suas patologias. Com isso no capítulo 2 é apresentado dados sobre considerações gerais dessas obras, tratando assuntos como histórico, partes constituintes das estruturas e também apresentado tipos de classificações de tais obras.

No capítulo 3 serão apresentadas revisões bibliográficas, tratando a respeito das principais manifestações patológicas presentes em pontes de concreto armado e os métodos a serem utilizados para a realização das inspeções.

A análise dos resultados será transcrita no Capítulo 4, realizando uma apresentação mais detalhada sobre o local, nomeando e mapeando as patologias encontrada e também a quantificação dessas anomalias.

Por fim, no capítulo 5, serão apresentadas as considerações finais.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Considerações Gerais Sobre Pontes

#### 2.1.1. Histórico

Ponte é definida como uma Obra de Arte Especial (OAE) que tem por finalidade a ligação de uma via que foi dividida pela presença de um obstáculo, onde esses obstáculos podem ser rios, outras vias, vales e etc. Quando essa obra tem por objetivo vencer obstáculos que não são constituídos por água, normalmente é denominada como viaduto. (PFEIL, 1979).

As primeiras pontes surgiram no planeta de forma natural e foram analisadas e adaptadas pelo homem. Há indícios de pontes construídas pelo homem desde 4000 a.C. na Mesopotâmia. No entanto, a única que está presente até os dias de hoje da mesma maneira que foi construída, é a ponte de pedra em arco (Figura 1), na Turquia, que passa sobre o Rio Meles, construída no século IX a.C.

Figura 1 – Ponte de Pedra, Rio Meles, Turquia.



Fonte: <https://itti.org.br/historia-das-pontes/> acesso em 29 de março de 2021.

Com o desenvolvimento das técnicas e melhor entendimento dos materiais, ao fim do século XVIII começaram a ser construídas pontes em estruturas metálicas, com técnicas empregadas até os dias de hoje, sendo no século XX pontes em

concreto simples e a partir de 1912 pontes em concreto armado. (EL DEBS E TAKEYA, 2007)

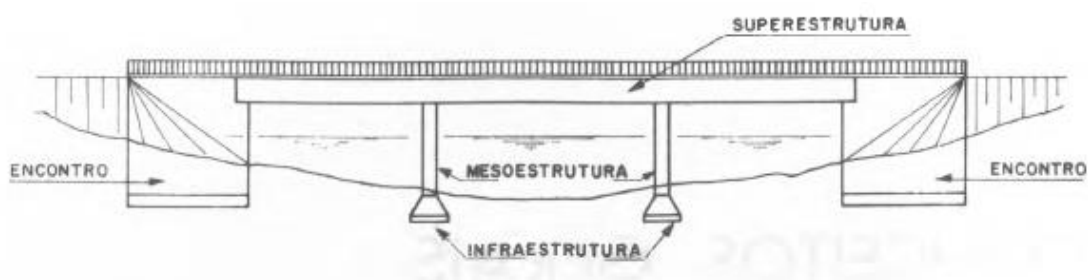
Onde, pela necessidade de um local apropriado para passagem de cavaleiros e carreteiros, meios de transporte da época, e também o comércio entre as regiões das Missões e da Fronteira do Rio Grande do Sul, que em 1945 começou a ser construída a ponte General Osório, sobre o Rio Ibicuí na cidade de Manoel Viana/RS, ponte essa que foi inaugurada em 1950. Essa construção foi decisiva para o desenvolvimento da região, facilitando a travessia, antes feita por meio de balsas.

Após o conhecimento histórico e o impacto econômico e social que essas obras implicam, é de suma importância o estudo a respeito das partes constituintes das mesmas.

### 2.1.2. Estrutura

Em relação a estrutura de pontes, autores definem de forma diferente podendo ser classificado em dois ou três grupos. Nesse trabalho está sendo considerado a forma definida por Pfeil (1979), no qual, sob o ponto de vista funcional, as pontes podem ser divididas em três partes principais: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Elementos constituintes das Pontes



Fonte: Pfeil, 1979

A superestrutura é a parte onde transitam carros, pessoas e afins, de um lado para o outro, ou seja, é a parte da ponte destinada a vencer o obstáculo. Ainda nessa parte da estrutura, pode ser dividida em estrutura principal (vigas e longarinas) e secundária (tabuleiro ou estrado, composto por materiais como laje,

tábuas ou outros materiais utilizados) onde recebem a ação direta das cargas. (SARTORI, 2008)

Nessa definição a mesoestrutura, seria a estrutura central da ponte, que recebe as cargas da superestrutura e as transmite para a infraestrutura, e fundações. Essa parte da estrutura também recebe solicitações como pressões causadas pela ação do vento e movimento da água.

A infraestrutura, refere-se as estruturas de fundação da ponte, onde recebem as cargas da mesoestrutura e as transmitem para o solo. Essas estruturas podem ser como blocos, sapatas, tubulões, e dependem do solo presente no local da construção dessas obras.

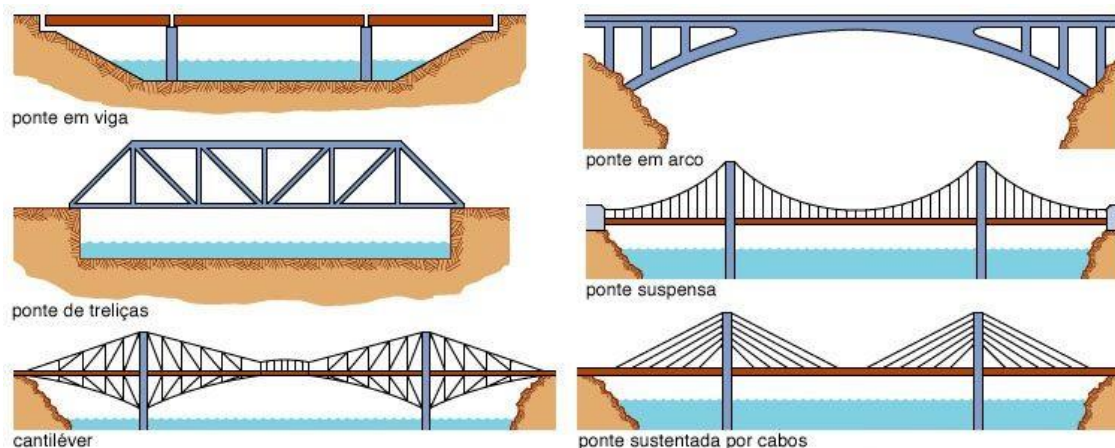
Outra estrutura presente na Figura 2 são os encontros. Esses elementos podem ou não estar presentes nas estruturas das pontes, pois eles têm a função de receber o empuxo dos aterros de acesso e evitar que esses empuxos sejam transmitidos para a estrutura da ponte. No entanto, caso seja comprovado que os aterros não apresentam risco a estrutura em questão, esses elementos podem ser desconsiderados.

### **2.1.3. Classificação das pontes**

Analisando as classificações de Pfeil (1979), El Debs e Takeya (2007) e Sartori (2008), pode-se verificar que a classificação mais comum dessas obras são:

- a) **Material da superestrutura:** aço, madeira, concreto armado, concreto protendido e mistas, não levando em conta o material utilizado na infraestrutura das pontes, onde na grande maioria é utilizado concreto armado;
- b) **Esquema estrutural da superestrutura:** essa classificação é a que leva em conta o tipo de estrutura que foi construída, podendo ser das seguintes formas: em viga, em pórtico, pênsil, estaiada, treliças, em laje e cantiléver. Exemplos mostrados na Figura 3.

Figura 3 - Esquemas Estruturais da Superestrutura



Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/ea/50/82/ea5082c81829a94b0ec9127e02ad3d10.jpg>, acessado em 31 de março 2021

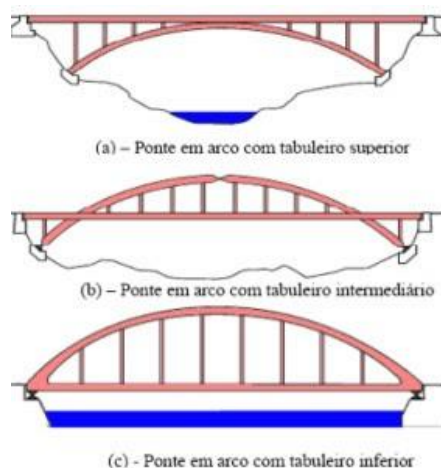
- c) **Natureza do tráfego:** nesse item é abordado o tipo de transporte para o qual será construída essa obra, podendo ser: ponte rodoviária, ferroviária, para pedestres, normalmente denominadas como passarelas, entre outras. Segundo Pfeil (1979), ainda podem ser classificadas as pontes canal, nas quais são destinadas a suportar tubulões de água, esgoto, gás, óleo e afins.
- d) **Comprimento:** essa classificação apresenta alguma divergência entre os autores, no entanto, como forma de denominação serão citadas: Galerias (2 a 3 metros de vão), pontilhões (3 a 10 metros), viadutos (mais de 10 metros) e ainda existem as denominações das pontes quanto ao tamanho do vão, onde vãos de até 30 metros são definidos como pequenos vãos, de 30 a 80 metros médios vãos e acima disso são denominados grandes vãos.

#### 2.1.4. Pontes em arco

Pfeil (1979) cita que estruturas em arco com sua forma curva, apresentam comportamento estrutural interessante, pois levando em conta essas características apresentam a possibilidade de redução dos esforços de flexão, podendo assim aproveitar a boa resistência a compressão proporcionada pelo concreto, gerando diminuição no consumo de material e a possibilidade de execução de vãos maiores. Alguns exemplos de pontes em arco estão demonstrados na Figura 4, esse estilo de

construção pode ser executado de diferentes maneiras e nessa figura demonstram alguns desses métodos, nos quais são eles, com tabuleiro superior, tabuleiro intermediário e tabuleiro inferior.

Figura 4 – Diferentes Tipos de Pontes em Arco



Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/ea/50/82/ea5082c81829a94b0ec9127e02ad3d10.jpg>, acessado em 31 de março 2021

As pontes em arco com tabuleiro intermediário são sustentadas lateralmente por montantes e, no centro, por pendurais.

No Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (2004), define que as armaduras dos arcos são armaduras corridas, com reforços localizados e seguindo a conformação dos arcos. As armaduras principais estão dimensionadas para flexão composta e ficam localizadas no fundo e no topo da seção.

## 2.2. PATOLOGIAS E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO

Desde os primórdios das civilizações, os indivíduos buscam formas de tornar a vida mais fácil e cômoda, implicando em grandes inovações em diversas áreas, sejam elas na saúde, comércio, lazer e também na construção. Por conta disso e do elevado crescimento da população, foram sendo utilizados diferentes materiais na construção, buscando agilidade, economia e materiais que tornassem possíveis as construções de obras mais aconchegantes e também mais atrativas esteticamente.

Dessa maneira obras que inicialmente eram construídas de pedra ou madeira começaram a ser construídas com outros materiais, tais como o ferro e o concreto armado, citados anteriormente. Aliando essas novas construções ao

desenvolvimento das tecnologias, entre outros fatos que foram ocorrendo ao decorrer dos anos, estudiosos começaram a estudar técnicas e soluções favoráveis para melhorias dessas obras, tentando sempre aliar aspectos práticos e econômicos a segurança e durabilidade. (SARTORI, 2008)

Ainda segundo Sartori (2008), apesar desses estudos e da melhoria nas técnicas de aplicação dos materiais, é de comum acordo para os especialistas que nenhum material possui duração eterna. Por conta disso que a Patologia das Estruturas surgiu com grande importância na Engenharia.

Para Helene (1992), Patologia é a parte da Engenharia que estuda os sintomas, as causas e as origens dos defeitos da construção civil.

As patologias das construções podem surgir por vários motivos, sejam eles: projetos falhos; má execução de projeto; materiais inadequados; mão de obra desqualificada; falta de manutenção; entre outros motivos. Assim, nesse capítulo serão abordadas algumas patologias encontradas em pontes de Concreto Armado.

### **2.2.1. Fissuração**

Fissuras podem ser consideradas como manifestações patológicas características das estruturas de concreto e uma das patologias que mais chama atenção e preocupa os leigos para o fato de que algo de anormal está a acontecer. No entanto para que ela seja caracterizada como a principal causa de uma deficiência estrutural, tem-se que saber sua origem, intensidade e magnitude. (SOUZA E RIPPER, 1998)

As fissuras podem vir a causar problemas na estrutura, por serem possíveis acessos de agentes agressivos, ou elas podem ser causadas por problemas já presentes na estrutura em si. Por conta disso é de suma importância detectar o motivo do aparecimento da fissura a fim de encontrar a medida terapêutica cabível para a recuperação da mesma.

