

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Angélica Winter Rabaioli**

**Inspeção de Obras de Arte Especiais:**

Estudo de caso do Viaduto da Rua Voluntários da Pátria

Porto Alegre  
Fevereiro de 2024

Angélica Winter Rabaioli

**Inspeção de Obras de Arte Especiais:**

Estudo de caso do Viaduto da Rua Voluntários da Pátria

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Civil

**Orientador: Prof. Dr. Lucas Alexandre Reginato**

Porto Alegre  
Fevereiro de 2024



## CIP - Catalogação na Publicação

Rabaioli, Angélica Winter

Inspeção de Obras de Arte Especiais: Estudo de caso do Viaduto da Rua Voluntários da Pátria / Angélica Winter Rabaioli. -- 2024.

81 f.

Orientador: Lucas Alexandre Reginato.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Inspeção de Obras de Arte Especiais. 2. Manifestações Patológicas. 3. NBR 9452. I. Reginato, Lucas Alexandre, orient. II. Título.

**Angélica Winter Rabaioli**

**Inspeção de Obras de Arte Especiais:**

Estudo de caso do Viaduto da Rua Voluntários da Pátria

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 23 de fevereiro de 2024.

Prof. Dr. Lucas Alexandre Reginato  
Orientador

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. Lucas Alexandre Reginato (UFRGS)**  
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientador

**Profa. Ângela Gaio Graeff (UFRGS)**  
Doutora pela University of Sheffield, Inglaterra

**Helena Szortika Quadros**  
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## RESUMO

As Obras de Arte Especiais desempenham um papel fundamental na interligação de destinos, abrangendo variados tipos de finalidade de uso, desde atividades de lazer e turismo até transporte de cargas. As inspeções regulares nessas obras são essenciais para garantir sua segurança e durabilidade, sendo uma ferramenta de prevenção de interdições desnecessárias e prejudiciais no cotidiano da mobilidade de pessoas e seus negócios. Ao longo dos últimos anos, foi observado que o único reparo oferecido ao ressalto nas juntas de dilatação do Viaduto localizado na Rua Voluntários da Pátria, situado no município de Porto Alegre, tem sido um expressivo acúmulo de concreto asfáltico sobre ele. Tal acúmulo não denota ser a solução técnica adequada. O principal objetivo deste trabalho foi inspecionar a estrutura frente aos parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade, registrando e divulgando os dados técnicos obtidos e analisados segundo as diretrizes normativas presentes na NBR 9452 (ABNT, 2019) em conjunto com as boas práticas recomendadas na literatura. A metodologia do trabalho se iniciou na revisão bibliográfica pertinente ao tema. Seguindo, foram coletados os dados e resgate de registros anteriores da obra de arte especial junto à gestora responsável, e após, foi realizada a Inspeção no local, baseada em análise estritamente visual/ tátil, sem o uso de equipamentos e/ou recursos especiais para análise ou acesso, com registros e formalização dos dados. Ao final, os dados foram todos sintetizados em um relatório técnico, em consonância às orientações da norma. Assim, a obra foi avaliada, obtendo nota 3, condição regular, no parâmetro estrutural, nota 2, condição ruim, no parâmetro funcional e nota 2, condição ruim, no parâmetro de durabilidade. Portanto, o objetivo do trabalho foi atingido. O relatório técnico foi desenvolvido contemplando detalhes das anomalias percebidas e indicação de terapias a elas. A respeito dos acessos, realmente eles apresentam anomalias que podem estar fomentando outras anomalias também observadas em demais elementos componentes da obra, em hipótese. Conclui-se que a obra deva receber uma inspeção especial por profissional habilitado, fundamentado pela presença detectada de duas vigas transversinas de aço em meio às de concreto estranhas ao projeto original (a obra passou por alguma intervenção não documentada) e a nota baixa atribuída à caracterização de durabilidade. E sinaliza-se que há a perspectiva de que este trabalho possa mesmo ter utilidade prática para orientar, com subsídios para o planejamento e controle por parte da gestora da obra, assim, podendo auxiliar no desenvolvimento de melhorias nesta obra e em outras, além de auxílio sobre as realizações de manutenções e consequente aumento da vida útil da obra e da segurança para os usuários.

**Palavras-chave:** OAE. Inspeção. Viaduto Rua Voluntários da Pátria. NBR 9452.

## ABSTRACT

Special Art Works play a fundamental role in interconnecting destinies, encompassing various types of use purposes, ranging from leisure activities and tourism to cargo transportation. Regular inspections of these works are essential to ensure their safety and durability, serving as a tool to prevent unnecessary and harmful interdictions in the daily mobility of people and their businesses. Over the past few years, it has been observed that the only repair offered to the bump at the expansion joints of the Viaduct located on Voluntários da Pátria Street, in the municipality of Porto Alegre, has been a significant accumulation of asphaltic concrete over it, such accumulation does not appear to be the appropriate technical solution. The main objective of this work was to inspect the structure against structural, functional, and durability parameters, recording and disseminating the technical data obtained and analyzed according to the normative guidelines present in NBR 9452 (ABNT, 2019) in conjunction with the best practices recommended in the literature. The methodology of the work began with a bibliographic review relevant to the theme. Subsequently, data were collected and previous records of the special work of art were retrieved from the managing authority, followed by an Inspection on-site, based on strictly visual/tactile analysis, without the use of equipment and/or special resources for analysis or access, with data recording and formalization, finally, the data were all synthesized into a technical report, in accordance with the standard's guidelines. Thus, the work was evaluated, having obtained a grade 3, regular condition, in the structural parameter, grade 2, poor condition, in the functional parameter, and grade 2, poor condition, in the durability parameter, therefore the objective of the work was achieved. The technical report was developed contemplating details of the perceived anomalies and indication of therapies for them. Regarding the accesses, indeed, they present anomalies, which may be fostering other anomalies also observed in other components of the work, hypothetically. It is concluded that the work should receive a special inspection by a qualified professional, justified by the detected presence of two steel transverse beams among those of concrete strange to the original project (the work underwent some undocumented intervention) and the low grade assigned to the durability characterization. And it is indicated that there is a prospect that this work may indeed have practical utility to guide, with subsidies for planning and control by the managing authority of the work, thus, possibly assisting in the development of improvements in this work and others, as well as assistance on the performance of maintenance and consequent increase in the life span of the work and safety for the users.

**Keywords:** OAE. Inspection. Voluntários da Pátria Street Viaduct. NBR 9452.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	9
1.2	OBJETIVO .....	11
1.3	ESCOPO DO TRABALHO .....	11
<b>1.3.1</b>	<b>Delimitações</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Limitações</b> .....	<b>11</b>
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1	OAE E VIDA ÚTIL .....	13
2.2	O MEIO AMBIENTE DAS OAES.....	15
2.3	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS RECORRENTES EM OAES .....	16
<b>2.3.1</b>	<b>Fissuração</b> .....	<b>17</b>
2.3.1.1	Assentamento plástico .....	18
2.3.1.2	Dessecação superficial .....	18
2.3.1.3	Retração por secagem.....	19
2.3.1.4	Movimentação térmica.....	20
2.3.1.5	Corrosão da armadura .....	20
2.3.1.6	Ataque por sulfato .....	21
2.3.1.7	Reação álcali-agregado.....	22
2.3.1.8	Sobrecargas .....	23
2.3.1.9	Fadiga .....	25
2.3.1.10	Detalhes Construtivos.....	25
2.3.1.11	Fundações.....	25
<b>2.3.2</b>	<b>Carbonatação</b> .....	<b>25</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Despassivação por ação de cloretos</b> .....	<b>26</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Ação do fogo</b> .....	<b>27</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Falhas de concretagem</b> .....	<b>29</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Hidrólise, Lixiviação, Eflorescência</b> .....	<b>30</b>
<b>2.3.7</b>	<b>Manchas superficiais</b> .....	<b>31</b>
<b>2.3.8</b>	<b>Desaprumo e deslocamentos lineares e angulares</b> .....	<b>31</b>
<b>2.3.9</b>	<b>Danos oriundos de impactos por acidentes</b> .....	<b>32</b>
<b>2.3.10</b>	<b>Danos em aparelhos de apoio</b> .....	<b>32</b>

<b>2.3.11</b>	<b>Erosão e indícios de instabilidade no talude .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.12</b>	<b>Danos na pista de rolamento .....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.13</b>	<b>Defeitos em juntas de dilatação.....</b>	<b>34</b>
2.4	NORMAS DE VISTORIA.....	35
<b>3</b>	<b>RELATÓRIO TÉCNICO DE INSPEÇÃO DO VIADUTO.....</b>	<b>38</b>
3.1	METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS UTILIZADOS.....	38
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO VIADUTO.....	38
3.3	INSPEÇÃO .....	44
<b>3.3.1</b>	<b>Planejamento da inspeção.....</b>	<b>44</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Resultado da inspeção .....</b>	<b>45</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Análise de dados .....</b>	<b>65</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>68</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXO A — FICHA DE INSPEÇÃO CADASTRAL.....</b>	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As Obras de Arte Especiais (OAEs) são importantes estruturas utilizadas diariamente para interligar pessoas aos seus destinos. São usadas para o deslocamento de diferentes pessoas para diversas atividades, que vão desde lazer até atividades laborais, transporte de cargas diversas, abrigo de equipamento urbano e, infelizmente, muitas vezes tem serventia como moradia precária.

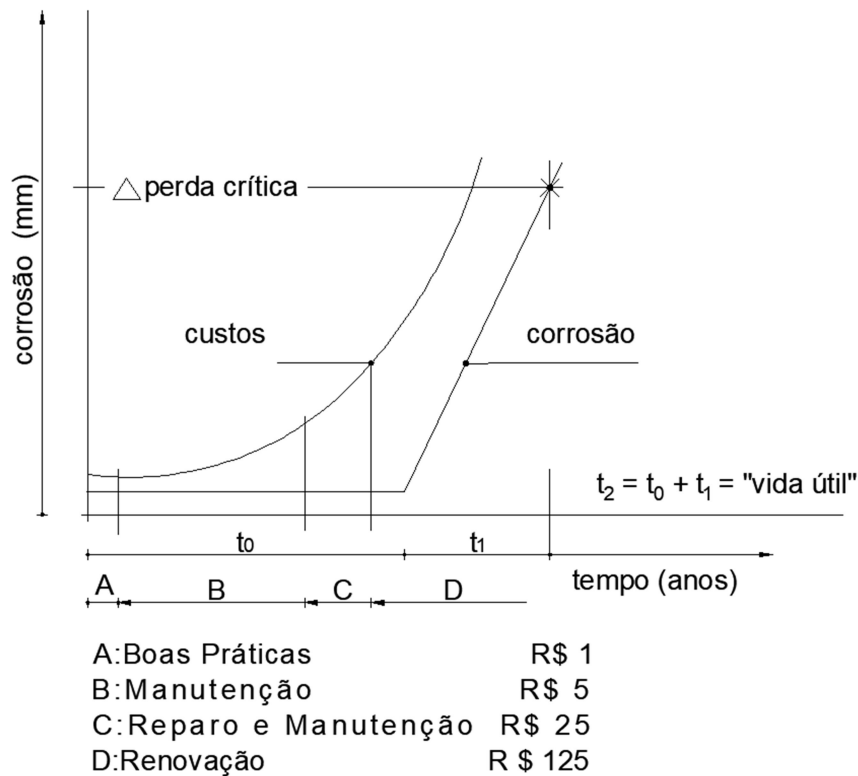
Essas estruturas merecem atenção sobre suas perfeitas condições a fim de que ofereçam segurança aos usuários e também se atinja a maior durabilidade possível da OAE, já que essas estruturas têm um alto custo de implantação e implicam em alto impacto econômico e de segurança no cotidiano quando sofrem algum tipo de interdição.