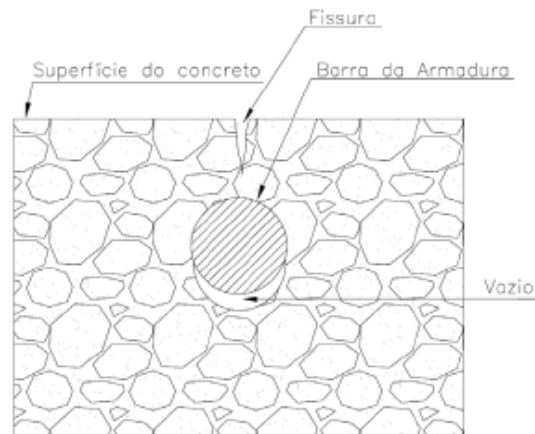
Segundo Souza e Ripper (1998), a classificação das fissuras em relação a atividade ou não das mesmas consiste em: fissuras ativas, ou vivas, quando a causa responsável por sua geração ainda atua sobre a estrutura; inativa, ou estável,

quando a causa tenha feito sentir durante um certo tempo e, a partir de então, deixado de existir.

As principais causas físicas das fissuras são:

- **Assentamento plástico do concreto:** No qual sua causa é devida a excessiva exsudação, tem sua formação nas primeiras horas após a concretagem e tem sua localização ao longo das barras e nas mudanças de forma das seções, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Fissura Típica de Assentamento Plástico.

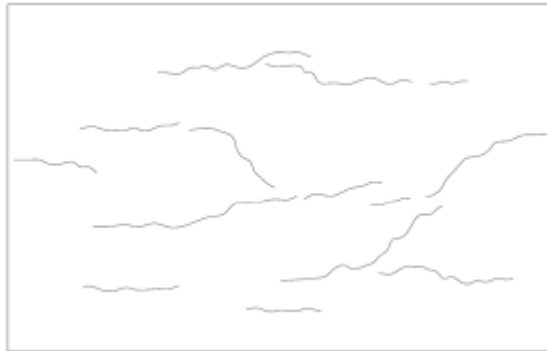


Fonte: Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos, 2010.

- **Retração plástica do concreto:** Geralmente a primeira causa que pode gerar fissuras em estruturas de concreto armado e tem sua ocorrência momentos após a concretagem da estrutura. Segundo Trindade (2015) este processo consiste na redução de volume devido à superioridade da taxa de perda de água em relação à taxa de água que foi exsudada, causada pela rápida evaporação da água que está na superfície da mistura antes mesmo do endurecimento da pasta de concreto. Por isso a importância do processo adequado de cura do concreto, para tentar evitar tal patologia, conforme a Figura 6.



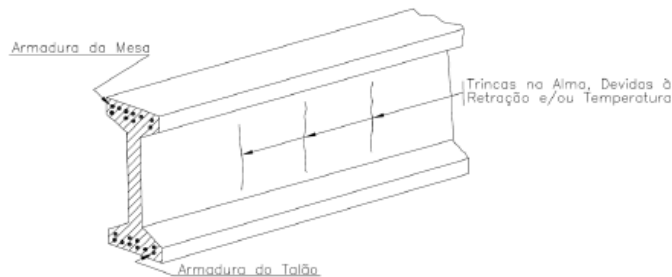
Figura 6 - Fissura Típica de Retração Plástica do Concreto.



Fonte: Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos, 2010.

- **Retração por secagem do concreto a longo prazo:** Devida perda de umidade, acarreta no encurtamento normal do concreto. Caso não seja controlada e minimizada com a utilização de armaduras, o tempo para surgimento dessa patologia é de alguns meses após a concretagem da estrutura e surge perpendicular aos encurtamentos, conforme Figura 7.

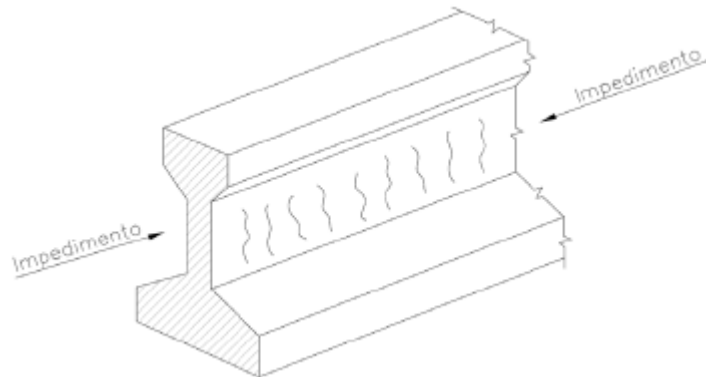
Figura 7 - Fissura na Alma Devidas à Retração e/ou Temperatura.



Fonte: Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos, 2010.

- **Variações na temperatura e retração residual:** Quando os aparelhos de apoios estão desgastados e/ou bloqueados, acarretam na restrição ou impedimento da movimentação da estrutura, podendo assim acarretar no surgimento dessas fissuras localizadas na direção normal aos impedimentos, conforme Figura 8.

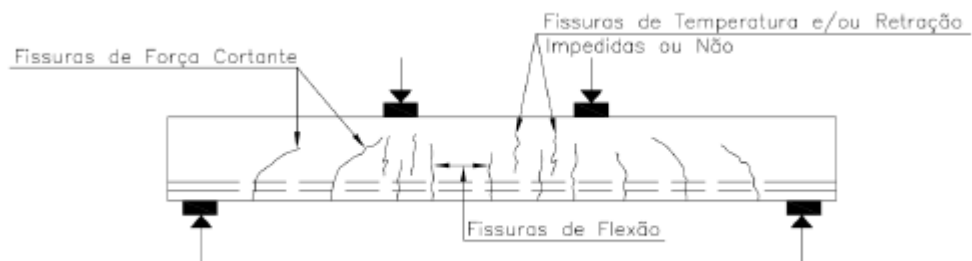
Figura 8 - Fissura de Retração na Alma da Viga.



Fonte: Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos, 2010.

- **Fissuras do concreto causadas pelo tráfego de cargas móveis:**  
Tais fissuras surgem devido ao mau dimensionamento da estrutura ou cargas móveis não previstas. Localizadas em locais da estrutura com excessiva sollicitação, conforme exemplificado na Figura 9.

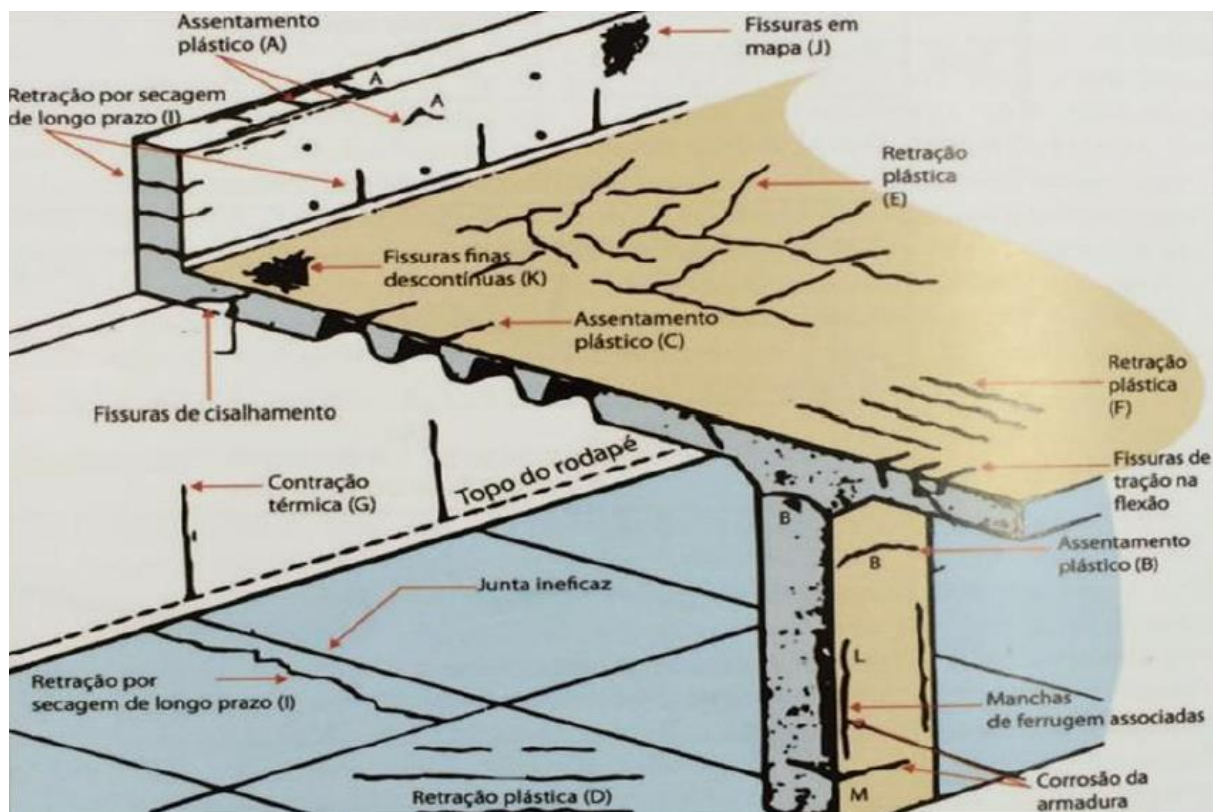
Figura 9 - Fissuras típicas de flexão, força cortante, variação de temperatura e/ou retração, impedidas ou não.



Fonte: Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos, 2010.

Na Figura 10, estão exemplificadas algumas fissuras a partir de sua causa.

Figura 10 - Ilustração dos Tipos de Fissuras.



Fonte: Notas de Aula Professor Aldo Leonel Temp, adaptado de Concrete Society Construction Cracks in Concrete. The Concrete Society, U.K> Tecnical Report n.22,1985.

### 2.2.2. Carbonatação

A carbonatação é um processo físico-químico de redução da alcalinidade do concreto, gerado pela presença de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), gás presente na atmosfera, sobre o cimento hidratado, gerando a formação do carbonato de cálcio e com isso a redução do pH do concreto. Esse processo é potencializado pela temperatura e pelas condições de umidade presentes internamente ou superficialmente no concreto. (YAZIGI, 2008)

Como citado anteriormente a formação do carbonato de cálcio gera a diminuição do pH do concreto e quanto maior a concentração de CO<sub>2</sub>, menor será o pH ou mais espessa será a camada de concreto carbonatada. No entanto, ainda segundo Souza e Ripper (1998), se a carbonatação ficasse restrita a uma espessura inferior a camada de cobertura das armaduras, seria benéfica para o concreto, pois aumentaria as suas resistências químicas e mecânicas. O problema é que devido a

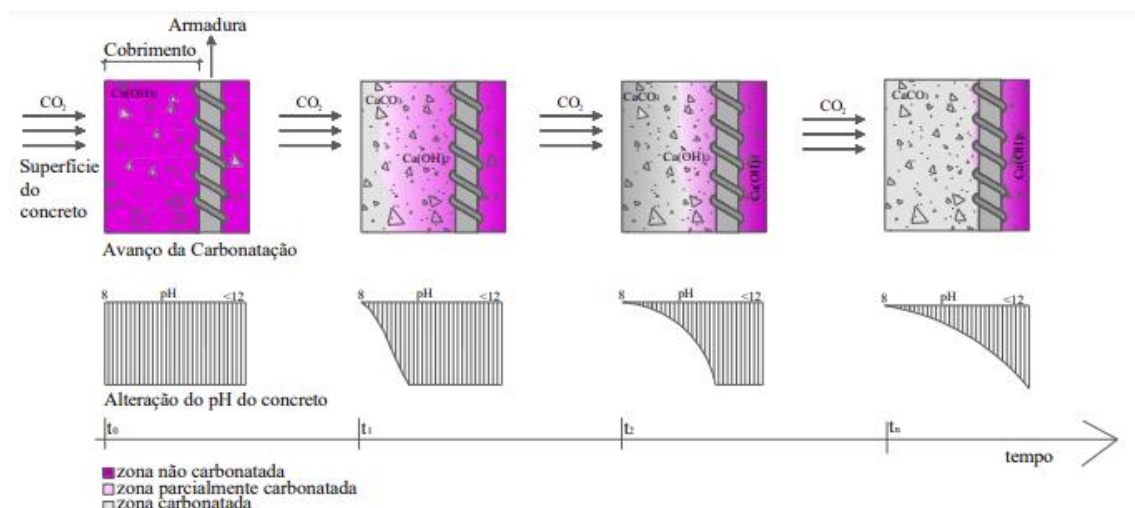
porosidade, nível de fissuração e concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, a carbonatação pode atingir a armadura, gerando assim a corrosão da mesma.

A carbonatação está ligada diretamente às fissuras e permeabilidade do material, quando maior forem esses parâmetros maior será a velocidade de penetração. Logo, é de suma importância que sejam tomadas as devidas precauções para que sejam minimizadas as fissuras, afim de dificultar a entrada de agentes agressivos como o CO<sub>2</sub>.

Esse tipo de patologia pode ser detectada facilmente através de ensaios com indicadores químicos de pH, onde o exemplo mais utilizado é a fenolftaleína, que apresenta coloração rosada quando o concreto está com um pH básico.

Para exemplificar esse ensaio e a mudança de pH na ocorrência da carbonatação, Possan (2004), em seu estudo sobre a carbonatação em estruturas de concreto, elaborou o esquema ilustrativo abaixo apresentado na Figura 11. No qual demonstra o processo de entrada de CO<sub>2</sub> na estrutura, gerando a diminuição do pH do concreto e gerando a carbonatação do mesmo, podendo chegar a armadura.

Figura 11 - Frente de carbonatação e alteração do pH do concreto no tempo.



Fonte: Possan, 2010.

### 2.2.3. Corrosão da armadura

A corrosão das armaduras é uma das manifestações patológicas de maiores danos e prejuízos nas estruturas de concreto armado, onde tal patologia pode gerar

a diminuição da área de aço, em formas mais severas podendo levar a ruína da estrutura. Logo, é necessário o entendimento das causas e efeitos para evitar a ocorrência de tal patologia, ou no caso de restauração, não permitir a nova ocorrência.

Estruturas localizados próximos a rios e mares como é o caso das pontes, facilitam o surgimento dessa patologia, Figura 12, já que a mesma, pode ser definida como a deterioração da estrutura, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, podendo estar aliada a esforços mecânicos ou não. (Lapa, 2008) O contato direto com a água, porosidade elevada, alta capilaridade, fissuração acentuada, entre outros fatores, são preponderantes na influência de corrosão da armadura, pois a maioria destes facilitam a penetração de umidade na estrutura. (Sartori, 2008)

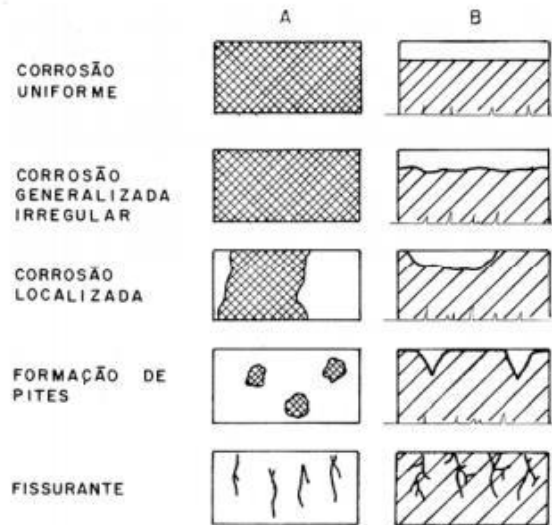
Figura 12 - Armadura exposta, apresentando corrosão.



Fonte: Elaboração Própria.

A corrosão das armaduras depende também do agente causador da mesma, segundo Sartori, 2008. A corrosão uniforme e a generalizada irregular, no concreto armado, são decorrentes da despassivação do aço por meio de carbonatação. Já a corrosão localizada e por pites é mais comum em casos de estruturas contaminadas por cloretos e/ou sulfatos. A Figura 13 exemplifica essas duas formas de ocorrências.

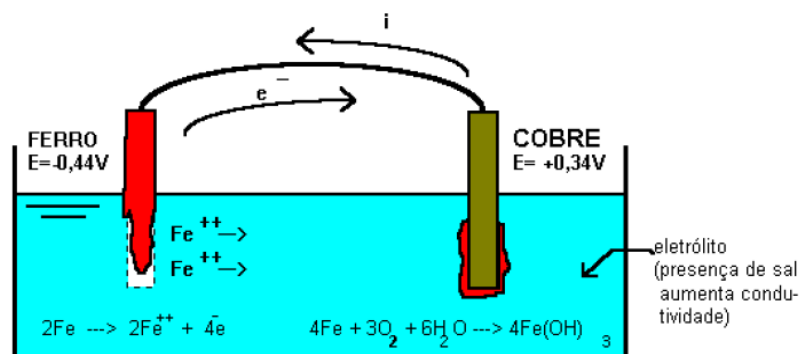
Figura 13 - Tipologia da corrosão do aço. (A)Vista superior; (B)Vista lateral.



Fonte: Perdrix, 1992, apud Cardoso 2008.

Em estruturas expostas a soluções aquosas, no caso das pontes, e estas penetram no concreto, denominam-se essas soluções como eletrólitos, quando este eletrólito entra em contato com a barra de aço, condutor metálico, gera um efeito de pilha, pela corrente elétrica deslocada do anodo para o catodo através da água e do catodo para o anodo, através da diferença de potencial, demonstrado na Figura 14. Onde nessas estruturas os átomos de ferro em contato com a superfície aquosa, transformam-se em cátions ferro ( $Fe^{++}$ ). E no caso do concreto armado as regiões com menor concentração de Oxigênio ( $O_2$ ) são as anódicas. Combinando o cátion  $Fe^{++}$  com os ânions Hidroxila ( $OH^-$ ) ocorre a produção do hidróxido ferroso, de cor amarelada, essa combinação se deposita no anodo, já no catodo fica depositado o hidróxido férrico, de cor avermelhada. Esses dois produtos constituem a ferrugem. (Souza e Ripper, 1998)

Figura 14 – Formação de semipilha em meio de concreto armado.



Fonte: Notas de aula, Professor Aldo Temp. Acessado em 10 de agosto de 2021.

Sartori, 2008 complementando com as colocações de Souza e Ripper, 1998, definem que essa patologia é um processo que avança da periferia da estrutura para o seu interior, o produto da corrosão, denominado ferrugem, é originado pela troca de seção do aço resistente por esse material não resistente e expansivo, ocupando um volume maior que o da armadura original. Esta variação no volume acarreta em um estado de tensões de tração, que fissuram o concreto e podem até desintegrá-lo, expondo as armaduras por destacamento do concreto.

Patologia também definida como a deterioração da camada que envolve a superfície das barras.

#### **2.2.4. Lixiviação e Eflorescência**

A Lixiviação é um dos tipos de corrosão do concreto, consiste na dissolução e arraste do hidróxido de cálcio presente na massa de cimento endurecido e é causada pela ação de águas que conseguem penetrar pela estrutura e carregam esse hidróxido em direção a superfície externa, esse processo acaba por diminuir o pH do concreto, devido a remoção dos compostos hidratados.

A intensidade dessa patologia está ligada diretamente a porosidade do concreto, pois quanto maior for sua porosidade, maior será a intensidade da corrosão. Essa patologia origina outra manifestação patológica denominada como eflorescência, Figura 15, que possui coloração esbranquiçada e fica localizada na superfície do elemento afetado. (VASCONCELOS, 2018)

Figura 15 - Eflorescência sobre concreto



Fonte: Elaboração Própria.

Assim como essa patologia está ligada diretamente a porosidade, ela também acaba aumentando a porosidade do concreto e com isso facilitando a manifestação de outras patologias, como a corrosão da armadura, tudo isso contribuindo para uma deterioração gradativa do concreto armado.

### 2.3. Inspeções em pontes

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especifica a partir da NBR 9452:2019, manual de procedimento de inspeções de pontes, viadutos e passarelas de concreto, os requisitos necessários para a realização e apresentação dos resultados de inspeções em tais obras.

#### 2.3.1. Classificação dos Elementos

Inicialmente a NBR classifica os elementos constituintes das OAEs considerando as consequências de dano em cada tipo de elemento. E essa classificação está descrita abaixo.

**Elemento principal (P):** se danificado, pode ocasionar o colapso parcial ou total da obra;

**Elemento secundário (S):** dano nesses locais podem ocasionar ruptura localizada;

**Elemento complementar (C):** dano não causa nenhum, comprometimento estrutural, apenas funcional e de durabilidade. Enquadram-se nessa classificação elementos funcionas de segurança, de drenagem, e transição de estrutura como:

- Barreira rígida, guarda-corpo e tela de proteção;
- Pavimento, lastro e dormente;
- Junta de dilatação;
- Sistema estrutural para suporte de elemento de sinalização, iluminação, utilidade e drenagem;
- Talude revestido ou não sob a projeção da estrutura e laterais;
- Rampa e passeio de acesso;
- Buzinote (barbacã/dreno);
- Sarjeta, canaleta, escada hidráulica;
- Boca de lobo e boca de leão;
- Tubulação de condução de água;
- Pingadeira;
- Poste e luminária.



A NBR 9452:2019, também define que pontes devem ser classificadas segundo seus parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade.

**Parâmetros Estruturais:** Parâmetros responsáveis pela segurança estrutural da obra. Referentes à estabilidade e capacidade de suportar cargas, para pontes de concreto armado deve respeitar os estados limites último e de utilização, conforme definições da NBR 6118.

Deve receber prioridades de ações de recuperação, principalmente quando a obra apresentar sinais de deficiências de desempenho estrutural.

**Parâmetros Funcionais:** Parâmetros como visibilidade, gabaritos verticais e horizontais, ou seja, parâmetros geométricos relacionados diretamente a finalidade a que a OAE se destina. Além dos parâmetros citados, a obra deve proporcionar conforto e segurança aos usuários, apresentando boa pista de rolamento, guarda-corpos adequados, boa sinalização etc.

**Parâmetros de Durabilidade:** Características associadas a vida útil da OAE.

Parâmetros vinculados a resistência da estrutura contra ataques de agentes ambientais agressivos, por exemplo, ausência de cobrimento, fissuração, erosões nos taludes de encontros e entre outras anomalias. Tendo em vista esses parâmetros devem ser avaliados levando em conta a agressividade do meio em que esta inserida a obra em análise, pois o ambiente tende a interferir na velocidade em que a deterioração poderá ocorrer.

A Tabela 1 relaciona os parâmetros citados acima com notas que devem variar de 1 a 5, caracterizando maior ou menor gravidade dos problemas detectados e tais notas são classificadas como crítica, ruim, regular, boa ou excelente.

Tabela 1 – Classificação da condição de OAE segundo parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade.

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

Fonte: NBR 9452/2019

### 2.3.2. Tipos de Inspeções em Pontes

Segundo a NBR 9452:2019 as inspeções são definidas como:

**Inspeção Cadastral:** a primeira inspeção realizada na obra, feita imediatamente após o término da construção ou também quando finalizada alguma mudança que altere sua configuração, sejam tais mudanças como: reforços, mudanças no sistema estrutural e alargamento.

As inspeções cadastrais devem apresentar:

- a) Desenhos;
- b) Memoriais;
- c) Especificações de materiais e de serviço;
- d) Registros da execução da obra e alterações ocorridas na fase construtiva;
- e) Registro de inspeções anteriores;
- f) Registro de eventuais alterações;
- g) Registros fotográficos, contendo pelo menos 8 imagens.

O modelo de ficha a ser utilizado na inspeção cadastral está demonstrado nos Anexos A.

**Inspeção Rotineira:** Inspeção que deve ser realizada periodicamente, em um prazo máximo de 12 (doze) meses. Esse tipo de inspeção pode ser realizada de forma visual, com ou sem a utilização de equipamentos. A importância desse tipo de inspeção é que nela podem ser verificadas a evolução de anomalias, novas ocorrências e também a qualidade de reparos e/ou recuperações que foram realizados no período entre uma inspeção e outra.

Essas inspeções devem conter informações como:

- a) Informações básicas da obra, como localização e afins;

- b) Comentários quanto ao estado geral da obra, considerando eventuais alterações analisadas entre as inspeções;
- c) Ficha de inspeção contendo o registro de qualquer anomalia encontrada;
- d) Registro fotográfico;
- e) Demais informações consideradas importantes;

As inspeções rotineiras devem ser elaboradas conforme a ficha, demonstrada no Anexo B, disponibilizadas na NBR 9452/2019.

**Inspeção Especial:** As inspeções especiais devem ser executadas a cada cinco anos, podendo prorrogar esse prazo para oito anos no caso de obras com total acesso a seus elementos durante as inspeções rotineiras.

Essas inspeções devem ser mais minuciosas do que as demais, devendo ser utilizados equipamentos específicos para que se torne possível quantificar as anomalias presentes em todas as partes da estrutura. E deve-se seguir os modelos de ficha de inspeção disponibilizados pela Norma, conforme o Anexo C.

Caso seja necessário um maior detalhamento das condições da ponte a ser inspecionada, a NBR apresenta parâmetros considerando as consequências de dano em cada tipo de elemento e essas informações estão contidas abaixo, na Tabela 2. Onde as letras P, S e C representadas na tabela significam estrutura Principal, Secundária e Complementar, respectivamente, conforme estão descritas no item 2.3.1, citado anteriormente.

Tabela 2 – Caracterização dos elementos estruturais segundo a relevância no sistema estrutural.

Elemento			Sistema Estrutural				
			Duas Vigas	Grelha	Caixão	Laje	Galeria
Superestrutura	Viga	Longarina	P	P	-	-	-
		Transversina	S	S	S	S	S
	Laje		S	S	P	P	P
Mesoestrutura		Travessas	P	P	P	P	-
		Pilares	P	P	P	P	-
		Aparelho de apoio	P	P	P	P	-
Encontros		Cortina	S	S	S	S	-
		Laje de transição	S	S	S	S	S
		Muros de ala	S	S	S	S	S
Infraestrutura		Blocos	P	P	P	P	P
		Sapatas	P	P	P	P	P
		Estacas, Tubulões	P	P	P	P	P
Complementares		Barreira rígida	C	C	C	C	C
		Guarda-corpo	C	C	C	C	C

Fonte: NBR 9452/2016.