Em agosto de 2015, foi iniciado um Projeto entre o Tribunal de Contas do Estado (TCERS) e o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREARS), visando à colaboração institucional para qualificação ou implantação de programas de gerenciamento da manutenção de pontes, viadutos, passarelas e túneis sob responsabilidade dos municípios gaúchos. O Projeto identificou que, entre os municípios entrevistados 90,9% não possuem cadastro das estruturas; 99,7% não possuem Planos de Manutenção; 81,3% não realizam vistoria rotineira; 91,8% não possuem designação de responsável técnico; 88,5% não realizaram contratos de manutenção nos últimos 5 anos e 66,2% desses municípios declararam possuir previsão orçamentária para a manutenção de OAE (TCURS, CREARS, 2023).

Os dados apresentados na Cartilha do Projeto reforçam o senso comum sobre o baixo investimento público em manutenções de OAE, concluindo que a falta do conhecimento sistêmico do estado de conservação das obras implica na deficiente provisão de recursos financeiros às obras que carecem de intervenção. Dessa forma, a ausência de gerenciamento expõe essas estruturas a uma significativa diminuição de vida útil, oportunizando aumento no custo de recuperação e risco de colapso (TCURS, CREARS, 2023).

De acordo com Sitter (1983), os custos associados à manutenção corretiva de estruturas podem ser até 125 vezes maiores do que os custos de medidas preventivas produzidas durante a fase de projeto, com boas práticas, visando melhorar a proteção e a durabilidade da estrutura. Por outro lado, os custos com manutenções preventivas podem ser até cinco vezes menores, tornando-as economicamente mais benéficas em comparação com as manutenções corretivas. A função exponencial ilustrativa que descreve a evolução dos custos estudados por Sitter está apresentada na Figura 1.

Figura 1. Lei dos cinco (evolução de custos).



Fonte: adaptado de Sitter, 1983.

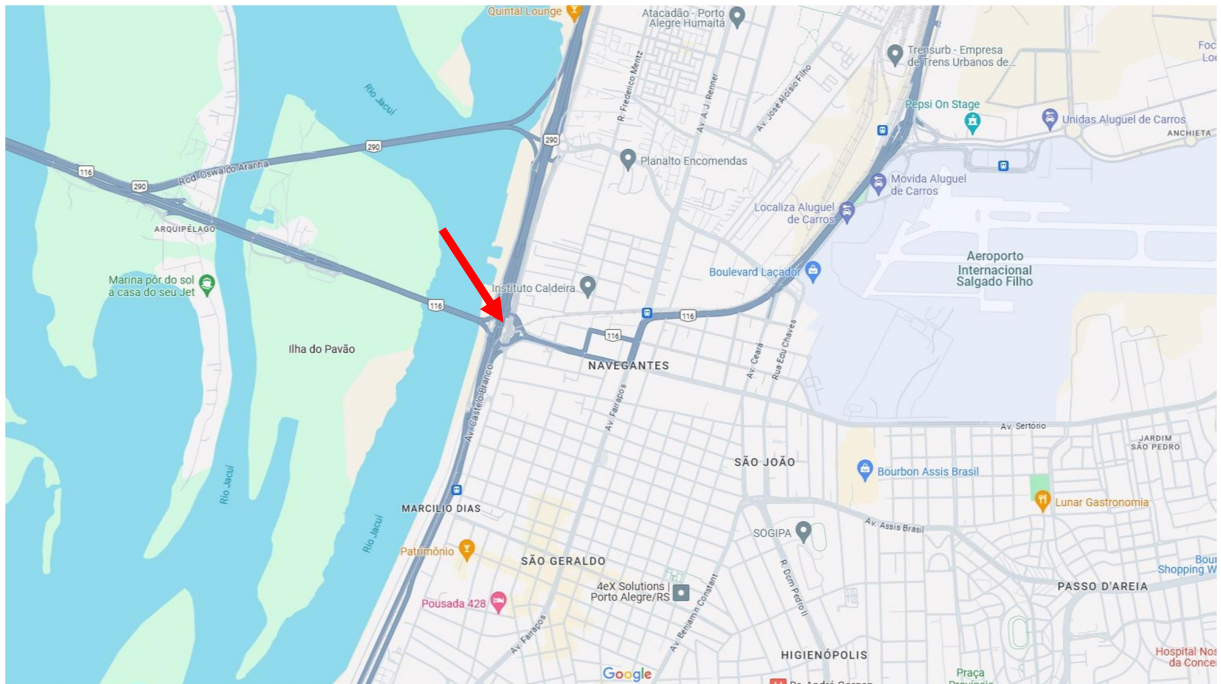
Pelo exposto, ressalta-se a importância da constância no monitoramento das OAEs para economia do erário público e durabilidade dessas estruturas. As vistorias normatizadas visam gerar subsídios para apoiar e direcionar a realização de manutenções para que a estrutura permaneça em posição aceitável da sua curva de deterioração prevista e, conseqüentemente, atinja a vida útil de projeto.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O especial interesse no viaduto, objeto do tema, localizado na Rua Voluntários da Pátria em Porto Alegre, se dá pelos instigantes ressaltos perenes localizados nos encontros do viaduto em conjunto da distinta e característica geometria com tabuleiro convexo. Os ressaltos são motivo de redução de velocidade dos veículos que ali trafegam. A Figura 2 ilustra o ponto onde está situada a obra em Porto Alegre.



Figura 2. Localização do viaduto no contexto de Porto Alegre.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2024

Ao longo dos últimos anos, a autora do tema observou que o único reparo oferecido ao ressalto tem sido um expressivo acúmulo de pavimentação asfáltica. Tal acúmulo pode não ser a solução técnica adequada ou, em hipótese, apenas tem a pretensão de mascarar uma possível anomalia da estrutura. A Figura 3 ilustra uma visão geral do viaduto.

Figura 3. Vista lateral leste do viaduto.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2019

## 1.2 OBJETIVO

Este trabalho se propõe a inspecionar uma OAE no Município de Porto Alegre, gerando um relatório a partir de uma vistoria. O principal objetivo é inspecionar a estrutura frente aos parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade, registrando e divulgando os dados técnicos obtidos e analisados segundo a norma NBR 9452 (ABNT, 2019) em conjunto com boas práticas recomendadas na literatura.

## 1.3 ESCOPO DO TRABALHO

Alguns contornos foram estabelecidos de forma a deixar o trabalho exequível pela autora, pois alguns empecilhos poderiam onerar o processo ou deixá-lo abrangente demais. A seguir, apresentam-se os contornos do trabalho proposto: delimitações e limitações.

### 1.3.1 Delimitações

O trabalho é direcionado à vistoria no viaduto localizado na Rua Voluntários da Pátria (próximo a Av. Sertório) em Porto Alegre, com especificação das intervenções necessárias, caso sejam detectadas anomalias, segundo a NBR 9452:2019 (ABNT, 2019) e outras recomendadas na literatura registradas em língua portuguesa.

### 1.3.2 Limitações

Este trabalho se limita quanto ao tipo de vistoria a ser realizada, cadastral ou rotineira, devido à impossibilidade financeira e operacional de contemplar o uso de equipamentos e recursos especiais de acesso ou mesmo autorizações específicas junto a autoridades para realizar as análises da obra. Assim, o tipo de vistoria foi definido a partir do levantamento de documentos iniciais da obra junto à gestora responsável. Foi definido que o tipo de vistoria seria a inspeção cadastral após a conclusão de que não havia registros de inspeções anteriores aos moldes da NBR 9452 (ABNT, 2019).

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 4 capítulos. No primeiro capítulo, há a introdução com a contextualização, sendo apresentados a justificativa, o objetivo e o escopo do trabalho com as delimitações e limitações.

No capítulo 2, é apresentada a revisão bibliográfica que busca dar sustentação à análise da inspeção. É, também, oferecida uma visão geral sobre OAEs, focando em inspeções. Isso inclui uma introdução aos conceitos relacionados, uma discussão sobre as principais normas de vistorias, a relevância dos dados ambientais onde a obra está situada e um resumo das anomalias mais comuns encontradas nessas estruturas.

O capítulo 3 apresenta a metodologia adotada neste trabalho, incluindo a análise do histórico de documentos da gestora da obra, a caracterização do viaduto, detalhamento do procedimento de inspeção e, finalmente, a apresentação dos resultados e análise dos dados obtidos na inspeção.

Por fim, o capítulo 4 difunde as considerações finais, ratificando os resultados e a análise da vistoria realizada. Ao final do trabalho, no Anexo, apresenta-se a ficha de inspeção gerada a partir da vistoria no Viaduto aos moldes sugeridos pela norma NBR 9452:2019 (ABNT, 2019).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

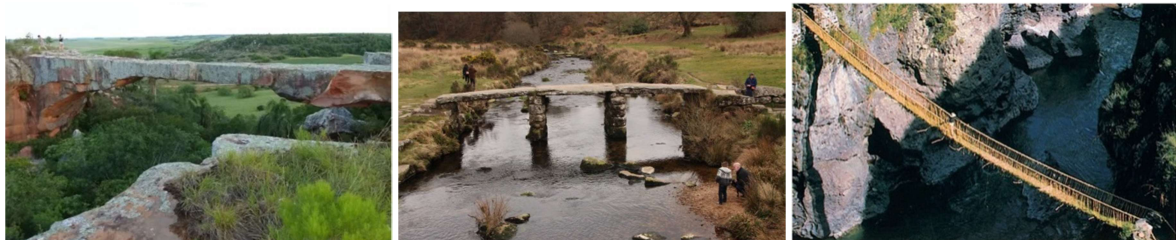
Neste capítulo, há uma visão geral sobre OAE com enfoque em inspeções, conforme literatura consultada. Os tópicos atinentes compreendem uma breve apresentação de conceitos envolvidos. Após isso, comentam-se as normas principais de vistorias. Em seguida, aborda-se a importância dos dados de identificação do meio ambiente em que a obra se encontra e, finalizando, a exposição das principais anomalias comumente encontradas em estruturas de OAE.

### 2.1 OAE E VIDA ÚTIL

Conforme define Araujo (2014, p.60), “Obras de arte especiais são estruturas que têm a finalidade de transpor obstáculos, tais como avenidas, vales, rios, entre outros. Quando construídas sobre cursos d’água, são denominadas pontes; sobre avenidas ou vales secos, viadutos”. Borin (2023) lembra que estruturas como túneis e passarelas também são incluídas no conjunto de obras de arte especiais.

As obras de arte especiais podem ocorrer de forma natural. Por exemplo, as pontes podem ser árvores que caem sobre o leito de um rio após um forte temporal. Assim como teria ocorrido com o domínio do fogo, os povos primitivos tentaram imitar o incidente, provavelmente pela vantagem de superar um obstáculo e permitir a ida e vinda sobre o rio (Figura 4). Eram feitos de forma rudimentar, com troncos de árvores, pedras, cipós e cordas e tudo mais que teriam à disposição na época, mas sempre aperfeiçoando a sua construção ao longo do tempo (ITTI - UFPR, 2023).