**Inspeção Extraordinária:** Tais inspeções devem ser realizadas sempre que ocorrer um evento inesperado, bem como, colisão de veículos nas estruturas; eventos da natureza, como vendavais, sismos entre outros.

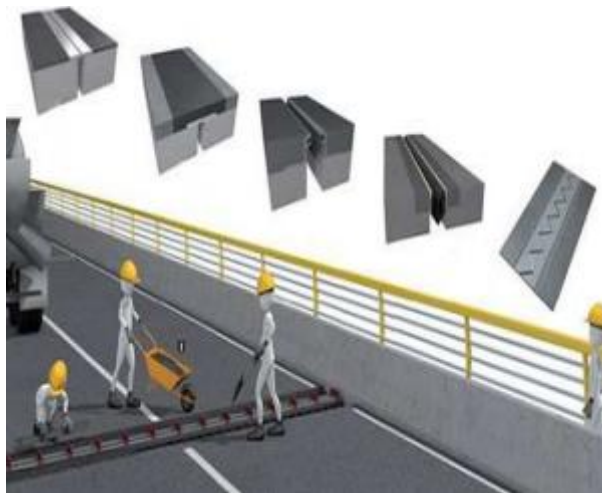
Inspeções Extraordinárias devem apresentar mapeamento, fotografias, relatório específico, descrever a obra, identificar todas anomalias encontradas e sugerir soluções para tais avarias.

Ainda segundo a NBR 9452:2019, os registros fotográficos em tais inspeções devem ser datadas e permitir a visualização da situação, aspecto geral e esquema estrutural. Deve conter também o registro das anomalias detectadas que comprometam as condições estruturais, de funcionalidade e durabilidade.

### 2.3.3. Elementos complementares a serem analisados

**a) Juntas de dilatação:** Junta de dilatação é um elemento que compõe a superestrutura de pontes e viadutos rodoviários, localizadas em intervalos regulares e perpendiculares ao eixo do pavimento, tais juntas podem ou não ser preenchidas por material elástico, conforme exemplifica a Figura 16.

Figura 16 – Juntas de dilatação.



Fonte: De Campos (2016).

Esses elementos são responsáveis por aliviar as tensões de tração do concreto e estão submetidas constantemente a cargas móveis, são essenciais para garantir a integridade e durabilidade de pontes. É de suma importância a execução e também manutenção desses elementos afim de evitar pontos de fadiga no tabuleiro e surgimento de fissuras, além disso, esses elementos devem garantir boa qualidade de rodagem para os usuários.

**b) Sistema de Drenagem:** Sistema responsável pelo escoamento das águas superficiais, Figura 17, o pavimento deve apresentar inclinações nos sentidos transversais e horizontais, afim de garantir e direcionar o adequado escoamento até os sistemas de captação de águas pluvias (drenos). Este sistema visa evitar empoçamento sobre a pista, tendo em vista que tais empoçamentos podem vir a acarretar em acidentes e acelerar o processo de degradação dos elementos constituintes da OAE.

Figura 17– Sistema de Drenagem.



Fonte: Araujo (2019).

**c) Pavimento:** O pavimento, Figura 18, tem por função proteger a estrutura e também garantir conforto, economia e segurança de rodagem para os usuários. É necessário que o pavimento esteja em adequadas condições afim de evitar danos aos veículos e também a estrutura em si.

Figura 18 – Pavimento sobre ponte.



Fonte: <https://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=85103>, acessado em 23 de outubro de 2021.

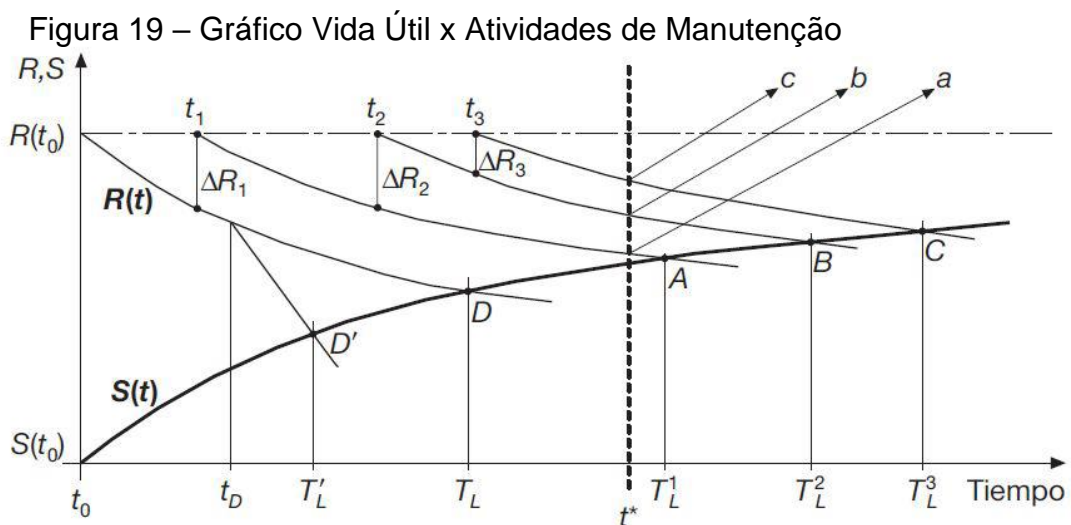
#### **2.3.4. Vida útil da construção**

Segundo a NBR 6118:2014, as estruturas de concreto armado são projetadas para apresentar vida útil de pelo menos 50 anos. No entanto, são necessárias que

sejam realizadas inspeções periódicas, e realizadas manutenções sempre que forem detectadas anomalias nas partes constituintes das construções, visando preservar a estrutura e manter a vida útil e segurança da obra.

Na Figura 19, está representado o gráfico que demonstra as atividades de manutenção em relação à vida útil da estrutura. O eixo x indica o tempo desde o início da construção ( $t_0$ ) até a vida útil prolongada da estrutura, promovida por manutenções ( $t_1$ ,  $t_2$  e  $t_3$ ) realizadas ao longo do tempo ( $T_L^3$ ). Já o eixo y indica a capacidade resistente, considerando aspectos de durabilidade, segurança e resistência ( $R$ ) e as solicitações ( $S$ ), ações atuantes na edificação.

A curva  $R(t)$  apresenta comportamento decrescente, se referindo a perda de capacidade resistente ao longo do tempo e a curva  $S(t)$  as solicitações aplicadas na estrutura, tal curva é de forma crescente por conta do acréscimo de cargas, no qual tais acréscimos podem ser ocasionados pelo aumento do tráfego, recapeamento do tabuleiro e entre outros. (Revista IPT, 2017 apud ESPANÃ, 2011).



Fonte: Revista IPT, 2017, apud España (2011).

Os pontos D e D' indicam o tempo de vida útil sem manutenção e uma situação indesejada em que o tempo de vida útil não seja atingido, respectivamente. Já os pontos A, B e C indicam casos onde o tempo de vida útil foi prolongado por conta das atividades de recuperação ocorridas em ( $t_1$ ,  $t_2$  e  $t_3$ ).

O Gráfico demonstrado na Figura 19, exemplifica de forma efetiva a importância de intervenções benéficas visando elevar a vida útil das estruturas.



### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho apresenta embasamento teórico sobre pontes, dando ênfase a pontes de concreto armado e suas patologias. Onde após o estudo teórico, foi analisada a ponte General Osório, Figura 20, construída no Km 363 da RSC 377 na cidade de Manoel Viana/RS com coordenadas 29°35'48.3"S 55°28'53.9"W, essa ponte é de jurisdição do Departamento Autônomo de Estradas de Rogadem, DAER, cujo código dessa OAE é o 0673.

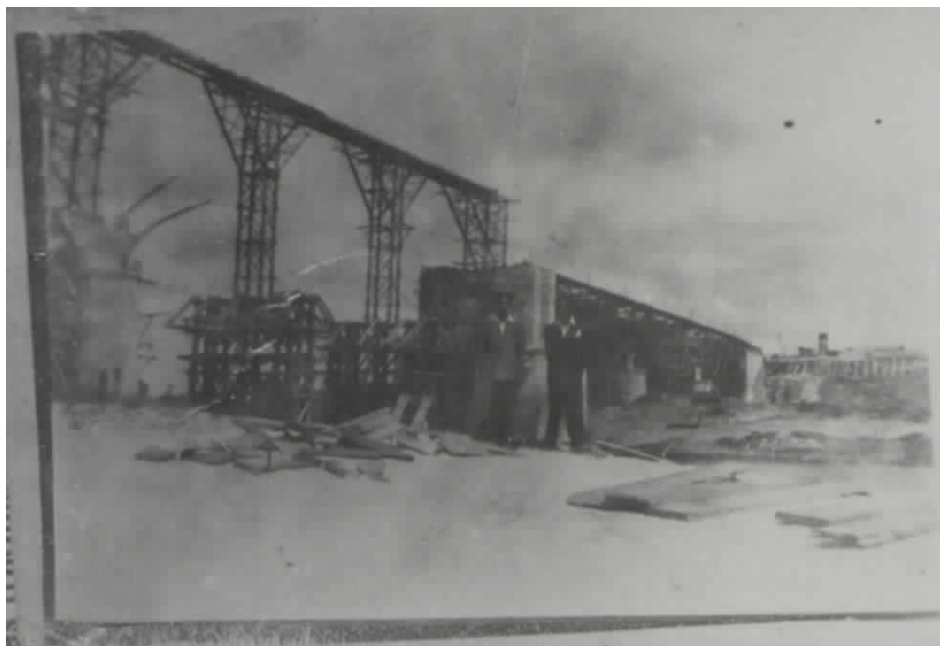
Figura 20 - Ponte General Osório



Fonte: Elaboração Própria

A ponte General Osório começou a ser construída em 1945, conforme esta demonstrada na Figura 21, devido a necessidade da melhoria do transporte e intercâmbio comercial entre as regiões da Fronteira e Missões do estado do Rio Grande do Sul. Até então esse transporte só era possível por meio de travessia de balsa, logo, dependia de condições climáticas favoráveis, mão de obra e transporte adequados. Após 5 (cinco) anos de construção, essa obra foi inaugurada no ano de 1950 e é considerada um marco para o desenvolvimento do local, pois tornou mais fácil, rápido e seguro o transporte entre as regiões, acarretou em um aumento do fluxo de pessoas na região e também em um crescimento da população da cidade de Manoel Viana.

Figura 21 – Construção da Ponte General Osório.



Fonte: <http://www.manoelviana.rs.gov.br/novoportal/a-cidade/historico/>, acessado em 13 de setembro de 2021.

Analisando as pranchas do projeto dessa OAE, foi possível verificar as medidas da obra e também realizar a modelagem 3D da Ponte General Osório, conforme a Figura 22. Essa construção possui extensão de 516 metros, 7,9 metros de largura total, contando com duas faixas de rolamento, as quais somadas medem 7,3 metros. É uma ponte em arco com onze vãos, dez pilares e dois encontros sendo um dos encontros localizados na cidade de Manoel Viana/RS e o outro localizado na RSC 377.

Os três vãos de cada uma das extremidades são construídos com tabuleiro superior, tabuleiros esses que são construídos sobre colunas que se conectam a abóbadas e essas estruturas descarregam as cargas sobre os pilares ou sobre os encontros, no caso dos vãos de extremidade. Estão demonstrados nas Figuras 23-A e 23-B, os vãos próximos a cidade de Manoel Viana os quais foram definidos como vãos iniciais. Estão sendo representado somente esses vãos devido ao fato que, ao espelhar a estrutura obteremos os vãos da outra extremidade, em resumo, o vão 1 é igual ao vão 11, vão 2 igual ao vão 10 e vão 3 igual ao vão 9.

Já os cinco vãos centrais são construídos com tabuleiro intermediário, conforme está descrito no item 2.1.4 da revisão bibliográfica, que define essas estruturas por apresentarem tabuleiros suportados nas laterais por montantes na

parte inferior. Os montantes são construídos sobre os pilares nessa estrutura, e no centro suportados por pendurais que ligam o tabuleiro a parte superior do arco.

As representações dos vãos centrais estão demonstradas nas Figuras 24-A e 24-B, onde foram representados até a metade do terceiro vão central, denominado como vão 6, vão esse que coincide com o centro da ponte. Foram representados somente esses vãos também pelo fato do vão 4 ser igual ao vão 8 e o vão 5 ser igual ao vão 7.

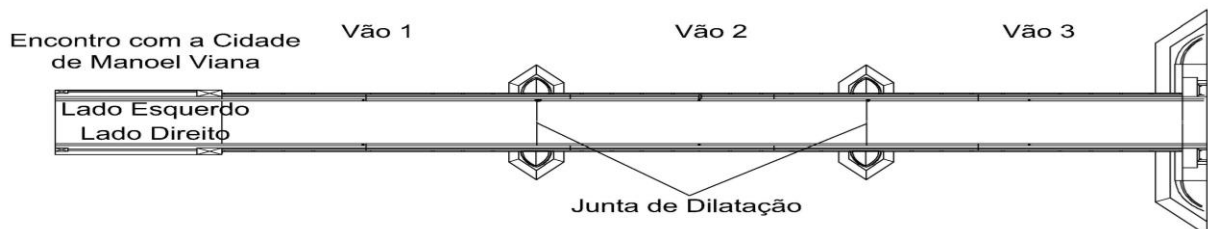
Afim de nomear as demais estruturas da ponte e também facilitar a localização das patologias, além da numeração dos vãos estão demonstradas nas Figuras 23-A, 23-B, 24-A e 24-B, estruturas definidas como C (Coluna), V (Vigas superiores), PE (Pendurais) e T (Transversinas). Outros pontos definidos nas Figuras 23-A e 24-A são os lados direito e esquerdo e também alguns locais das juntas de dilatação, essas que estão localizadas nas extremidades dos encontros, centro dos pilares e também no centro dos vãos centrais.

Figura 22 – Modelo 3D da ponte General Osório



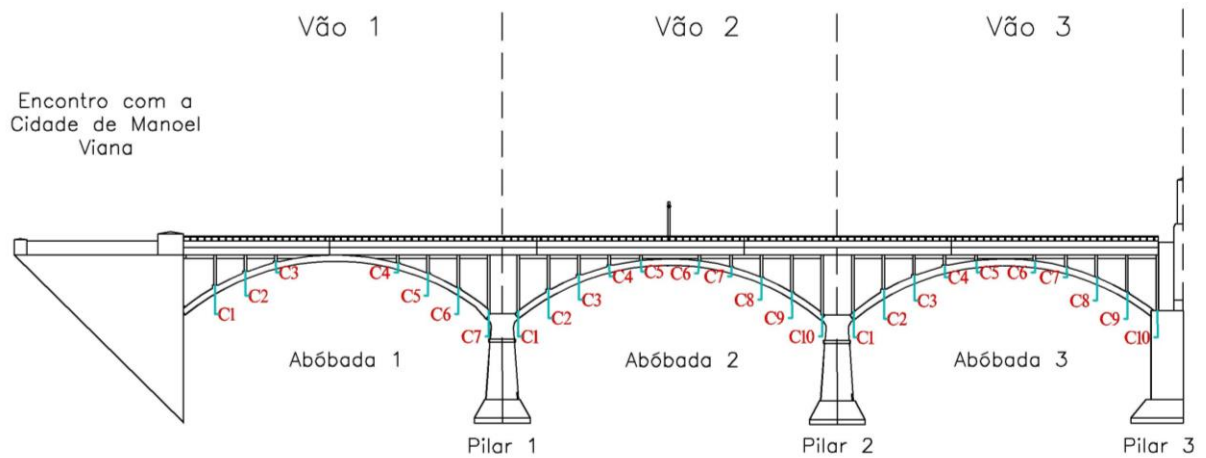
Fonte: Elaboração Própria.

Figura 23-A – Planta Baixa Vãos de Extremidade com Tabuleiro Superior.



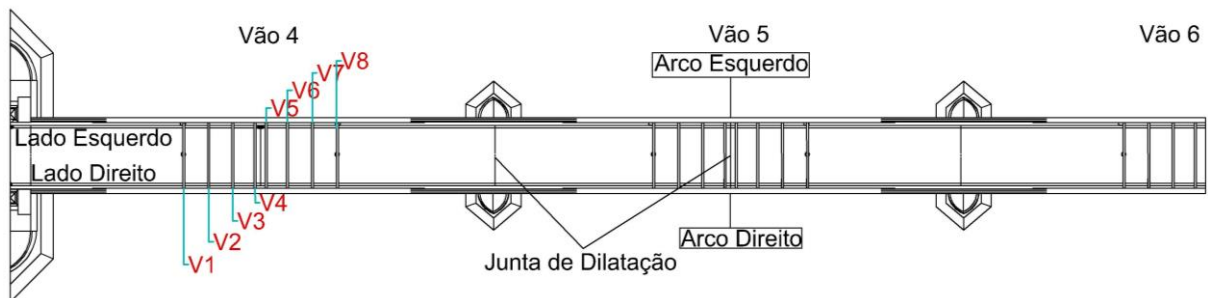
Fonte: Elaboração Própria.

Figura 23-B – Vista Lateral Vãos de Extremidade com Tabuleiro Superior.



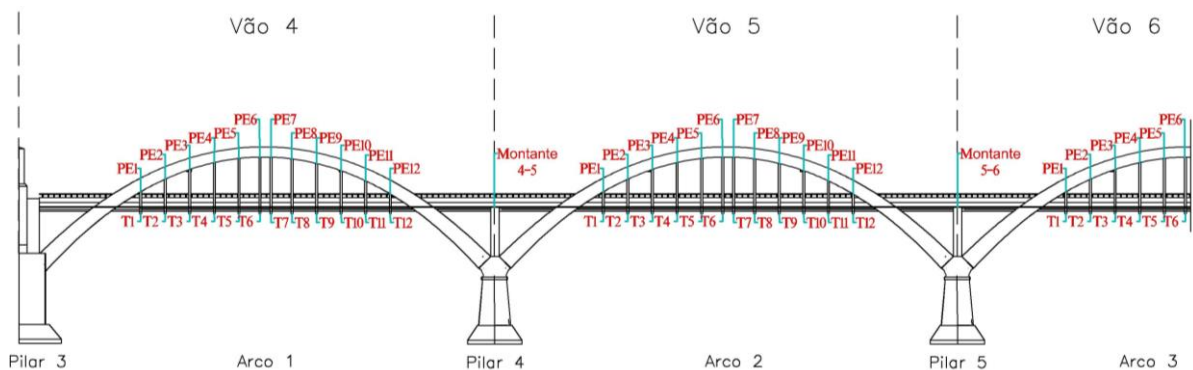
Fonte: Elaboração Própria.

Figura 24-A – Planta Baixa Vãos Centrais com Tabuleiro Intermediário.



Fonte: Elaboração Própria.

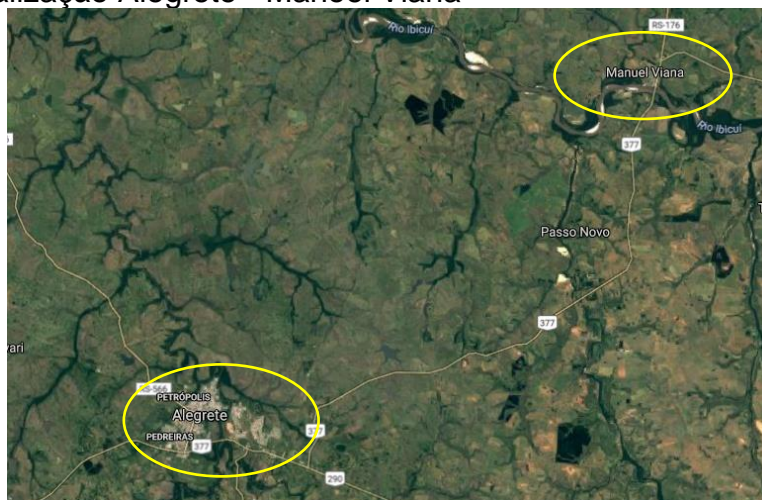
Figura 24-B – Vista Lateral Vãos Centrais com Tabuleiro Superior.



Fonte: Elaboração Própria.

A ponte General Osório está localizada a aproximadamente 41 Km (quarenta e um) quilômetros de distância do campus Alegrete, da Universidade Federal do Pampa, conforme demonstrado na Figura 25. Tal obra é considerada antiga e apresenta pouca ou nenhuma manutenção.

Figura 25 - Localização Alegrete - Manoel Viana



Fonte: adaptado google maps, acessado em 20 de agosto de 2021.

A análise realizada na ponte General Osório, seguiu as recomendações da NBR 9452 (2019), Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto: procedimentos. A partir dessa norma foi possível verificar a respeito dos diferentes tipos de inspeções em pontes e mesmo não possuindo dados de inspeções anteriores, a inspeção realizada se enquadra em uma inspeção rotineira, visto que inspeções cadastrais são realizadas no momento em que a obra é finalizada. Ressaltando que esse estudo é de caráter acadêmico, com recursos limitados e sem acesso a todas as partes da estrutura que foi vistoriada.

Afim de seguir as indicações da NBR 9452 (2019), foram realizadas análises quanto aos parâmetros funcionais, estruturais e de durabilidade da OAE, classificando-a de acordo com a Tabela 1, citada anteriormente. Após a obtenção de dados e a vistoria da ponte, a Ficha de Inspeção Rotineira, (Anexo B), completa, considerando os dados da Tabela 1, encontra-se disponível na Tabela 8 do Capítulo 4 deste trabalho.

A análise da ponte ocorreu em toda a sua extensão com exceção da parte inferior do encontro com a RSC 377 e os vãos 10 e 11 que apresentam vegetação densa e não foi possível acessar esses locais. Devido à estiagem no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2021 e nos primeiros meses do ano de 2022, o que resultou no baixo nível do rio Ibicuí, foi possível ter acesso a parte inferior da ponte nos pilares que, em condições normais, não seria possível se aproximar devido ao nível da água, conforme analisado na Figura 26. Foram feitas inspeções visuais e captadas imagens, afim de analisar e quantificar as principais manifestações

patológicas da ponte em questão, onde foi possível verificar anomalias como: eflorescências, armaduras expostas, fissuras, presença de matérias orgânicas e manchas de umidade.

Figura 26 – Parte Inferior da Ponte



Fonte: Elaboração Própria, 2022.

Para análise de parâmetros funcionais, foi realizada uma visualização quanto aos requisitos geométricos da obra, bem como visibilidade, gabaritos verticais e horizontais. A ponte também foi inspecionada quanto ao conforto e segurança para com seus usuários, analisando a qualidade dos guarda-corpos, depressões e/ou buracos na pista e sinalização.

Após a realização da inspeção *in loco*, foi realizado um mapa de danos, no intuito de localizar e quantificar as manifestações patológicas encontradas. Para isso, foram confeccionados croquis com as medidas reais da obra, utilizando o software Autocad e Sketchup. A partir disso, foram desenvolvidas legendas e tabelas visando organizar e, identificar as anomalias encontradas no local.

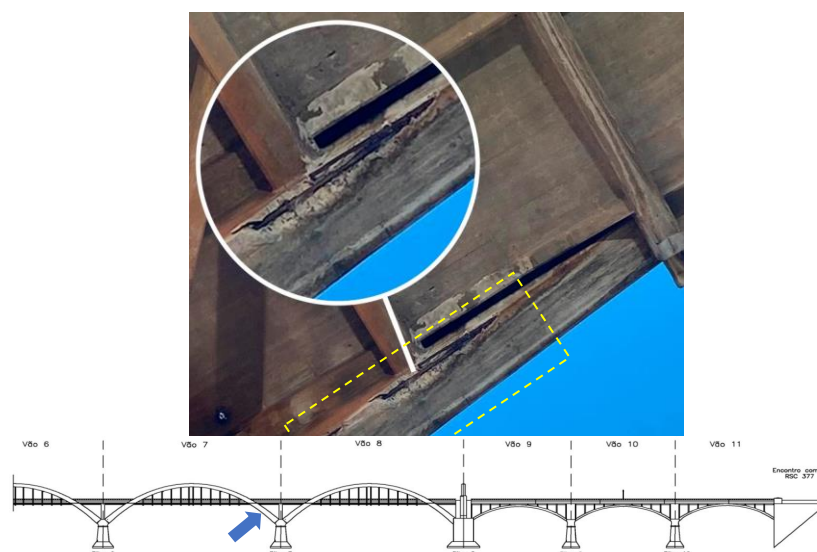
## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A inspeção *in loco* na ponte foi realizada em dois diferentes momentos. Primeiramente foi feita uma análise para validar a realização do trabalho e, no segundo momento, realizada uma inspeção mais minuciosa afim de analisar o estado de conservação e as patologias presentes nas diferentes partes da estrutura. Destaca-se que em ambas as visitas o dia estava ensolarado. Na segunda inspeção, foram identificados diversos locais com manifestações patológicas. Tais como, armaduras expostas, eflorescências, fissuras e presença de matéria orgânica. Essas patologias estão demonstradas ao longo desse capítulo. Outro fato que pode ser observado na maioria das imagens apresentadas, é a falta de pintura e/ou manutenção na estrutura, apresentando manchas e aspecto inadequado devido à falta de reparos básicos.

Primeiramente, a parte inferior da estrutura foi analisada: isto é, os encontros, longarinas, transversinas, pilares, parte inferior dos arcos e tabuleiros, e também o sistema de drenagem. Na sequência, analisou-se a parte superior da estrutura, incluindo os guarda-corpos, local destinado ao passeio de pedestres, pavimento, arcos superiores, pendurais, vigas que ligam um lado ao outro dos arcos, juntas de dilatação e também a iluminação. Nos Quadros 1, 2, 3, 4 e 5, é possível verificar os tipos e locais onde foram encontrados cada uma das patologias.