Figura 4. Ponte natural Pedra do Tigre em Alegrete/RS (a); Ponte de pedra Postbridge Clapper/GB (b); Ponte suspensa primitiva sobre uma ravina no Peru, feita de cordas de fibras vegetais trançadas (c).



(a)

(b)

(c)

Fonte: G1 (2013); O GLOBO (2017); ITTI - UFPR (2023) respectivamente.

Há registros desde a Antiguidade da construção de pontes de madeiras ou cordas feitas por povos primitivos. Desde antes de Cristo, os chineses e romanos já construíam estruturas de pedras. Mais tarde (fim do século XVIII), o ferro fundido em forma de arcos foi incorporado à construção de pontes. Mas só a partir de 1900 começaram a surgir as primeiras

pontes com um novo material de construção: o concreto. Primeiro apenas substituindo a pedra como material de construção em arcos triarticulados. O concreto armado, na época chamado de concreto de ferro, foi usado primeiramente em lajes de tabuleiros, depois em nervuras de arcos, então, em 1912, foi utilizado em pontes em vigas e pontes em pórtico. As pontes em concreto protendido teriam surgido por volta do ano de 1938, sendo interrompido seu desenvolvimento pela II Guerra Mundial e retomado após o fim da guerra (LEONHARDT, 1979).

De maneira geral, as OAEs são compostas por diferentes elementos, mas costumam-se agrupar em três grandes grupos: superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura.

A superestrutura contempla o conjunto de elementos destinados a receber as cargas permanentes e acidentais e transferi-las à mesoestrutura. Ocasionalmente, a depender das características, poderá transferi-las diretamente à infraestrutura. Compõem o grupo: laje (inclusive ponte em arco, extradorso, pênsil e estaiada) e placa e pré-laje; viga longarina, viga treliça e viga-caixão; vigas viga transversina (exceto quando em caráter de cortina de contenção de aterro dos encontros); articulação (dente tipo *Gerber*, *Freyssinet* e outros), estais e vigas em arco superior, intermediário ou inferior.

A mesoestrutura contempla o conjunto de elementos destinados a receber as cargas provenientes da superestrutura e transferi-las à infraestrutura. Compõem o grupo: viga-travessa; pilar; pilone (torre, portal etc.); aparelho de apoio e vigas de travamento de pilares.

A infraestrutura contempla o conjunto de elementos destinados a receber as cargas provenientes da mesoestrutura ou diretamente da superestrutura e transferi-las ao substrato. Compõem o grupo: viga de travamento de blocos de fundação; viga-alavanca, tubulão, sapata, estaca, bloco sobre estacas e de transição.

Os elementos também podem ser classificados conforme sua importância na obra: será considerado elemento principal quando um dano ocasionar colapso parcial ou total da obra; será secundário se um dano ocasionar ruptura localizada em apenas parte de um vão e será considerado complementar quando não ocasionar nenhum comprometimento estrutural, apenas funcional ou de durabilidade na obra, abrangendo elementos funcionais de segurança, drenagem e transição de estrutura (barreira rígida, pavimento, juntas, talude sob projeção da estrutura e lateral, poste e luminária etc.) (ABNT, 2019).

Para atingir a maior durabilidade possível de uma obra, seja qual for o material empregado na construção, é fundamental entender o conceito de vida útil e dominar os procedimentos de manutenção. Segundo a NBR 6118 (2023), vida útil de projeto é o período de tempo em que as características das estruturas de concreto não são alteradas (sem

intervenções significativas) desde que atendendo aos requisitos de uso e manutenção determinados pelo projetista e pelo construtor e atendendo à execução de reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

A norma também especifica que as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de forma a conservar sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo de sua vida útil. Ressaltando que o conceito de vida útil aplica-se à estrutura como um todo ou às suas partes (cada sistema componente da obra pode ter uma vida útil diferente do todo, por exemplo, aparelhos de apoio, juntas de movimentação).

## 2.2 O MEIO AMBIENTE DAS OAES

A intuição, a criatividade e a inovação podem casualmente definir a solução que melhor se adapta no processo de criação de um projeto, mas não sem antes dispor de uma grande quantidade de dados para o projeto, além de experiência no ramo.

Além dos dados das ações permanentes, variáveis e excepcionais, alguns outros dados também devem ser considerados para o projeto, como planta de situação: contendo indicação de obstáculos, curvas de nível e alinhamento vertical da via de tráfego; Seção longitudinal: com as indicações dos gabaritos, largura da ponte, largura das faixas, acostamentos, passeios e outros; Condições das fundações: sondagens; Condições estéticas: obra em meio urbano, que mereça refino de tratamento estético; Condições ambientais: níveis d'água, períodos de cheia e seca, caracterização climática da região (LEONHARDT, 1979).

Segundo Ukrainczyk, Pecur e Bolf (2007), os parâmetros de exposição e condições microclimáticas são tão relevantes quanto a porosidade, resistência, relação água-cimento, teor e tipo de cimento. Portanto, conhecer o local é parte essencial do processo de concepção.

Conforme a NBR 6118 (2023), atualmente a agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas. Logo, é fundamental identificar adequadamente o ambiente em que se encontra a obra. O Quadro 1 reproduz os dados extraídos da tabela 6.1 com as classes de agressividade ambiental normatizados.

Quadro 1. Classes de agressividade ambiental.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submerso	
II	Moderada	Urbano <sup>a,b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinho <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a,bb</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a,c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas, elementos em contato com solo contaminado ou água subterrânea contaminada.

Fonte: ABNT, 2023.

### 2.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS RECORRENTES EM OAES

Conforme descreve Helene (1992), podemos dividir em cinco grandes áreas representativas das etapas de produção e uso das obras civis. Com essa divisão fica fácil identificar a origem do problema com o correto diagnóstico, seja para fins judiciais, seja para a indicação da terapia mais adequada ao caso. São elas: planejamento; projeto; materiais; execução e uso. Helene comenta ainda, que a concentração de causas de manifestações patológicas está entre a fase de planejamento e projeto, que em geral são mais graves que as falhas oriundas da qualidade dos materiais ou má execução das origens dos problemas das manifestações patológicas.

Souza e Ripper (1998) também apresentam uma análise detalhada sobre as origens das patologias em estruturas, argumentando que elas estão frequentemente ligadas ao estágio no ciclo de vida da estrutura em que uma predisposição para problemas foi estabelecida, permitindo que certos fatores desencadeiem o processo patológico. Eles identificam as causas mais comuns dessas patologias: falhas de projeto, falhas na execução da estrutura, com o uso de materiais de má qualidade ou inadequados, apontando também a etapa de utilização da estrutura, que compreende a falta de manutenção adequada, destacada como uma fonte significativa de problemas patológicos.

Muitos pesquisadores têm se dedicado a catalogar as diversas causas de problemas patológicos em termos percentuais. No entanto, os resultados dessas pesquisas frequentemente divergem. Isso se deve, em parte, ao fato de que os estudos quase sempre são realizados em diferentes continentes tornando difícil isolar a causa mais significativa (SOUZA; RIPPER, 1998).

Segundo a NBR 9452 (ABNT, 2019), as anomalias comumente encontradas na estrutura de OAE são: defeitos construtivos (falhas de concretagem, desaprumo, falta de cobertura em armaduras entre outras); danos oriundos de impactos por acidentes; deslocamentos lineares e angulares; deformações excessivas; desaprumo de pilares; fissuras; exposição de armaduras; esmagamentos de concreto; deterioração por agentes agressivos e outros.

A norma NBR 9452 (ABNT, 2019) segue elencando que os aparelhos de apoio costumam apresentar problemas como ausência de aparelhos de apoio; bloqueios; posicionamento inadequado; ruptura; fissuras; esmagamentos; deformações laterais; deslocamentos; distorção excessiva; peças de aço oxidadas; deslocamentos da fretagem; assentamento irregular; deterioração do berço de assentamento.

Nas pistas e no entorno, a norma lista anomalias quanto à fuga de material (erosão e indícios de instabilidade no talude); desgastes superficiais, espessura excessiva, ondulações e cavidades no pavimento; deficiência e ausências no sistema de sinalização e de drenagem de águas pluviais; e descontinuidade de greide. E nas juntas de dilatação, relaciona a ausência de perfil de vedação; falta de estanqueidade; saliência ou depressão; deterioração dos lábios poliméricos e berços; acúmulo de detritos, ocorrência de agentes agressivos; perfil elastomérico com descolamento, rasgo, ressecamento ou esmagamento; abertura excessiva. A seguir estão detalhadas as principais manifestações patológicas encontradas em OAE pela ótica da norma NBR 9452 (ABNT, 2019).

### **2.3.1 Fissuração**

Fissura é uma abertura em forma de linha de espessura variável que aparece na superfície ou interna em qualquer material. Conforme classifica Dal Molin (1988), no concreto, as fissuras podem se manifestar tanto no estado fresco quanto no estado endurecido.

No concreto fresco, as origens podem estar relacionadas aos fenômenos de assentamento plástico, dessecação superficial ou movimentação das formas. No estado endurecido, as origens podem estar relacionadas aos fenômenos de retração por secagem,



movimentação térmica, corrosão da armadura, reações expansivas com sulfatos, reações expansivas com álcali-agregados, sobrecargas, detalhes construtivos e fundações.

#### 2.3.1.1 *Assentamento plástico*

As fissuras, internas ou externas, oriundas de assentamento plástico são decorrentes da sedimentação das partículas sólidas para baixo ao passo que há um deslocamento de ar e água aprisionados em direção à superfície, causando assim a redução no volume da massa. Quando essa massa de concreto, durante o assentamento, encontra obstáculo, como um agregado de maior dimensão, podem aparecer fissuras sem padrão de direção. Caso o obstáculo seja as armaduras horizontais, podem aparecer fissuras na direção delas (Figura 5). Esse processo pode ocorrer nos primeiros dez minutos até três horas (DAL MOLIN, 1988).

Elementos como a vibração prolongada, excesso de exsudação, falta de estanqueidade das formas, barras com grandes diâmetros e malhas densas, cobertura pequeno da armadura, entre outros, podem contribuir na causa desse problema (DAL MOLIN, 1988).

Figura 5. Detalhe de fissura ao longo da armadura



Fonte: REGINATO, 2023a

#### 2.3.1.2 *Dessecação superficial*

As fissuras oriundas de dessecação superficial (Figura 6) ocorrem pela excessiva evaporação de água do amassamento ou grande absorção de água pelos agregados ou pelas formas. Esse processo pode ocorrer nos primeiros trinta minutos até seis horas.

Pode haver contribuição na causa desse problema elementos como temperatura, velocidade do ar, umidade relativa do ar, qualidade da cura do concreto e da sua temperatura superficial (DAL MOLIN, 1988).

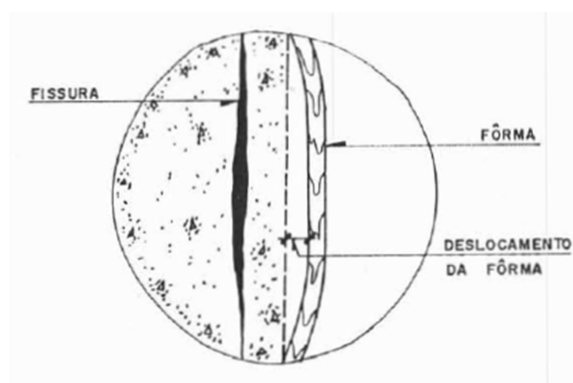
Figura 6. Detalhe de fissura por dessecação superficial, também chamada de retração plástica (pop. pele de crocodilo)



Fonte: REGINATO, 2023a

As fissuras oriundas de movimentação de formas podem ser internas (Figura 7) ou externas e ocorrem pela incorreta avaliação das cargas atuantes. Pode haver contribuição na causa desse problema elementos como travamento insuficiente das formas, deslocamento de escoras, escoras fora de prumos e escoras instáveis e também lançamento de concreto de maneira indevida (DAL MOLIN, 1988).

Figura 7. Detalhe de fissura interna devido ao movimento da forma

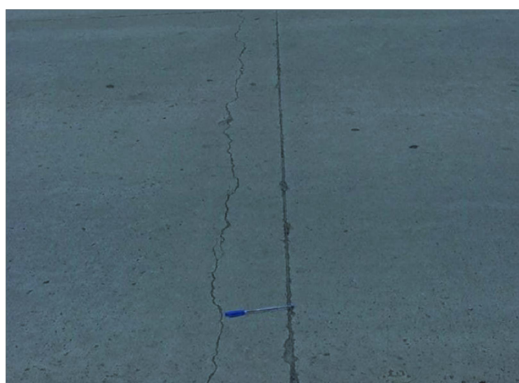


Fonte: DAL MOLIN, 1988

### 2.3.1.3 Retração por secagem

As fissuras oriundas de retração por secagem decorrem de períodos de tempo muito longos (Figura 8), ocorrendo pela perda de água por evaporação lenta. Pode haver contribuição na causa desse problema elementos como grandes superfícies em contato com o ambiente, variação da umidade relativa do ar, cura inadequada e velocidade do vento (DAL MOLIN, 1988).

Figura 8. Detalhe de fissura por retração por secagem.



Fonte: REGINATO, 2023a

#### 2.3.1.4 *Movimentação térmica*

As fissuras oriundas de movimentação térmica (Figura 9) ocorrem por diferentes circunstâncias: variações térmicas, incêndios, calor de hidratação do cimento, com elevação da temperatura do concreto. Elementos como temperatura ambiente, ação do vento, radiação solar e propriedades do próprio material: calor específico, massa específica, coeficiente de condutividade térmica, etc. podem contribuir para a causa desse problema (DAL MOLIN, 1988).

Figura 9. Detalhe de fissura por movimentação térmica.



Fonte: REGINATO, 2023a

#### 2.3.1.5 *Corrosão da armadura*

As fissuras oriundas da corrosão da armadura (Figura 10) correspondem a um dos estágios de danos provocados no concreto após iniciado o processo eletroquímico de corrosão no aço das armaduras. O processo se inicia quando o fino filme de óxido de ferro, que cobre e protege as barras de aço, é destruído. Esse filme é considerado estável enquanto envolto na condição alcalina do concreto (pH entre 12 e 14). Assim, enquanto o concreto envolto nas

barras permanecer com a alcalinidade suficiente no sistema, o filme protetor continuará estável (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Os danos se manifestam no concreto sob forma de expansão, fissuração e, finalmente, lascamento do cobrimento de concreto sobre o aço. Além da perda de cobrimento, pode haver dano estrutural pela perda de aderência entre aço e concreto e pela redução da seção transversal da armadura, que em estados graves, poderá ocasionar colapso estrutural. Os produtos de corrosão podem ocupar um volume 600% superior ao volume original de aço da armadura, dependendo do estado de oxidação. Acredita-se que esse aumento de volume seja o responsável pela expansão e fissuração no concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Em geral, as fissuras assumem a direção paralela às barras longitudinais e raramente a direção dos estribos, salvo se estes já estiverem expostos na superfície (HELENE, 1986).

A corrosão eletroquímica pode ocorrer a partir de duas formas: na primeira, pela presença de dois metais diferentes no concreto ou mesmo variação na característica superficial do aço. Na segunda forma, pela diferença na concentração de íons dissolvidos, como álcalis e cloretos. A progressão de reação anódica envolvendo a ionização do ferro metálico só avança na presença de fluxo de elétrons no sentido do cátodo, assim a presença de ar e água seria essencialmente necessária (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Figura 10. Detalhe de fissura por corrosão da armadura.



Fonte: FUNDATEC, 1991 apud LANER, 2001

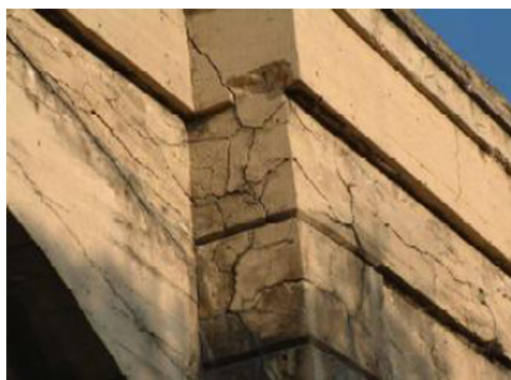
#### 2.3.1.6 Ataque por sulfato

As fissuras oriundas das reações que envolvem a formação de produto expansivo (Figura 11), como a reação de ataque por sulfato, correspondem a um dos efeitos de danos provocados ao concreto. Além de fissuras, as tensões internas podem apresentar danos como oclusão de juntas de expansão, deformação e deslocamento em diferentes partes da estrutura, lascamento e pipocamento (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Os principais sulfatos como magnésio ( $MgSO_4$ ), cálcio ( $CaSO_4$ ) e sódio ( $Na_2SO_4$ ) são encontrados em águas do mar, em muitos solos, águas subterrâneas, e algumas águas residuais industriais. As principais circunstâncias envolvidas no processo são a disponibilidade de sulfatos solúveis, permeabilidade do concreto, tipo de cimento e a presença de água.

A aparência do concreto nesse tipo de ataque apresenta cor esbranquiçada característica (eflorescência), inicia normalmente nas arestas, apresentam fissuras progressivas, o concreto lasca e fica friável. O concreto pode expandir-se 2,5 vezes o volume inicial. As fissuras são semelhantes àsquelas apresentadas pela dessecação superficial (mapeamento ou pele de crocodilo). Esses efeitos podem aparecer a partir de seis meses do lançamento do concreto (DAL MOLIN, 1988).

Figura 11. Detalhe de fissuras por agentes agressivos.



Fonte: REGINATO, 2023b

#### 2.3.1.7 *Reação álcali-agregado*

As fissuras oriundas das reações que envolvem a formação de produto expansivo, como a reação álcali-agregado (álcali-sílica é a mais frequente), são visualmente semelhantes àsquelas apresentadas pela dessecação superficial (mapeamento ou pele de crocodilo). Conforme destaca Mehta e Monteiro (2014), além da expansão e fissuração que leva à perda de resistência e módulo de elasticidade, verifica-se pipocamento e exsudação de um fluido viscoso sílico-alcálico. A disponibilidade de água causa o aumento da extensão da microfissuração, atingindo a superfície externa do concreto, exibindo um padrão de fissuras irregular, atribuindo-se o termo “fissura mapeada”.

Dal Molin (1988) comenta que as fissuras na superfície do concreto podem apresentar a exsudação de gel de sílica, conforme Figura 12, que endurece em contato com o ar. Já em reações do tipo álcali-carbonato, esse tipo de exsudação pode não ocorrer.

As principais circunstâncias envolvidas no processo são a teor de álcalis no concreto, quantidade de agregados reativos, tamanho das partículas dos agregados reativos, presença de água, temperatura, relação água/cimento e cura (DAL MOLIN, 1988).

Figura 12. Detalhe de fissuras por reação álcali-agregado.



Fonte: REGINATO, 2023b

### 2.3.1.8 Sobrecargas

As fissuras oriundas da atuação de sobrecargas em estruturas assumem diferentes padrões e são caracterizadas conforme a origem da solicitação. Os principais esforços podem ser por tração, compressão, cisalhamento, flexão e torção, podendo inclusive haver combinação entre eles. Elementos como esforços não previstos, armadura insuficiente, falta de ancoragem, erros na montagem da armadura e concreto com resistência insuficiente podem contribuir para a causa desse problema (REGINATO, 2023a).

As fissuras por sobrecarga de tração aparecerão quando as solicitações ultrapassarem a resistência do concreto. Normalmente são espaçadas de maneira igual ao longo da seção e perpendiculares às solicitações (DAL MOLIN, 1988).

As fissuras por sobrecarga de compressão aparecerão quando a estrutura estiver próxima de colapso. As linhas de fissuras vão assumir diferentes direções a depender da vinculação do elemento. Sem vinculação podem assumir fissuras paralelas à direção dos esforços, e com vinculação podem se desenhar fissuras que seguem as isostáticas de primeira espécie, por exemplo (DAL MOLIN, 1988).

As fissuras por sobrecarga de cisalhamento (Figura 13), normalmente, apresentam-se na direção paralela da biela comprimida no concreto, do ponto de aplicação da carga em direção ao apoio (DAL MOLIN, 1988).

As fissuras por sobrecarga de flexão (Figura 14) aparecerão na fibra tracionada, no caso de uma viga de seção retangular, ocorrendo perpendiculares às trajetórias das tensões principais de tração, sendo verticais no terço médio do vão e aberturas maiores em direção à



face inferior da viga (fibras tracionadas), diminuindo e cessando ao atingirem a linha neutra. Próximo aos apoios, as fissuras apresentam uma inclinação semelhante às fissuras de cisalhamento (entre  $45^{\circ}$ - $60^{\circ}$ ) (DAL MOLIN, 1988).

As fissuras por sobrecarga de torção (Figura 15) aparecem em todas as faces livres do elemento com desenvolvimento com trajetória helicoidal em relação ao eixo longitudinal (DAL MOLIN, 1988).

Figura 13. Detalhe de fissuras por cisalhamento.



Fonte: REGINATO, 2023a

Figura 14. Detalhe de fissuras por flexão.



Fonte: da autora

Figura 15. Detalhe de fissuras por torção.



Fonte: REGINATO, 2023a

### 2.3.1.9 *Fadiga*

Fissuras podem ocorrer em estruturas de concreto devido ao carregamento cíclico. Esses carregamentos repetidos provocam flutuações de tensões, podendo ocasionar a ruptura frágil do elemento estrutural. Fatores como grande amplitude de variação de tensões, alta frequência de tráfego de caminhões pesados, idade e histórico de cargas na OAE podem contribuir para a causa desse problema (DNIT, 2004a).

### 2.3.1.10 *Detalhes Construtivos*

As fissuras que decorrem da falta de detalhamento construtivo também podem aparecer. Por mais completo que sejam as previsões matemáticas no cálculo estrutural, o detalhamento dos projetos executivos deve receber a mesma importância. Alguns exemplos desse problema costumam aparecer em consoles, mudança de direção das barras de peças tracionadas ou comprimidas, transmissão indireta de cargas (falta de estribos nas zonas de nós), aberturas em lajes e vigas, lajes em balanço, ancoragem inadequadas, eletrodutos embutidos em lajes (falta de cobertura adequado) (DAL MOLIN, 1988).

### 2.3.1.11 *Fundações*

As fissuras que surgem em consequência de recalques diferenciais na fundação, costumam aparecer em materiais de baixa resistência à tração. Em paredes de concreto, as fissuras costumam ser orientadas a um ângulo de 45°, seguindo as isostáticas de compressão (DAL MOLIN, 1988).