Em relação aos arcos inferiores, foram encontrados pontos de armaduras expostas e eflorescência na parte inferior do arco do vão 7, conforme demonstrado na Figura 27, caso que se repete também em pelo menos um ponto dos demais arcos dos vãos centrais denominados anteriormente como vão 4, vão 5, vão 6 e vão 8. Segundo o Manual de Inspeções de Pontes (2004), a existência de trincas longitudinais e deslocamento de concreto, podem ser indicativos de arcos sobrecarregados e a redução de seção dos mesmos, seja por degradação do concreto ou por corrosão das armaduras, é altamente prejudicial à capacidade resistente dessa estrutura, sendo de suma importância que esses elementos sigam sendo monitorados nesses locais.

Figura 27 – Armadura Exposta e Eflorescência na Parte Inferior do Arco do Vão 7.



Fonte: Elaboração Própria, 2022.

Outro ponto analisado nessas regiões são a presença de manchas de umidade e eflorescências. A presença de eflorescência pode ser um indicativo de que o concreto utilizado no local apresenta porosidade elevada ou que há presença de fissuras, pelo fato de que tal patologia depende de locais que facilitem a penetração de umidade para o interior da estrutura. Tendo em vista que este é um ambiente com presença constante de umidade, por se tratar de uma ponte, a porosidade do concreto ou a presença de fissuras permitem a penetração de umidade, essa que pode carregar os sais presentes no concreto para a superfície no processo de lixiviação, o qual que degrada a estrutura do concreto e gera manchas brancas, denominadas eflorescências.

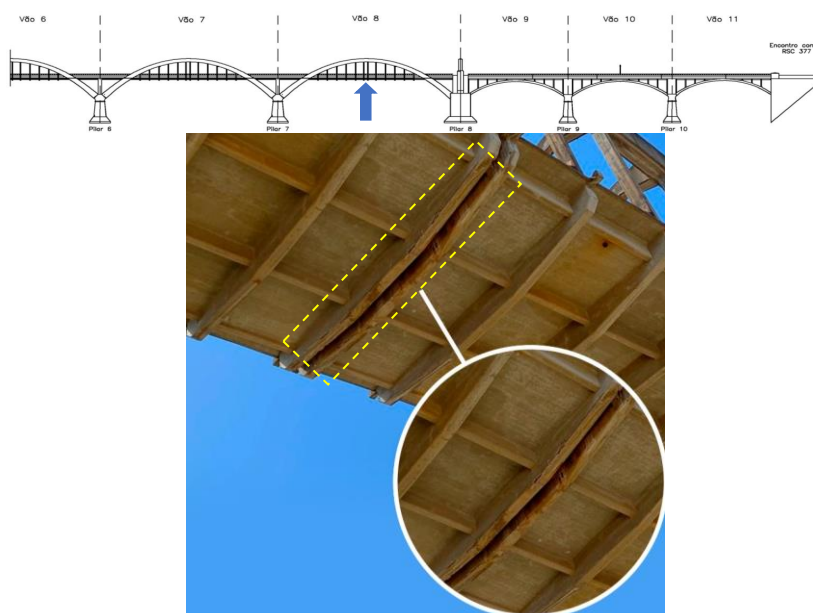
Seguindo a análise, foram vistoriadas as longarinas, que em sua maioria estão em bom estado de conservação. No entanto, quando analisado os locais próximos aos arcos, pode ser identificada a presença de eflorescência, manchas de umidade e matéria orgânica. Tais patologias podem acarretar no surgimento de novas anomalias mais prejudiciais a estrutura, visto que, como citado anteriormente, as eflorescências são indicativos que há pontos de fácil penetração de umidade para o interior da estrutura. A presença de umidade também pode ser identificada através de manchas escuras e matérias orgânicas.

As transversinas, em sua maioria estão em bom estado de conservação, apresentando, em alguns casos, apenas a presença de eflorescência. Porém, nas



juntas de dilatação dos vãos centrais, é possível observar fissuras, armaduras expostas e presença de manchas provenientes de umidade, devido a infiltração de água que penetra do tabuleiro da ponte para a parte inferior. Na Figura 28 pode-se visualizar tais patologias, onde na imagem está demonstrado a parte inferior do vão 8. A presença de fissuras pode ter ocorrido por ser um ponto de movimentação e trepidação do tabuleiro devido ao constante fluxo de veículos, principalmente veículos de carga. Tais fissuras facilitam a penetração de umidade para o interior da estrutura e podem acabar gerando a corrosão da armadura, que por sua vez expande a camada de aço gerando o deslocamento do concreto.

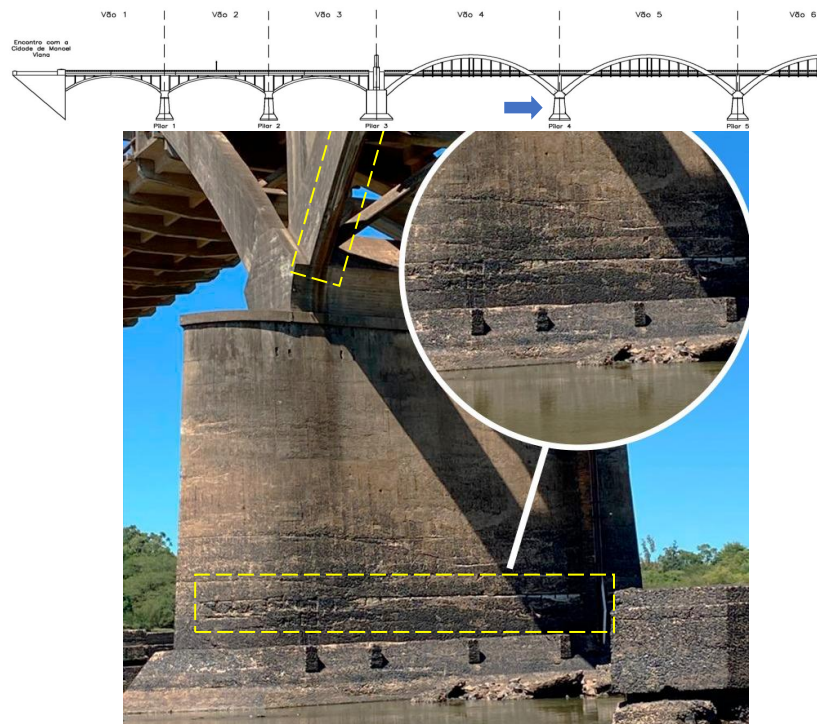
Figura 28 – Armadura Exposta Transversina do Vão 8.



Fonte: Elaboração Própria, 2022.

A Figura 29 mostra armaduras expostas e eflorescências, presentes no Pilar 4, o qual que está em contato direto com a água. É possível observar na base do pilar a presença de armaduras expostas, sendo uma deficiência que pode acarretar em problemas maiores, principalmente por conta da área estar sujeita a ciclos de molhagem e secagem da estrutura devido ao aumento e diminuição do nível da água. Trata-se, portanto, de um ponto de fácil acesso de umidade para o interior da estrutura, podendo gerar diferentes patologias, principalmente a corrosão das armaduras. As mesmas anomalias descritas se repetem no pilar de número 7. Cabe ressaltar que os pilares 4 e 7 no momento da análise não estavam em contato com a água, o que facilitou a identificação das manifestações na base dos pilares.

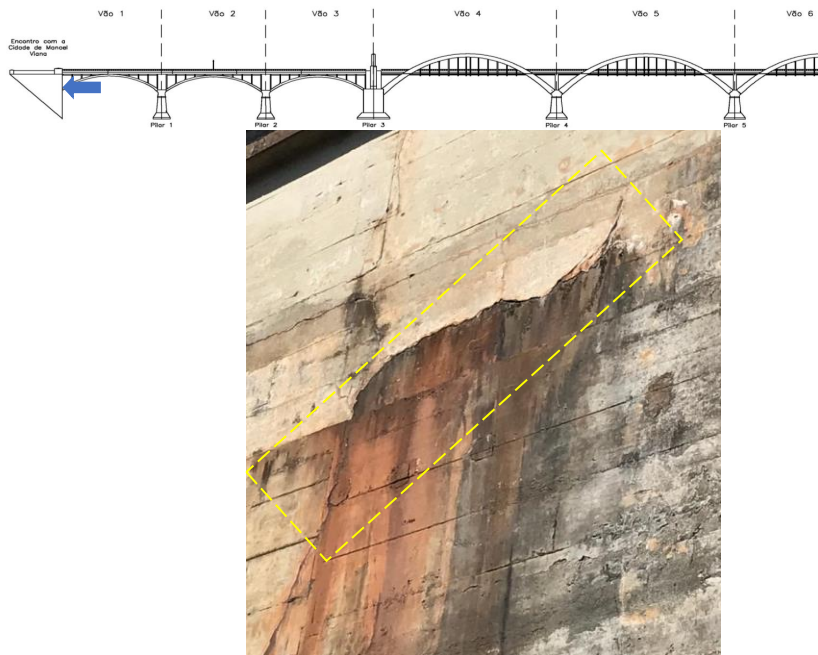
Figura 29 – Pilar 4 com Armadura Exposta e Arco com Eflorescência e Manchas de Umidade.



Fonte: Elaboração Própria, 2022.

Como citado anteriormente, só foi possível analisar o encontro que está localizado próximo a cidade de Manoel Viana, devido a vegetação densa que se localiza próximo ao encontro da RSC 377. No encontro analisado foram identificadas fissuras, sendo uma delas de tamanho considerável, conforme é possível analisar na Figura 30. Tal fissura pode ser proveniente de movimentações do solo ou sobrecarga na estrutura, caracterizando-se, portanto, como outro ponto de suma importância no monitoramento contínuo. Foram identificadas também manchas de umidade e presença de matéria orgânica nesse local. As demais patologias também estão enumeradas e demonstradas nos Quadros 1, 2, 3, 4 e 5.

Figura 30 – Fissura no Encontro com o Município de Manoel Viana



Fonte: Elaboração Própria, 2022.

Analisando as partes superiores dos arcos, a patologia mais recorrente nessas estruturas foram eflorescências e em apenas alguns pontos foram encontradas armaduras expostas e fissuras. No entanto, no PE9 do Vão 7 como está demonstrado na Figura 31, a armadura está bem deteriorada. A perda de cobrimento do concreto e consequente processo de corrosão da armadura, pode ter ocorrido pelo fato dos pendurais estarem sujeitos a efeitos de tração, acarretando no surgimento de fissuras e deslocamento; ou devido à falta de aderência entre os elementos na concepção da estrutura. Por consequência, o local torna-se um ponto de fácil penetração de umidade, que veio a corroer a armadura local. Foram identificados também armaduras expostas na parte superior do arco, eflorescência e fissuras na estrutura. As demais manifestações patológicas estão localizadas e demonstradas nos Quadros 1, 2, 3 e 4.

Figura 31 – Armadura Exposta Pendural 9 do Arco Superior do Vão 7



Fonte: Elaboração Própria, 2022.

Como mencionado no início desse item, a ponte foi visitada em duas oportunidades. No intervalo de tempo entre as duas visitas o pavimento da mesma foi revitalizado, gerando um conforto melhor para os usuários que trafegam sobre essa OAE. No entanto, na Figura 32 está demonstrada a junta de dilatação do tabuleiro, que fica localizada sobre o Pilar 1, antes e depois da revitalização. Nesta figura pode-se identificar que antes da revitalização a armadura encontrava-se totalmente exposta, porém, devido à colocação do novo pavimento, não foi possível saber se foi realizado algum tipo de tratamento da junta ou apenas feito o recapeamento no local.

Outro fato que pôde ser observado, foi quanto a qualidade do pavimento. Embora colocado há poucos meses foi possível verificar a presença de matéria orgânica e também depressões nas juntas de dilatação. A presença de matéria orgânica, além do prejuízo estético, indica a presença de umidade no local. Além disso, também pode acarretar prejuízos estruturais maiores, devido ao fato que as raízes da vegetação podem gerar canais de fácil acesso de agentes patológicos para o interior da estrutura. O Quadro 5 identifica os locais onde há presença de matéria orgânica.

Figura 32 – Junta de dilatação do Pavimento sobre o Pilar 1 antes e depois da revitalização.



Fonte: Elaboração Própria, 2022.

O sistema de drenagem da ponte está executado conforme o projeto. Os mesmos foram analisados na parte superior e inferior da construção. A Figura 33 mostra um dos tubos que servem para escoar as águas do tabuleiro.

Figura 33 – Tubo de escoamento pluvial.



Fonte: Elaboração Própria, 2022.