## 2.3.2 **Carbonatação**

O fenômeno é descrito por Neville (1997) na reação do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) presente no ar atmosférico. Gasoso, o  $\text{CO}_2$  não reage, porém, em contato com a umidade, reage com a pasta de cimento hidratada. Portanto, é o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) o agente da reação. Em suma, o  $\text{CO}_2$  reage com um dos componentes da pasta de cimento, o hidróxido de cálcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , formando carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e água. Nessa reação, ocorre dissociação de OH, assim o meio, que era alcalino, passa a ficar ácido e com um pH abaixo de 12, destruindo o filme de óxido de ferro que protege as barras de aço do processo corrosivo, como discutido anteriormente no item 2.4.1.5.

Nesse sentido, é importante conhecer a profundidade de carbonatação e se a frente de carbonatação atingiu a armadura da estrutura. No caso de haver fissuras, elas serão as vias,



propiciando o avanço da carbonatação local. O método determinístico desenvolvido por Tuutti (1982), conforme Equação 01, possibilita plotar (Figura 16) a evolução da carbonatação em função do tempo e, assim, prever a vida útil de estruturas de concreto.

$$y = k \cdot t \quad (\text{Equação 01})$$

Onde,

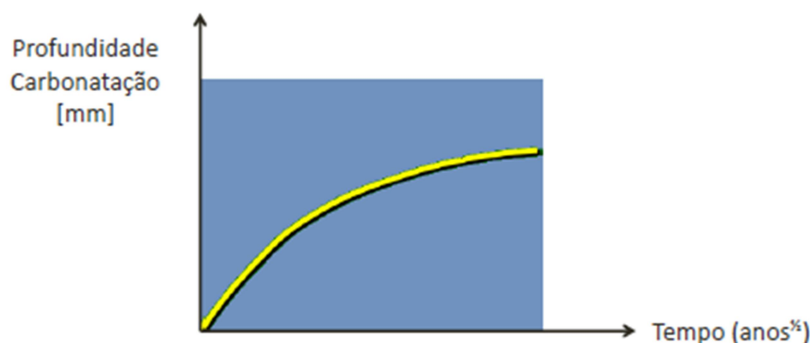
$y$  = profundidade de carbonatação (mm);

$k$  = coeficiente de carbonatação ( $\text{mm/ano}^{0,5}$ );

$t$  = tempo decorrido (anos).

Conforme Neville (1997), os valores de  $k$  frequentemente são maiores que  $3 \text{ mm/ano}^{0,5}$  ou  $4 \text{ mm/ano}^{0,5}$  para concretos de baixa resistência.

Figura 16. Gráfico típico da carbonatação x tempo.



Fonte: REGINATO, 2023c

Possan (2010) sintetiza, a partir da vasta literatura sobre esse tema, que entre os fatores que afetam o fenômeno estão a concentração de  $\text{CO}_2$ , temperatura, umidade relativa do ar, exposição à chuva, quantidade de produtos carbonatáveis, relação água/cimento e permeabilidade do concreto.

### 2.3.3 Despassivação por ação de cloretos

Tal como ocorre a carbonatação, outro mecanismo de degradação do concreto que pode ocorrer é o ataque de cloretos. É comum que a origem dos íons cloreto seja do ambiente. Países frios costumam usar agentes descongelantes para degelo em placas de pavimento e plataformas de pontes submetidas ao congelamento. Esses agentes têm ação adversa sobre o concreto, resultando escamamento da superfície e às vezes corrosão da armadura.

Possivelmente, a maior fonte de cloretos é o meio marítimo, onde há amplo contato do concreto com a água do mar por meio do contato direto, gotículas transportadas pelo vento, e até mesmo a poeira transportada pelo ar que depois é molhada pelo orvalho. A água salobra

também é fonte de cloretos. Os cloretos também podem estar presentes no concreto por terem sido incorporados na mistura através de agregados contaminados ou aditivos, como os aceleradores de endurecimento à base de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ).

Qualquer que seja a origem, os cloretos penetram no concreto pela movimentação da água contendo cloretos (difusão ou absorção). O ingresso prolongado e repetido pode alcançar a superfície do aço e assim destruir o filme de óxido de ferro que protege as barras de aço do processo corrosivo, como discutido anteriormente no item 2.4.1.5. No caso de haver fissuras, elas serão as vias, propiciando o avanço da carbonatação local (NEVILLE, 1997). A Figura 17 exibe um ataque típico de cloretos que ocasiona a corrosão em armaduras.

Figura 17. Ação por ataque de cloretos.



Fonte: REGINATO, 2023c

### 2.3.4 Ação do fogo

O concreto tem demonstrado ser uma boa vantagem quanto à segurança humana na ocorrência de fogo em estruturas de concreto, comparando-se a outros materiais, como a madeira e o aço. Entre as vantagens, aponta-se a não emissão de gases tóxicos e a capacidade de conservar a resistência suficiente por período razoável permitindo a evacuação de pessoas diante de temperaturas na ordem de 700 a 800°C (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

A degradação no concreto (Figura 18), em razão da ação do fogo, apresenta efeitos diversos a depender de fatores como a composição do concreto, a permeabilidade do concreto, dimensões da peça e a taxa de aumento da temperatura (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Segundo Désil (2022), a ação do fogo reduz o módulo de elasticidade e a resistência à compressão do concreto. A depender da situação de fogo e peça (viga, pilar, laje), haverá dilatação das armaduras (perda de aderência entre concreto e aço), assim podem surgir grandes deformações por flexão, alteração química dos diferentes componentes do concreto, variação geométrica e mecânica, tensões internas, que provocam deformações, explosões (*spalling* do concreto), micro e macro fissuração do concreto.

*Spalling* é o lascamento da superfície do elemento de concreto submetido a um incêndio (aumento da pressão interna da água e comportamento diferencial dos materiais componentes do concreto). Em concretos de alta resistência pode ocorrer o *spalling* explosivo, pela maior dificuldade de percolação da água.

Figura 18. Ação do fogo nas paredes de concreto armado de túnel do Mont-Blanc em 1999 (a) e descascamento devido à ação do fogo no Viaduto Imperatriz Leopoldina (b)



(a)

(b)

Fonte: DÉ SIR, 2022 e FUNDATEC, 1991 apud LANER, 2001, respectivamente.

O concreto pode assumir coloração distinta conforme a faixa de temperatura atingida em um incêndio, porém a coloração só é observada se o agregado for silicoso. Essa identificação de cor pode auxiliar na indicação de terapia. Contudo, se por ocasião do combate ao incêndio, o concreto atingir temperatura superior a 600°C e for utilizada muita água sobre ele, as cores observadas podem ser alteradas (DÉSIR, 2022). A Figura 19 mostra a relação entre a faixa de temperatura atingida em um incêndio e a cor que o concreto pode assumir.

Figura 19. Temperatura x alterações no concreto.

Temperatura em °C	Alterações sofridas pelo concreto	Cor do concreto	Resistência residual em % da inicial	Módulo de deformação em % do inicial
< 100	Nenhuma	Cinza	100	100
100	começa a evaporar a água livre ou capilar (retarda o aquecimento do concreto)	Cinza	100	100
200 a 300	perda total da água capilar sem alterar a estrutura do cimento hidratado, sem perda significativa da resistência	Cinza Rosa	95 95	70 50
300 a 400	perda de água de gel do cimento, sensível redução de resistência com aparecimento de fissuras. Parte do hidróxido de cálcio procedente da hidratação dos silicatos se transforma em cal viva	Rosa	88	38
500 a 600	os agregados com diferentes coeficientes de dilatação térmica se expandem fortemente gerando tensões altas no interior do concreto, ocasionando a desagregação da massa e redução muito grande de tensões de ruptura	Rosa Vermelho	75 55	35 20
600	Resistência nula			
900		Cinza Avermelhado	10	0
1000		Amarelo alaranjado		

Fonte: adaptado de DÉSIR, 2022.

### 2.3.5 Falhas de concretagem

Entre as principais falhas de concretagem pode-se identificar como vazios ou nichos de concretagem e a segregação do concreto. As falhas de concretagem são produzidas em fase de execução, mas podem ter causa na concepção do projeto.

Elementos como dosagem inadequada do concreto, diâmetro máximo do agregado graúdo não condizente com as dimensões da peça, lançamento e/ou adensamento inadequados, taxas excessivas e espaçamento inadequado de armaduras e perda de nata de cimento por aberturas nas formas pode contribuir para a causa desse problema.

Além da problemática de falta de homogeneidade no concreto com a ocorrência de exposição dos agregados, pode haver a exposição de barras das armaduras dos elementos estruturais (Figura 20), propiciando, assim, o início de processo corrosivo (VERLY, 2015).

Figura 20. Falha de concretagem, Viaduto Imperatriz Leopoldina



Fonte: FUNDATEC, 1991 apud LANER, 2001

### 2.3.6 Hidrólise, Lixiviação, Eflorescência

As águas puras (com pouco ou nenhum íon de cálcio, como águas de neblina, vapor, água da chuva, águas de degelo) ao entrarem em contato com a pasta de cimento, tendem a passar pelo processo de hidrólise ou dissolver os produtos contendo cálcio. Enquanto houver água corrente ou água sob pressão, a hidrólise da pasta de cimento continua até que a maior parte do hidróxido de cálcio tenha sido retirada por lixiviação. Tal processo expõe outros constituintes cimentícios à decomposição química, deixando também para trás géis de sílica e alumina com pouca ou nenhuma resistência.

A lixiviação leva à perda de resistência, tem aspecto estético indesejado e se caracteriza pela precipitação de crostas brancas de carbonato de cálcio na superfície da estrutura devido à interação do produto lixiviado com  $\text{CO}_2$ . O fenômeno é denominado eflorescência, conforme exemplo na Figura 21 (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Figura 21. Eflorescências



Fonte: FUNDATEC, 1991 apud LANER, 2001

### 2.3.7 Manchas superficiais

Manchas escuras podem ocorrer em superfícies de concreto (Figura 22), causadas pela contaminação por fungos, mofo, etc., principalmente nas partes expostas da estrutura. Nessa categoria de danos, não devem ser consideradas outras manchas como as relacionadas à corrosão e eflorescências (VERLY, 2015).

A presença de umidade é fator relevante. A deterioração do concreto pode ser revelada através da formação de biofilme, podendo comprometer a durabilidade pelo envelhecimento, além de interferir na integridade do elemento, pois microrganismos como as bactérias quimiolitotróficas e quimiorganotróficas, cianobactérias, fungos e líquens podem contribuir na deterioração de materiais de natureza mineral, como pedras, concreto, cerâmica. (SHIRAKAWA, 1994).

Os processos biológicos podem resultar ataque pela produção de ácidos, sulfetos, por exemplo, que em contato com cálcio do cimento Portland e na presença de bactérias aeróbicas, descalcificam o concreto, amolecendo a pasta de cimento (SOUZA; RIPPER, 1998).

Figura 22. Manchas superficiais



Fonte: QUADROS, 2020

### 2.3.8 Desaprumo e deslocamentos lineares e angulares

Em relação ao desaprumo, é possível identificar a movimentação vertical, lateral e movimentação rotacional dos elementos estruturais. Conforme Verly (2015), a perda da verticalidade e do alinhamento de elementos estruturais em relação ao seu eixo, produz excentricidade adicional das forças atuantes.

As causas podem ser: deficiências na execução por movimentação ou incorreção de formas e escoramentos ou por movimentação da estrutura, pela ação de esforços imprevistos ou não considerados corretamente em projeto.

### **2.3.9 Danos oriundos de impactos por acidentes**

Veículos que infringem gabaritos provocam danos nos pórticos de sinalização e passagens superiores (vigas de concreto protendido são particularmente sensíveis aos impactos). As estruturas podem ser seriamente danificadas por caminhões com excesso de carga, veículos que colidem com dispositivos de segurança, como defesas e barreiras e embarcações em rios navegáveis, que colidem com elementos da infra e mesoestrutura. Elementos como pilares, guarda-rodas, estão expostos a eventuais choques de veículos, caso não tenha recebido algum tipo de proteção aos impactos (DNIT, 2004a).

### **2.3.10 Danos em aparelhos de apoio**

Conforme Laner (2001), as falhas nos aparelhos de apoio dificultam a superestrutura de se movimentar livremente, podendo dar origem a elevadas tensões entre esta e o seu apoio, assim pode surgir fissuramento, esmagamento e desagregação no concreto nessas regiões de contato.

A norma NBR 9452 (ABNT, 2019) elenca as anomalias normalmente encontradas nos aparelhos de apoio ou entorno:

- ausência de aparelho de apoio;
- bloqueio;
- posicionamento inadequado;
- acúmulo de detritos, ocorrência de agentes agressivos;
- ruptura;
- fissuras, trincas;
- esmagamentos;
- deformação lateral excessiva;
- deslocamento;
- distorções excessivas;
- peças de aço oxidadas do aparelho, expostas;
- descolamentos da fretagem;
- assentamento irregular com concentração de esforços;
- deterioração do berço de assentamento e de nivelamento superior.



### 2.3.11 Erosão e indícios de instabilidade no talude

Toda obra durante e após sua conclusão está sujeita a deslocamentos verticais e lentos até que se atinja o equilíbrio entre o carregamento aplicado e o solo do local. Erros de cálculo nas fundações decorrem em recalques entre os diferentes apoios, causando assim aberturas de trincas em alvenarias e estruturas (SOUZA; RIPPER, 1998). Conforme já mencionado no item 2.4.1.11, as fissuras decorrentes costumam ser orientadas a um ângulo a 45°, seguindo as isostáticas de compressão.

Conforme Verly (2015, p. 174), “O recalque provoca movimentação na estrutura que, conforme o seu tipo, pode ser afetada pelo assentamento total máximo (recalque uniforme), pela inclinação uniforme (desaprumo) ou por assentamentos diferenciais (recalques diferenciais e distorções angulares)”.

Recalques distorcionais das fundações não são admissíveis estruturalmente, costumam ocorrer por deformações excessivas (VERLY, 2015). O autor elenca os fatores que podem originar os recalques:

- estimativa incorreta de cargas no cálculo estrutural;
- avaliação errônea dos esforços provenientes da estrutura sobre as fundações;
- modelos inconvenientes de cálculo das fundações;
- ausência, insuficiência ou má qualidade das investigações geotécnicas;
- má interpretação dos resultados da investigação geotécnica;
- adoção inadequada da tensão admissível do solo ou da cota de apoio das fundações;
- influências externas (escavações ou deslizamentos não previsíveis, agressividade ambiental, enchentes, construções vizinhas, descalçamento das fundações por escavações vizinhas);
- colapso do solo (por exemplo, devido à ruptura de tubulações subterrâneas ou vazamentos em reservatórios subterrâneos);
- alteração do nível do lençol freático;
- modificação no carregamento devido à mudança de utilização da estrutura (alargamentos das OAEs), efeito piscina (entupimento de drenos), sobrecargas não previstas;
- cargas dinâmicas (vibrações, tremores de terra etc.);
- falhas de manutenção em obras críticas.



### 2.3.12 Danos na pista de rolamento

Para proteção do concreto estrutural da abrasão, intempéries e de agentes agressivos oriundo de cargas transportadas, utiliza-se de vários recursos basicamente com camadas adicionais de concreto ou concreto asfáltico que constituem o pavimento sobre o estrado de concreto (DNIT, 2004a).

A norma NBR 9452 (ABNT, 2019) elenca as anomalias normalmente encontradas nas pistas e seu entorno:

- fuga de material, existência de erosão e indícios de instabilidade no talude;
- desgaste superficial, espessura excessiva, ondulações e cavidades no pavimento;
- deficiência /ou ausência de sinalização horizontal, vertical e aérea;
- descontinuidade de greide;
- deficiência no sistema de drenagem (entupimento, vazamento, conduto rompido, mau posicionamento do buzinode e empoçamento).

O Manual de Inspeções de Pontes Rodoviárias do DNIT (2004a) elenca também que os defeitos sobre a pista de rolamento que devem ser observados, como ressaltos, depressões e desníveis de juntas, produzem importantes efeitos dinâmicos (impacto). Esses defeitos podem gerar aumento das solicitações de cargas móveis e podendo provocar o deslocamento do tabuleiro, no caso de má condição nos aparelhos de apoio. O recapeamento, sem a orientação técnica devida, às vezes feitos contínuos, acabam cobrindo elementos importantes como juntas de dilatação. Cabe lembrar que o recapeamento (sem remoção da camada anterior) com concreto asfáltico produz aumentos substanciais no peso próprio da obra.

### 2.3.13 Defeitos em juntas de dilatação

As juntas de dilatação são a forma preventiva de evitar a fissuração por movimentação térmica ou retração hidráulica no concreto. São aberturas criadas em peças de concreto com grandes dimensões ou volumes (LANER, 2001).

A ausência ou mau funcionamento de juntas de dilatação trazem problemas reológicos do concreto. Esse tipo de problema pode permitir a passagem de água em locais indesejados, podendo resultar no ataque de armaduras (corrosão) e trazer prejuízos aos aparelhos de apoio. No caso específico de obras de concreto protendido, eventualmente, a água pode penetrar por

cabos com falhas na injeção, podendo causar corrosão e consequente ruptura dos cabos (SOUZA; RIPPER, 1998).

A norma NBR 9452 (ABNT, 2019) elenca as anomalias normalmente encontradas nas juntas de dilatação:

- ausência do perfil de vedação;
- falta de estanqueidade;
- saliência ou depressão causando desconforto ao usuário ou impacto na obra;
- deterioração do lábio polimérico;
- deterioração dos berços;
- acúmulo de detritos, ocorrência de agentes agressivos;
- perfil elastomérico com descolamento, rasgo, ressecamento ou esmagamento;
- abertura excessiva.

## 2.4 NORMAS DE VISTORIA

Segundo Souza e Ripper (1998, p.19), a concepção de uma construção durável abrange a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que visam garantir aos materiais que compõem a estrutura um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção. Assim, as inspeções são procedimentos que auxiliam o gestor da obra no controle e planejamento de ações que visam estender ao máximo a durabilidade de OAE.

Existem duas normas em vigor que são as principais para vistorias de OAE. Ambas especificam os requisitos e condições exigíveis na realização de inspeções de obras em concreto. As duas normas indicam o procedimento nas inspeções, forma de apresentação de resultados e até mesmo a frequência de inspeção.

A primeira é a *ABNT NBR 9452:2019 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento* (ABNT, 2019), e a segunda é a *NORMA DNIT 010/2004 – PRO – Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento* (DNIT, 2004b).

De maneira geral, as duas normas convergem em seus conteúdos e de forma direta atribuem notas de avaliação (de um a cinco, sendo cinco a melhor condição) às características encontradas na inspeção, determinando o grau de risco da estrutura objetivamente. Conforme mencionado, o objetivo principal deste trabalho é inspecionar o objeto aos moldes da norma NBR 9452:2019 (ABNT, 2019) em conjunto com boas práticas recomendadas na literatura. Portanto, a norma DNIT 010 (DNIT, 2004b) é consultada em complemento.

A norma NBR 9452:2019 (ABNT, 2019) classifica em quatro tipos de inspeções: cadastral, rotineira, especial e extraordinária.

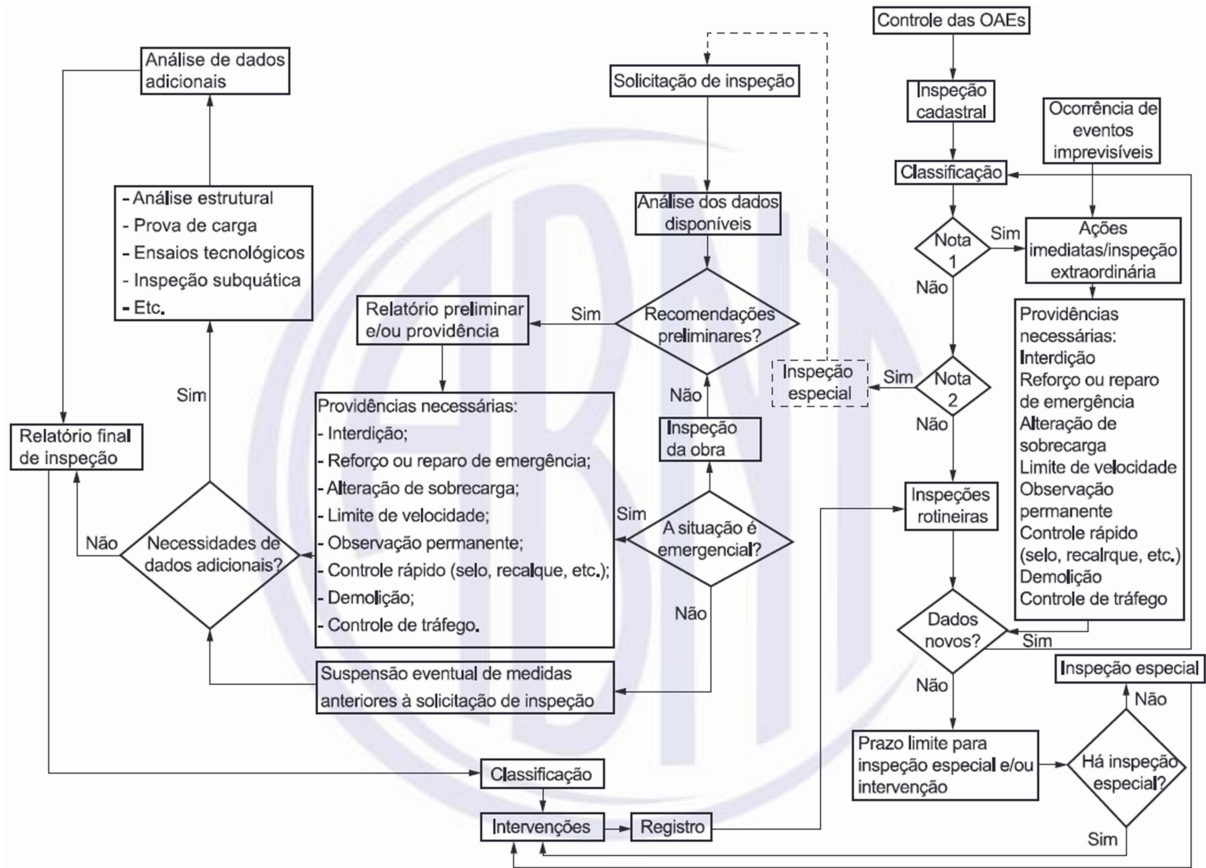
A inspeção cadastral deve ser realizada imediatamente após a conclusão da obra, instalação, alteração na configuração da obra ou assim integrar-se a um sistema de monitoramento e acompanhamento viário, devem ser amplamente registrados todos seus aspectos, especialmente o registro de anomalias.