Na análise dos guarda-corpos foram identificadas eflorescências e também alguns pontos com fissuras e armaduras expostas. Os locais estão demonstrados

nos quadros 1, 2 e 3. Outro fato identificado foi em relação ao local destinado ao tráfego de pedestres que, por se tratar de um passeio estreito, há um desconforto para quem transita a pé e também para os motoristas, pois os veículos trafegam muito próximos do local destinado aos pedestres e não há nenhuma separação entre eles. Também foi possível verificar durante a vistoria, locais que dificultam a locomoção dos pedestres sobre o passeio, devido aos arcos apresentarem seções mais largas que se projetam em direção ao pavimento e por consequência acarreta na diminuição do espaço para o trânsito dos usuários no local.

Em relação a iluminação, foi identificado que estava queimada apenas a luminária localizada no vão 2, próximo a cidade de Manoel Viana. Outro fato analisado é que no local são utilizadas lâmpadas incandescentes, onde a substituição por lâmpadas de LED poderia acarretar em uma economia nos gastos de energia.

Os quadros a seguir mostram os mapas de danos das manifestações patológicas encontradas durante a vistoria. A ponte é ilustrada em vista localizando com a quantificação das patologias encontradas, justamente com algumas imagens exemplificando a anomalia em questão. As tabelas que apresentam os mapas de danos são:

Quadro 1: mapa de danos de Armaduras Expostas.

Quadro 2: mapa de danos de Fissuras.

Quadro 3: mapa de danos de Eflorescências.

Quadro 4: mapa de danos de Umidades.

Quadro 5: mapa de danos de Matérias Orgânicas.

Por fim a Tabela 3 apresenta a ficha de inspeção Rotineira completa conforme os dados e análise realizada após as inspeções na Ponte General Osório. A classificação dos parâmetros Estruturais, Funcionais e de Durabilidade adotados levaram em conta os dados da Tabela 1 e a ficha utilizada foi adaptada do Anexo B.

Quadro 1 – Mapa de Danos da Presença de Armaduras Expostas.

<b>MAPA DE DANOS</b>	
<b>Tipo de dano:</b> Armaduras Expostas ●	
<b>Localização dos danos</b>	<b>Elementos Estruturais:</b>
	<p>Abóbada 3; P4; T6 e T7 dos vãos 4, 5, 6, 7 e 8; C8 Vão 3.  <b>Lado Direito:</b>, P3; Arco1 e 4; 2x Arco 3 e 5; PE 9 do Vão 7; Arco Superior do Vão 6 e 8.  <b>Lado Esquerdo:</b> Arco 1 e 2; 2x Arco 3, 4 e 5, ; 2x Guarda-Corpo vão 9.</p> <p style="text-align: center;"><b>Total = 31</b></p>
<b>Registro Fotográfico:</b>	
<p style="text-align: center;"><i>Fig 1 Armadura Exposta Arco Inferior Direito do Vão 4.</i></p>	
<p style="text-align: center;"><i>Fig 2 Armadura Exposta Arco Superior Direito do Vão 6, próximo ao PE 10.</i></p>	
<p style="text-align: center;"><i>Fig 3 Armaduras Expostas na T6 e T7, do Vão 8.</i></p>	
<b>Descrição:</b>	
<p>Armadura exposta foi a manifestação mais preocupante encontrada durante a vistoria. Foram encontrados diversos casos de armaduras expostas apresentando corrosão. A corrosão da armadura diminui a resistência da barra de aço e por consequência a resistência da estrutura.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “2x nos Arcos” é considerado que a patologia foi encontrada nas duas extremidades do mesmo arco.</li> </ul>	
<b>Causas:</b>	
<p>Ocorre devido a penetração de umidade e dióxido de carbono para o interior da estrutura. A difusão de CO<sub>2</sub> em concreto de alta permeabilidade ou baixa espessura de cobrimento, gera carbonatação, ocasionando a despassivação da armadura. A posterior entrada de umidade acaba gerando a corrosão da armadura, que por sua vez expande a camada superficial do aço gerando o deslocamento do concreto.</p>	
<b>Prevenção:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Utilização de concreto com traço adequado afim do mesmo não apresentar porosidade elevada;</li> <li>-Dimensionamento correto da estrutura afim de evitar sobrecargas e recalques, afim de evitar o aparecimento de fissuras;</li> <li>-Execução de cobrimento adequado das barras de aço;</li> <li>-Reparos sempre que identificados possíveis locais de fácil acesso de agentes patológicos para o interior da estrutura;</li> </ul>	

Quadro 2 – Mapa de Danos da Presença de Fissuras.

<b>MAPA DE DANOS</b>	
<b>Tipo de dano:</b> Fissuras ●	
<b>Localização dos danos</b>	
<b>Elementos Estruturais:</b>	
<p>-V4 e V5 dos Vãos 5, 6 e 7; Base do P8.</p> <p><b>-Lado Direito:</b>, Encontro com a cidade de Manoel Viana 2x.</p> <p><b>-Lado Esquerdo:</b> Guarda-Corpo no Encontro, 2x P3.</p> <p style="text-align: center;"><b>Total = 12</b></p>	
<b>Registro Fotográfico:</b>	
<p style="text-align: center;"><i>Fig 4 Fissura no Encontro com a Cidade de Manoel Viana</i></p>	
<p style="text-align: center;"><i>Fig 5 Fissura no Guarda-Corpo do lado Esquerdo do Encontro com a Cidade de Manoel Viana</i></p>	
<p style="text-align: center;"><i>Fig 6 Fissura na V6 do Vão 5.</i></p>	
<b>Descrição:</b>	
<p>As fissuras nada mais são do que aberturas na camada do concreto. Essas patologias podem vir a causar problemas na estrutura, por serem possíveis acessos de agentes agressivos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Não foi possível verificar com maior precisão alguns pontos da estrutura, por se tratar de uma patologia que apresenta muitas vezes dimensões pequenas.</li> </ul>	
<b>Causas:</b>	
<p>A presença de fissuras, na estrutura em análise, pode ter sido ocasionada pelos seguintes motivos: retração do concreto; excesso de cargas; movimentação da estrutura (cargas móveis); expansão da camada de aço devido à corrosão;</p>	
<b>Prevenção:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dimensionamento adequado da estrutura;</li> <li>-Traço adequado do concreto;</li> <li>-Reparos básicos sempre que forem identificados locais com pequenas fissuras, afim de evitar o aumento das mesmas.</li> </ul>	



Quadro 3 – Mapa de Danos da Presença de Umidade.

<b>MAPA DE DANOS</b>	
<b>Tipo de dano:</b> Eflorescência ●	
<b>Localização dos danos</b>	
<p><b>Elementos Estruturais:</b></p> <p>V 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 dos Vãos Centrais; C8 Vão 3; Abóbodas 1 e 3.</p> <p><b>Lado Direito:</b>, P3; Parte Superior dos Arcos 1 ao 4; PE 9 do Vão 7; Parte Inferior do Arco dos Vãos 4, 7 e 8.</p> <p><b>Lado Esquerdo:</b> 2x P3, Parte Superior dos Arcos 1 ao 4; 2x P8.</p> <p style="text-align: right;"><b>Total = 28</b></p>	
<b>Registro Fotográfico:</b>	
<p><i>Fig 7 Fissura com Eflorescência do Lado Esquerdo do Pilar 3.</i></p>	
<p><i>Fig 8 Eflorescência no Arco 4.</i></p>	
<p><i>Fig 9 Eflorescência V4 e V5 do Vão 4</i></p> <p style="text-align: center;">4</p>	
<b>Descrição:</b>	
<p>A presença de eflorescência pode ser um indicativo de que o concreto utilizado no local apresenta porosidade elevada ou que há presença de fissuras, pelo fato de que tal patologia depende de locais que facilitem a penetração de umidade.</p>	
<b>Causas:</b>	
<p>Deposito de sais na superfície da estrutura, gerado quando a umidade penetra ao seu interior e carrega os sais presentes no concreto para fora.</p>	
<b>Prevenção:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Traço adequado do concreto;</li> <li>-Reparos básicos sempre que forem identificados locais com pequenas fissuras, afim de evitar o aumento das mesmas.</li> </ul>	

Quadro 4 – Mapa de Danos da Presença de Matéria Orgânica.

<b>MAPA DE DANOS</b>	
<b>Tipo de dano:</b> Umidade ●	
<b>Localização dos danos</b>	
<b>Elementos Estruturais:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Encontro com Cidade de Manoel Viana 2x; C3 do Vão 3;</li> <li>-T6/7 dos vãos 4, 5, 6, 7 e 8.</li> <li>-P8, P3; Parte Inferior dos Arcos do Vão 4, 7 e 8.</li> </ul>	
<b>Total = 20</b>	
<b>Registro Fotográfico:</b>	
<p><i>Fig 10 Mancha de Umidade entre o Arco Direito 7 e a T12</i></p>	
<p><i>Fig 11 Mancha de Umidade na Junta de dilatação do Encontro com a Cidade de Manoel Viana</i></p>	
<p><i>Fig 12 Mancha de Umidade P8</i></p>	
<b>Descrição:</b>	
<p>A presença de umidade pode ser responsável por gerar novas patologias, como: eflorescências; crescimento de matéria orgânica; corrosão da armadura. Esse tipo de patologia se torna mais grave quando há presença de fissuras ou locais em que o concreto apresenta porosidade elevada, pois facilitam a penetração da mesma para o interior da estrutura.</p>	
<b>Causas:</b>	
<p>A presença de umidade na estrutura pode estar sendo ocasionada pelos seguintes motivos: ineficiência do sistema de drenagem; condensação da água, por se tratar de uma ponte e presença constante de umidade; percolação da água nos locais mais próximos ao solo ou em contato com o rio;</p>	
<b>Prevenção:</b>	
<p>Execução de sistema de drenagem eficiente, caso o presente no local não esteja adequado; Reparos em locais onde foram localizadas manchas de umidade, principalmente em locais com presença de fissuras.</p>	

Quadro 5 – Quantificação das Patologias na Segunda Metade da Ponte.

<b>MAPA DE DANOS</b>	
<b>Tipo de dano:</b> Matéria Orgânica ●	
<b>Localização dos danos</b>	<b>Elementos Estruturais:</b>
<p>Diagrama da ponte com 11 vãos (Vão 1 a Vão 11) e 10 pilares (Pilar 1 a Pilar 10). Pontos verdes indicam a localização dos danos orgânicos em vários locais, incluindo sobre os tabuleiros e nas juntas de dilatação. O encontro com a Cidade de Manoel Viana está à esquerda e o encontro com a RSC 377 está à direita.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Encontro com a cidade de Manoel Viana.</li> <li>-Na parte superior do tabuleiro são demonstradas as matérias orgânicas presentes nas juntas de dilatação.</li> <li>-Entre o Arco e Longarina do Vão 7</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Total = 20</b></p>
<b>Registro Fotográfico:</b>	
<p>Fig 13 Matéria Orgânica sobre Tabuleiro</p>	
<p>Fig 14 Matéria Orgânica presente no lado direito do Encontro com a Cidade de Manoel Viana e a Abóbada 1</p>	
<b>Descrição:</b>	
A presença de matéria orgânica é um indicativo de que há umidade no local e também suas raízes podem vir a penetrar na estrutura gerando pontos de fácil acesso de agentes patológicos para o interior da estrutura, bem como a própria umidade.	
<b>Causas:</b>	
A presença de matéria orgânica pode estar sendo gerada pelo acúmulo de umidade e falta de manutenção do local, visto que essas estruturas demoram certo tempo para se proliferarem.	
<b>Prevenção:</b>	
Limpeza do local e reparos básicos.	

Tabela 3 – Ficha de Inspeção Rotineira Completa após vistorias.

Ficha de Inspeção Rotineira			
Inspeção rotineira (ano):	2022	OAE Código:	0673
Jurisdicção (Orgão, Concessão ou outros):	DAER	Data da inspeção:	10/01/2022
Parte I - Informações Gerais			
Identificação e Localização			
Via ou município:	RSC-377	Sentido:	
Obra:	Ponte General Osório	Localização (Km ou endereço)	363,64
Descrição das intervenções executadas ou em andamento			
Reparos:	Melhoria na pista de rolamento no ano de 2021		
Alargamentos:	Não constam alargamentos		
Reforços:	Não constam reforços		
Registro de Manifestações Patológicas			
Elementos Estruturais			
Superestrutura	Armaduras expostas, Fissuras e eflorescências.		
Mesoestrutura	Armaduras expostas, Fissuras e eflorescências.		
Infraestrutura	Não foi possível analisar		
Juntas de Dilatação	Na parte inferior apresentam armaduras expostas e eflorescências nas vigas		
Encontros	Fissura considerável e manchas de umidade no encontro com a Cidade de Manoel Viana		
Outros elementos			
Elementos da pista ou funcionais			
Pavimento	Depressões nas juntas de dilatação		
Acostamento	Não consta na obra		
Drenagem	Não constam anomalias		
Guarda-Corpos	Armaduras expostas, fissuras e eflorescências		
Barreiras rígidas	Não consta na obra		
Outros elementos			
Iluminação	Luminária queimada próxima a cidade de Manoel Viana		
Proteção de pilares	Não constam.		
Informações complementares			
Recomendações de terapia			
Melhorias estruturais, principalmente nos arcos e pilares onde apresentam armaduras expostas. Melhoria na camada superficial do concreto visando diminuir a incidência de fissuras e melhorar o aspecto visual da ponte.			
Classificação da OAE			
Estrutural:	Regular	Funcional:	Boa
Durabilidade	Regular		
Justificativas:			
<p>- O parâmetro estrutural foi considerado como regular pelo fato de haverem armaduras expostas nos pilares, arcos e presença de fissuras.</p> <p>- Os parâmetros Funcionais foram considerados bons pelo fato de ter acontecido o reparo do pavimento, mesmo a estrutura apresentando aspecto não tão atrativo.</p> <p>- Os parâmetros de Durabilidade são considerados regulares pelos mesmos motivos definidos nos parâmetros estruturais, analisando também a falta de manutenção, presença de eflorescências e manchas de umidade em diversos locais.</p>			

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fase de projeto é de suma importância que seja executada de forma a maximizar a eficiência do projeto, afim de diminuir a possibilidade do surgimento de patologias e aumentar a vida útil da obra. Porém, é importante que sejam realizadas manutenções periódicas, e o que foi observado é que essa obra nunca sofreu ou está há muito tempo sem que sejam realizadas manutenções em sua estrutura, a não ser a melhoria de sua pavimentação que ocorreu devido a obra de revitalização de grande parte da RSC 377. Essa reforma, apesar de gerar maior conforto para os usuários que trafegam sobre a ponte, não geram melhorias estruturais.

Após a vistoria da ponte General Osório, foram verificados, ao todo, 31 pontos com armaduras expostas, 12 regiões com fissuração, 29 pontos de eflorescência, 20 regiões com presença de umidade e 20 pontos com concentração de matéria orgânica. Pode-se concluir que a maioria das manifestações patológicas ocorrem devido a fatores externos, como intempéries do tempo, presença de umidade, ciclos de molhagem e secagem, entre outros fatores. É importante destacar que a presença de armaduras expostas com corrosão, regiões de deslocamento do concreto e eflorescência são um indicativo de maior permeabilidade do concreto. Embora não se tenha identificado o nível de porosidade e absorção do concreto através da extração de testemunhos, pode-se levantar como hipóteses: (i) maior conectividade entre os poros capilares, aliado a um maior índice de vazios em algumas regiões da estrutura decorrentes do traço utilizado ou problemas de adensamento; (ii) geração de caminhos para a percolação de água na estrutura a partir de fissurações oriundas de sobrecarga, retração e ou desgastes abrasivos. Ressalta-se que se trata de uma obra inaugurada no ano de 1950, a qual aparentemente não apresenta manutenção na estrutura.

Essa obra tem grande importância para a região, pois conforme mencionado anteriormente, ela é responsável por ligar duas regiões do estado do Rio Grande do Sul. Neste sentido, havendo a necessidade de interdição da ponte, seria necessário retornar à utilização de balsas, contornos de grandes distâncias e/ou também passar por estradas não pavimentadas. Como consequência, isso acarretaria em grande impacto econômico, principalmente pelo transporte agropecuário, esse que tem grande volume e importância na região. Por conta disso, é de suma importância que

essa ponte esteja em adequadas condições de funcionamento, apresentado principalmente segurança para seus usuários.

Por fim, evidencia-se que o principal ponto que resulta nas manifestações patológicas encontradas é devido à falta de vistorias e manutenção de estruturas no nosso país. A falta dessas vistorias e manutenções preventivas podem acarretar em maiores custos, e também em risco aos usuários. Manutenções periódicas reduzem custos, pois mantém a estrutura em condições de funcionamento contínuo.

Em trabalhos futuros, podem ser realizadas novas vistorias, afim de analisar a quantificação das manifestações patológicas e suas características, buscando comparar com esse trabalho, afim de identificar o surgimento de novas patologias, o estado das anomalias já encontradas, caracterizando-as como ativas ou passivas, e também, realizar vistorias em dias de chuva afim de analisar o sistema de drenagem empregado no local, tendo em vista que é de suma importância que o mesmo permita de forma eficiente o escoamento das águas pluviais. Outras análises que podem ser feitas, são a partir de ensaios destrutivos e não destrutivos, afim de analisar a estrutura e seus componentes, buscando caracterizar o concreto utilizado, cobrimento das armaduras, áreas de possível presença de carbonatação, seção das armaduras corroídas e entre outras.

## 6 REFERÊNCIAS

ANDRADE, Carmen. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por Corrosão de Armaduras**. São Paulo: Pini, 1992.

ARAUJO, Ciro José Ribeiro Villela. **Principais Aspectos da Norma de Inspeção de Pontes e Viadutos NBR 9452:2016 e a Importância das Manutenções** – Slide Apresentado na Palestra apresentada na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. São Paulo, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584: Concreto Endurecido – Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452: Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2019.

DE CAMPOS, Isabella Maria. **Estudo de Juntas de Dilatação em Pontes e Viadutos, e suas Melhorias na Aplicação e Uso**. Centro Universitário FEI, 2016.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. São Paulo: Pini, 1988.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **IPR 744: Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários**. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **IPR 709: Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias. 2. Ed.** Rio de Janeiro, 2004.

EL DEBS, Mounir e TAKEYA, Toshiaki. **Introdução às Pontes de Concreto**. São Carlos, 2007.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1992.

LAPA, José Silva. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. 2008. 56 f. Monografia (Especialização) – Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

PFEIL, Walter. **Pontes em Concreto Armado**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1979.

POSSAN, E. **Contribuição ao estudo da carbonatação do concreto com adição de sílica ativa em ambiente natural e acelerado**. 2004. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SARTORI, Artur Lenzi. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP**. Dissertação (mestrado) da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomas. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

TRINDADE, Diego dos Santos da. **Patologia em Estruturas de Concreto Armado**. 2015. 88 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

VASCONCELOS, Flávio. **Análise das manifestações patológicas em pontes de concreto armado – estudo de caso**. 2018. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Alagoas, Campus do Sertão, Alagoas, 2018.



Vieira, Margarida Isabel Cabrita. **Tipologia, instalação, funcionamento e manutenção dos diversos tipos de aparelhos de apoio em Obras de Arte.** 2013. 226 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2013.

YAZIGI, Ricardo. **Avaliação de carbonatação em viadutos de concreto armado.** 2008. 186 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Infraestrutura e Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2008

## ANEXOS

## Anexo A – Modelo de Ficha para Inspeção Cadastral.

Ficha de inspeção cadastral	
Inspeção Cadastral(ano):	OAE Código:
Jurisdição (Órgão, Concessão ou outro):	Data da inspeção:
<b>Parte I - Cadastro</b>	
<b>A - Identificação e localização</b>	
Via ou município:	Sentido:
Obra:	Localização (km ou endereço):
Ano da construção:	Projetista:
Trem-tipo:	Construtor:
<b>B - Características da estrutura</b>	
<b>Comprimento e largura</b>	
Comprimento total (m):	Largura total (m):
	Largura útil (m):
<b>Tipologia estrutural</b>	
Sistema construtivo (ver Tabela A.3):	
Natureza da transposição (ver Tabela A.4):	Material (ver Tabela A.5):
Seção tipo:	
Longitudinal (superestrutura) (ver Tabela A.2):	Mesoestrutura (ver Tabela A.2):
Transversal (superestrutura) (ver Tabela A.2):	Infraestrutura (ver Tabela A.2):
<b>Características particulares</b>	
Número de vãos:	Comprimento do vão típico (m):
Número de apoios:	Comprimento do maior vão (m):
Número de pilares por apoio:	Altura dos pilares (m):
Aparelhos de apoio (quantidade e tipo):	Juntas de dilatação (quantidade e tipo):
Encontros:	
Outras peculiaridades(exemplos: existência de dentes Gerber, no caso de seção celular registrar se há acesso):	
<b>C - Características funcionais</b>	
<b>Características plani-altimétricas</b>	
(exemplo: informar se a região é plana, ondulada ou montanhosa, traçada em tangente ou curvo, esconsidade, rampa)	
<b>Características da pista</b>	
Número de faixas:	Largura da faixa (m):
Acostamento:	Largura do acostamento (m):
Refúgios:	Largura do refúgio (m):
Passeio:	Largura do passeio (m):
Barreira rígida:	Guarda-corpo:
Pavimento (asfáltico, concreto):	Drenos:
Pingadeiras:	
<b>Gabaritos</b>	
Gabarito vertical do viaduto (m):	Gabarito navegável da ponte (m):
<b>Tráfego</b>	
Frequência de passagem de carga especial:	
<b>Parte II - Registro de anomalias</b>	
<b>A - Elementos estruturais</b>	
Superestrutura:	
Mesoestrutura:	
Infraestrutura:	
Aparelhos de apoio:	
Juntas de dilatação:	
Encontros:	
Outros elementos:	
<b>B - Elementos da pista ou funcionais</b>	
Pavimento:	
Acostamento e refúgio:	
Drenagem:	
Guarda - corpos:	
Barreira de concreto /Defesa metálica:	
<b>C - Outros elementos</b>	
Taludes:	
Iluminação:	
Sinalização:	

Gabaritos:	
Proteção de pilares:	
<b>D - Informações complementares e recomendações de terapia</b>	
<b>Parte III - Classificação da OAE (ver Seção 5)</b>	
Estrutural:	Funcional:
Durabilidade:	
Justificativas:	
<b>Croquis</b>	
<b>Planta do tabuleiro</b>	
<b>Corte longitudinal</b>	
<b>Corte transversal</b>	
<b>Detalhes adicionais</b>	

Fonte: NBR 9452/2019.

### Anexo B – Modelo de Ficha para Inspeção Rotineira.

Inspeção rotineira (ano):	OAE Código:
Jurisdição (Órgão, Concessão ou outros):	Data da inspeção:
<b>PARTE I – Informações gerais</b>	
<b>A - Identificação e localização</b>	
Via ou município:	Sentido:
Obra:	Localização (km ou endereço):
<b>B - Histórico das inspeções</b>	
Inicial:	Última rotineira:
Especial:	
<b>C - Descrição das intervenções executadas ou em andamento</b>	
Reparos:	
Alargamento:	
Reforços:	
<b>PARTE II - Registro de manifestações patológicas</b>	
<b>A - Elementos estruturais</b>	
Superestrutura:	
Mesoestrutura:	
Infraestrutura:	
Aparelhos de apoio:	
Juntas de dilatação:	

Encontros:	
Outros elementos:	
<b>B - Elementos da pista ou funcionais</b>	
Pavimento:	
Acostamento e refúgio:	
Drenagem:	
Guarda-corpos:	
Barreiras rígidas/Defensas metálicas:	
<b>C - Outros elementos</b>	
Taludes:	
Iluminação:	
Sinalização:	
Gabaritos:	
Proteção de pilares:	
<b>D - informação complementares</b>	
<b>E - Recomendações de terapia</b>	
<b>PARTE III – Classificação da OAE (ver Seção 5)</b>	
Estrutural:	Funcional:
Durabilidade:	
<b>Justificativas</b>	

Fonte: NBR 9452/2019.

Anexo C – Modelo de Ficha para Inspeção Especial.

Inspeção especial (ano):	OAE Código:	
Jurisdição (DNIT, Concessão ou outro):		
Data da inspeção:	Início:	Término:
<b>PARTE I - Síntese do relatório de patologia</b>		
<b>1 - Localização</b>		
Rodovia ou município:	Sentido:	
Obra:	Localização (km ou endereço):	
<b>2 - Descrição da obra</b>		
Quantidade de vãos:	Comprimento total:	
Pilares:	Vigas:	
Largura total:	Juntas de dilatação:	
Tipologia transversal da superestrutura:	Tipologia longitudinal da superestrutura:	
Classe:		
Observações:		
<b>3 - Ensaio realizados</b>		
<b>4 - Classificação da OAE (Ver Seção 5)</b>		
Estrutural:	Funcional:	
Durabilidade:		
<b>5 – Vistoria</b>		
Data da vistoria:		
Recursos de aproximação empregados:		
<b>6 - Descrição das anomalias</b>		
<b>Superestrutura</b>		
Laje superior:		
Vigas longarinas:		
Vigas transversinas:		
<b>Mesoestrutura</b>		
Vigas travessas:		
Aparelho de apoio:		
Pilares:		
<b>Infraestrutura</b>		
Blocos:		
Fundações:		

<b>Encontro</b>
Estruturas de encontro:
<b>Elementos complementares</b>
Pavimento, sinalização e gabaritos:
Passeios e guarda-corpo:
Barreiras rígidas/defensas metálicas:
Juntas:
Drenagem:
<b>PARTE II - Síntese do relatório de terapia</b>
<b>1 - Parecer técnico</b>
Informar as conclusões da inspeção:
<b>2 - Resumo da análise estrutural (caso necessário)</b>
<b>3 - Proposição de restauração e/ou reforço</b>
A considerar: Informar as medidas necessárias para a restauração ou reforço.

Fonte: NBR 9452/2019.