A inspeção rotineira tem caráter periódico (prazo não superior a um ano), com ou sem equipamento, recursos especiais para análise ou acesso. Deve ser verificada a evolução de anomalias registradas em inspeções anteriores ou novas ocorrências.

A inspeção especial deve ter uma periodicidade de cinco anos, podendo ser ampliada ao máximo de oito anos a depender de certas condições, porém devem ser antecipadas sempre que houver alguma intervenção em curto prazo, notas baixas de classificação quanto a desempenho e durabilidade ou adequações de grande porte. Essa inspeção deve ser pormenorizada e contemplar mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias de todos os elementos para formular diagnósticos e prognósticos da estrutura (ABNT, 2019).

A inspeção extraordinária é uma demanda não programada, sempre que houver necessidade de avaliar com mais critério algum elemento, ocorrência de impacto e eventos naturais como inundações. A norma apresenta um fluxograma de gerenciamento normativo para orientar os passos decisórios para as inspeções a serem realizadas, conforme Figura 23 (ABNT, 2019).

Figura 23. Fluxograma de gerenciamento de OAE.



Fonte: ABNT, 2019

### 3 RELATÓRIO TÉCNICO DE INSPEÇÃO DO VIADUTO

Neste capítulo é apresentada a metodologia aplicada neste estudo, contendo a análise do histórico de documentos fornecidos pela gestora da obra, com caracterização do viaduto, detalhamento do procedimento de inspeção realizado e, por fim, os resultados e análise dos dados extraídos da inspeção.

#### 3.1 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS UTILIZADOS

Primeiramente, foi realizada a revisão bibliográfica das principais manifestações patológicas encontradas em OAE em concreto, conforme as sinalizadas no Anexo A da norma NBR 9452:2019 (ABNT, 2019). Por conseguinte, buscou-se a coleta de dados referente ao estado de conservação da obra, com o resgate de registros anteriores, especialmente a procura da existência de algum relatório de inspeção cadastral ou rotineira, e plantas junto ao gestor da obra. Em posse dos documentos obtidos, fez-se a análise dos dados.

Após, foi realizada inspeção na obra, baseada em análise estritamente visual/tátil, sem o uso de equipamentos e/ou recursos especiais para análise ou acesso. As observações foram registradas em ficha de inspeção, bem como fotografada cada anomalia identificada.

Após a inspeção propriamente, foram analisados os dados levantados no local e procedeu-se com a classificação e atribuição de nota, conforme recomendado na NBR 9452:2019 (ABNT, 2019).

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO VIADUTO

O Viaduto localiza-se na Rua Voluntários da Pátria, próximo ao número 4.100, no Bairro Navegantes em Porto Alegre/RS. A obra transpõe a Av. Sertório e a via permanente (linha férrea) da Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A. (Trensub), que possui duas vias principais: V1 e V2. As coordenadas geográficas correspondem a latitude 29°59'55.37"S e longitude 51°12'21.47"O. As Figuras 24 e 25 mostram a localização no mapa digital de Porto Alegre obtidas no software Google Earth Pro.



Figura 24. Localização geral do Viaduto dentro do núcleo urbano de Porto Alegre.



Fonte: software Google Earth Pro, 2023

Figura 25. Vista geral do entorno imediato do Viaduto.



Fonte: software Google Earth Pro, 2023

Para realizar a inspeção propriamente, conforme preconiza a NBR 9452:2019 (ABNT, 2019), antes, assumiu-se que o Viaduto já teria passado por inspeção anterior por se tratar de obra antiga. Dessa forma, buscaram-se os registros existentes junto à atual gestora da obra, a Trensurb, para ciência do estado de conservação geral e parametrização da vistoria.

A Trensurb disponibilizou cópias digitais de documentos<sup>1</sup> da obra, entre os documentos de diversas Plantas Estruturais Executivas originais da obra e um documento nomeado como Laudo Técnico Viaduto Voluntários da Pátria. Ressalta-se que neste subcapítulo as características citadas como cotas e outras especificações foram extraídas através da leitura das plantas executivas e, necessariamente, podem não refletir completamente as mesmas características e condições da obra executada.

O Viaduto faz parte do conjunto de obras de implantação do sistema metroviário correspondente a uma linha de trens urbanos no Eixo Norte da Região Metropolitana de Porto Alegre, tendo iniciado a idealização a partir de 1976, através de estudos desenvolvidos pelo Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes da Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT)<sup>2</sup>, que justificou o projeto pela redução do fluxo de veículos na BR-116, já saturada à época, e pela oferta à população de uma alternativa de transporte com baixo custo e com maior rapidez, segurança, conforto e capaz de absorver uma demanda inicialmente prevista na casa dos 300 mil passageiros por dia (TRENSURB, 2023). A Figura 26 mostra a área de implantação antes da execução da obra do sistema metroviário da Trensurb.

Figura 26. Trem Húngaro saindo da antiga estação de Porto Alegre, no cruzamento com a Rua Voluntários da Pátria, próxima à ponte móvel do Guaíba, numa foto do início dos anos 80.



Fonte: CAMINHOSFERRO\_VFRGS, 2021

As plantas executivas das armaduras e formas disponibilizadas pela empresa estão datadas em 03 de abril de 1978, e entre 1980 e 1985 foram realizadas as obras de implantação

<sup>1</sup> Documentos obtidos através do site Portal da Transparência. Disponível em: <https://portaldatransparencia.gov.br/>. Acesso em: 06 ago. 2023.

<sup>2</sup> Antiga Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes que prestava apoio técnico e administrativo aos órgãos do Poder Executivo.



do sistema, tendo sido inaugurado o Trensurb na data de 2 de março de 1985 (TRENSURB, 2023).

O Viaduto recebe tráfego rodoviário e é composto por duas partes: Viaduto pista esquerda e Viaduto pista direita, seguindo o referencial Norte. O Viaduto pista esquerda corresponde à faixa de rolamento da Rua Voluntários da Pátria, sentido bairro-centro, e o Viaduto pista direita corresponde também à Rua Voluntários da Pátria, sentido centro-bairro (GEIPOT, 1978).

As plantas registram que a infraestrutura seria composta por estacas da fundação do tipo Franki, com diâmetros de 40 cm, sob os blocos dos pilares, e 35 cm sob as paredes dos encontros. Na mesoestrutura, cada Viaduto conta com 11 pilares: 6 sob a viga externa, 5 na viga interna e 13 vãos. Esses pilares apresentam disposição esconsa em relação aos encontros, estando, portanto, paralelos em relação à direção dos obstáculos. Cada pilar apresenta 90 cm de diâmetro e a indicação de aparelho de apoio do tipo Neoprene no topo. Os encontros possuem indicação de aparelho de apoio de tração, com duas barras de ancoragem junto ao aparelho de apoio de Neoprene, na direção do eixo de rotação da superestrutura (GEIPOT, 1978).

As plantas da obra em concreto armado exibem o esquema estrutural da superestrutura em viga, apresentando seu desenvolvimento planimétrico do traçado em planta reta ortogonal ao eixo longitudinal da via e desenvolvimento altimétrico em curva, com o tabuleiro convexo. Ainda, em relação à seção transversal, a posição do tabuleiro é intermediária às vigas, com rebaixo. As plantas sinalizam o Viaduto em ambas as pistas com 110,30 m de comprimento longitudinal, e largura total transversal em 14,50 m e largura de pista em 10,50 m, havendo uma defasagem de aproximadamente 4,06 m entre o início do Viaduto pista direita em relação à pista esquerda (GEIPOT, 1978).

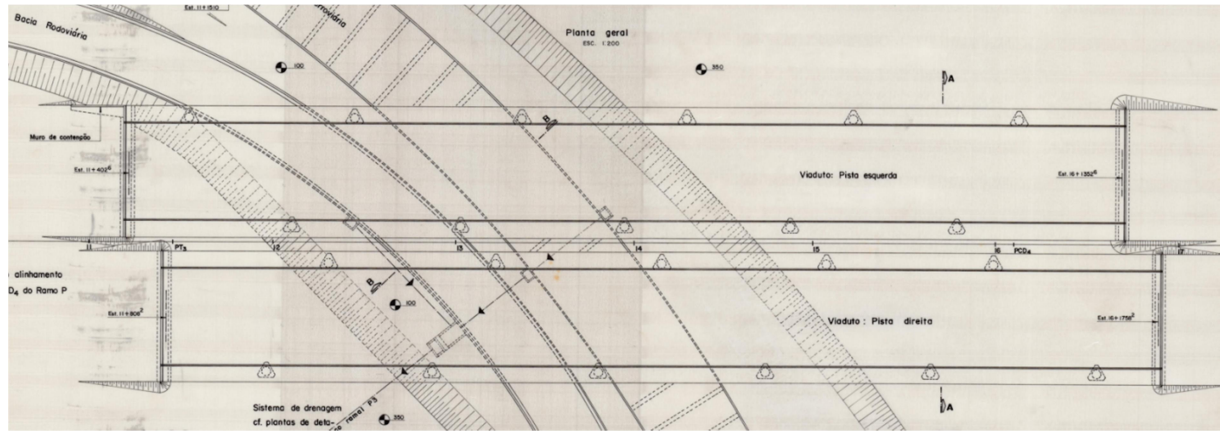
Os projetos apresentam as vigas internas e externas principais, tendo vazios ligados por septos de dimensões fixas igualmente distribuídas no sentido longitudinal. Na superestrutura também é visualizada as vigas transversinas ligadas ao tabuleiro, com espaçamento uniformemente distribuído ao longo do tabuleiro, com laje de 12 cm de altura (GEIPOT, 1978).

Constam detalhamentos de sistema de guarda-corpo e do sistema de drenagem pluvial com 12 tubos de PVC de diâmetro 100 mm no tabuleiro junto à viga principal em cada Viaduto, além de pingadeira no extremo da viga principal. Por fim, observou-se que os projetos originais não contemplam laje de transição para assentamento do terreno junto aos

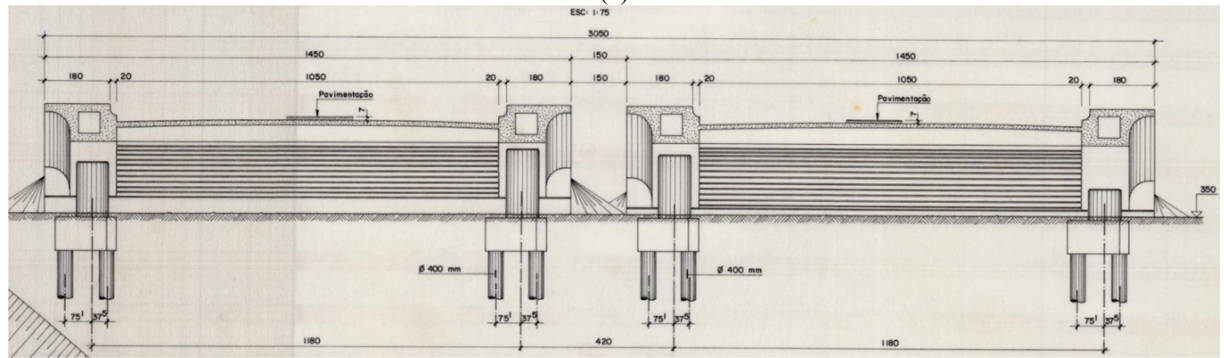


encontros e, nas plantas obtidas, não há detalhe do tipo de junta nos acessos da obra. A Figura 27 detalha algumas imagens de partes do conjunto de plantas obtidas (GEIPOT, 1978).

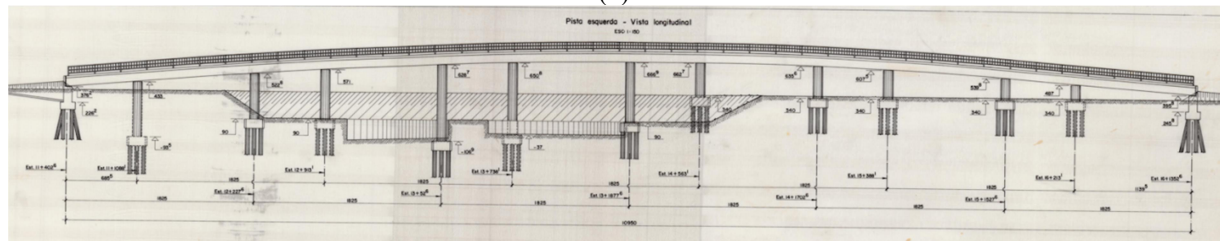
Figura 27. Detalhe da planta geral (a); seção transversal (b); vista longitudinal (c); detalhe pluvial (d) e ancoragem dos apoios (e).



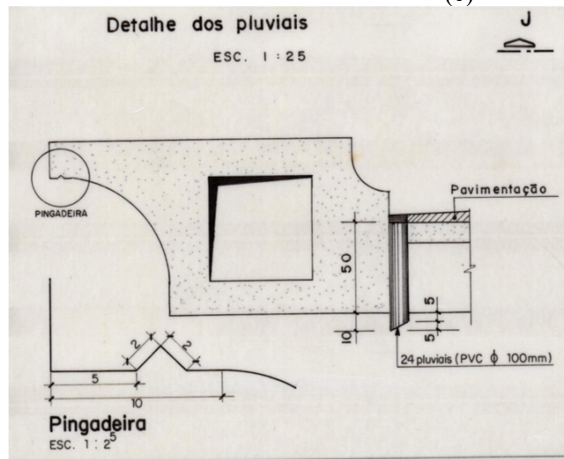
(a)



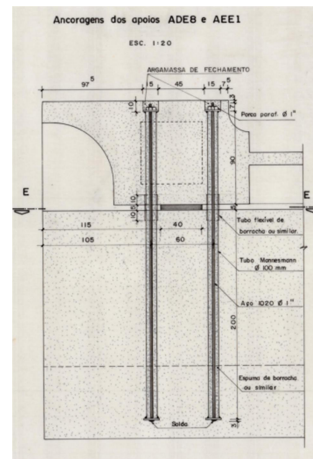
(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: GEIPOT, 1978

Finalizada a análise das plantas, passou-se para análise do Laudo Técnico. O Laudo trata-se de um relatório das manifestações patológicas verificadas *in loco* em março de 2023. O objetivo do documento era cadastrar as manifestações patológicas do Viaduto Voluntários da Pátria. O relatório se resume em inspeção visual, cadastro das anomalias existentes, levantamento geométrico das estruturas, que teve como objetivo constatar o estado de conservação da OAE segundo os parâmetros de estabilidade, durabilidade e funcionalidade (DW ENGENHARIA, 2023).

Contudo, avalia-se que o documento não foi realizado conforme NBR 9452 (ABNT, 2019), nem mesmo conforme a Norma DNIT 010/2004 (DNIT, 2004b). Nesse sentido, o documento carece de uma nota de atribuição à obra sobre a característica estrutural, funcional e de durabilidade encontrada na vistoria do período. De maneira geral, o documento não foi pontual e objetivo, não apresentando informações consistentes sobre os aspectos do estado de conservação. Apenas abrangeu registros das manifestações patológicas e ao final indicou recomendações terapêuticas.

A gestora da obra voltou a ser contatada após a análise desses documentos, tendo sido confrontada sobre a existência e disponibilidade de outros relatórios em conformidade com alguma norma de inspeção ou outros documentos acerca do estado de conservação e também sobre o conhecimento do Trem-tipo da obra, entre outras questões. Infelizmente, em resposta, foi informado que não localizaram mais informações referente ao assunto.

Após, realizou-se algumas pesquisas em sites de buscas que retornaram a informação de que houve intervenções em meados de 2015 pela gestora no viaduto pista direita. Entre os motivos apontados, devido à instabilidade estrutural detectada pelos técnicos da Secretaria Municipal de Obras e Viação de Porto Alegre (CORREIO DO POVO, 2015). A Figura 28 é uma fotografia realizada durante obras de intervenções.

Figura 28. Fotografia realizada durante as obras de intervenções.



Fonte: CORREIO DO POVO, 2015

### 3.3 INSPEÇÃO

Neste subtítulo, será comentado o processo de inspeção realizado com explicações pertinentes e relevantes ao serviço. Serão apresentados: o planejamento da inspeção, o procedimento da inspeção e resultados e análise de dados. A convenção de nomenclatura adotada na vistoria segue o preconizado no Anexo G da NBR 9452 (ABNT, 2019), salvo quando indicado.

A ficha de inspeção decorrente desta análise pode ser conferida ao final deste documento, no ANEXO A.

#### 3.3.1 Planejamento da inspeção

O planejamento da inspeção se iniciou na coleta de dados disponíveis junto à gestora da obra, e foram solicitados todos os documentos disponíveis da obra: plantas, relatório de inspeções anteriores e quaisquer outros documentos acerca do seu estado de conservação. Os documentos recebidos eram cópias digitais de diversas Plantas Estruturais Executivas originais da obra e um documento nomeado como Laudo Técnico Viaduto Voluntários da Pátria.

Conforme comentado no subitem 3.2, o Laudo disponibilizado não se encontrava em conformidade com a norma NBR 9452 (ABNT, 2019), e por esse motivo foi descartado como documento de inspeção anterior. Dessa forma, restou a necessidade de aplicar uma inspeção cadastral na obra.

A vistoria foi planejada para ser executada durante o fim de semana devido ao menor fluxo de veículos no sentido de proporcionar menores chances de acidentes, pois poderia chamar a atenção e causar distração de motoristas. Outro fator planejado foi o aguardo da ocorrência de chuvas na noite anterior ao dia da inspeção.

A inspeção na obra foi realizada na data de 19/08/2023, pela manhã. A equipe era composta pela autora em conjunto com uma ajudante para auxílio. Entre as práticas de segurança tomadas, além da escolha de um dia de trânsito mais tranquilo, foi a sistematização do procedimento e atribuição de tarefas com objetivos bem específicos para cada componente da equipe. A inspeção foi tátil/visual com o auxílio de equipamentos<sup>3</sup> como trena de fibra de vidro, trena a laser, paquímetro e câmera fotográfica de *smartphone*.

---

<sup>3</sup> Trena de 20 m da fabricante Kela; trena a laser modelo VD060 da fabricante Vonder, paquímetro de aço 150 mm fabricante Charbs; câmera versão 11.0.16.16 *smartphone* modelo Galaxy A30s fabricante Samsung.

A inspeção se iniciou pelo levantamento das dimensões geométricas do tabuleiro, depois geometria do encontro, seguindo pelos pilares e finalizando com a conferência dos gabaritos. Terminada a inspeção das geometrias, passou-se à investigação de manifestações patológicas no tabuleiro, encontros e pilares finalizando pela pavimentação do tabuleiro. Foram realizados registros fotográficos desses elementos, concomitante ao preenchimento da planilha de inspeção semelhante ao modelo da NBR 9452 (ABNT, 2019).

### **3.3.2 Resultado da inspeção**

O sistema construtivo da obra identificado é em concreto armado, moldado no local. A natureza da transposição é uma rodovia e uma ferrovia. A tipologia da estrutura da seção tipo longitudinal da superestrutura é classificada como contínua, e a seção tipo transversal é classificada como duas vigas. A mesoestrutura é constituída por dois encontros de 11 pilares isolados, e a infraestrutura não pôde ser identificada, pois não se encontra visível.

De maneira geral, a seção transversal do tabuleiro verificada possui as dimensões geométricas fiéis ao projeto original. O comprimento longitudinal coletado foi o da extensão total do tabuleiro, considerando sua curvatura. Só seria possível constatar a projeção horizontal do tabuleiro com equipamentos de maior precisão de leitura de ângulos e distâncias, como aqueles para levantamentos topográficos, pois há desníveis significativos entre o vão central do tabuleiro em relação aos encontros.

O tabuleiro do Viaduto pista esquerda foi constatado com 110,50 m e o Viaduto pista direita com 110,58 m. A largura total transversal do Viaduto pista direita e pista esquerda é de 14,50 m, e largura de pista em 10,50 m. Foi identificada uma defasagem de aproximadamente 4,08 m entre o início do Viaduto pista direita em relação à pista esquerda. O vão entre os dois viadutos é de 1,52 m.

Duas vigas transversinas de aço (Figura 29) foram identificadas postadas na região junto ao pilar P6 do Viaduto: pista direita. Essas vigas não constam no projeto original. Em razão de estarem em área de domínio da Trensurb, de difícil acesso, não puderam ser tomadas as dimensões, mas visualmente se aproximavam em comprimento e altura as vigas transversinas originais em concreto, aparentando terem sido adicionadas como um eventual reforço para a laje do trecho.



Figura 29. Vista das vigas transversinas de aço.



Fonte: da autora

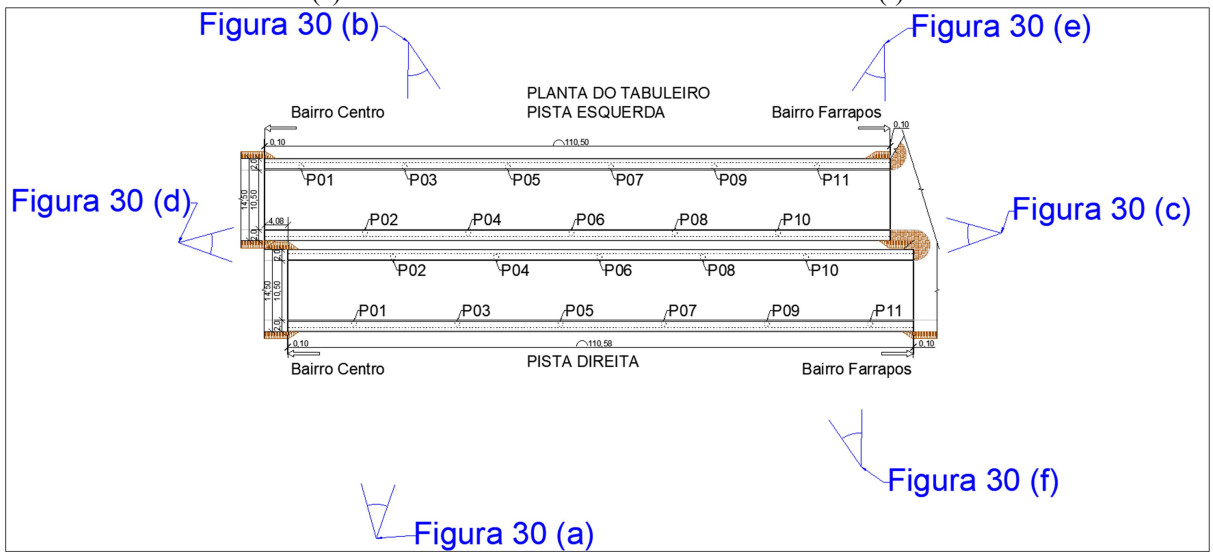
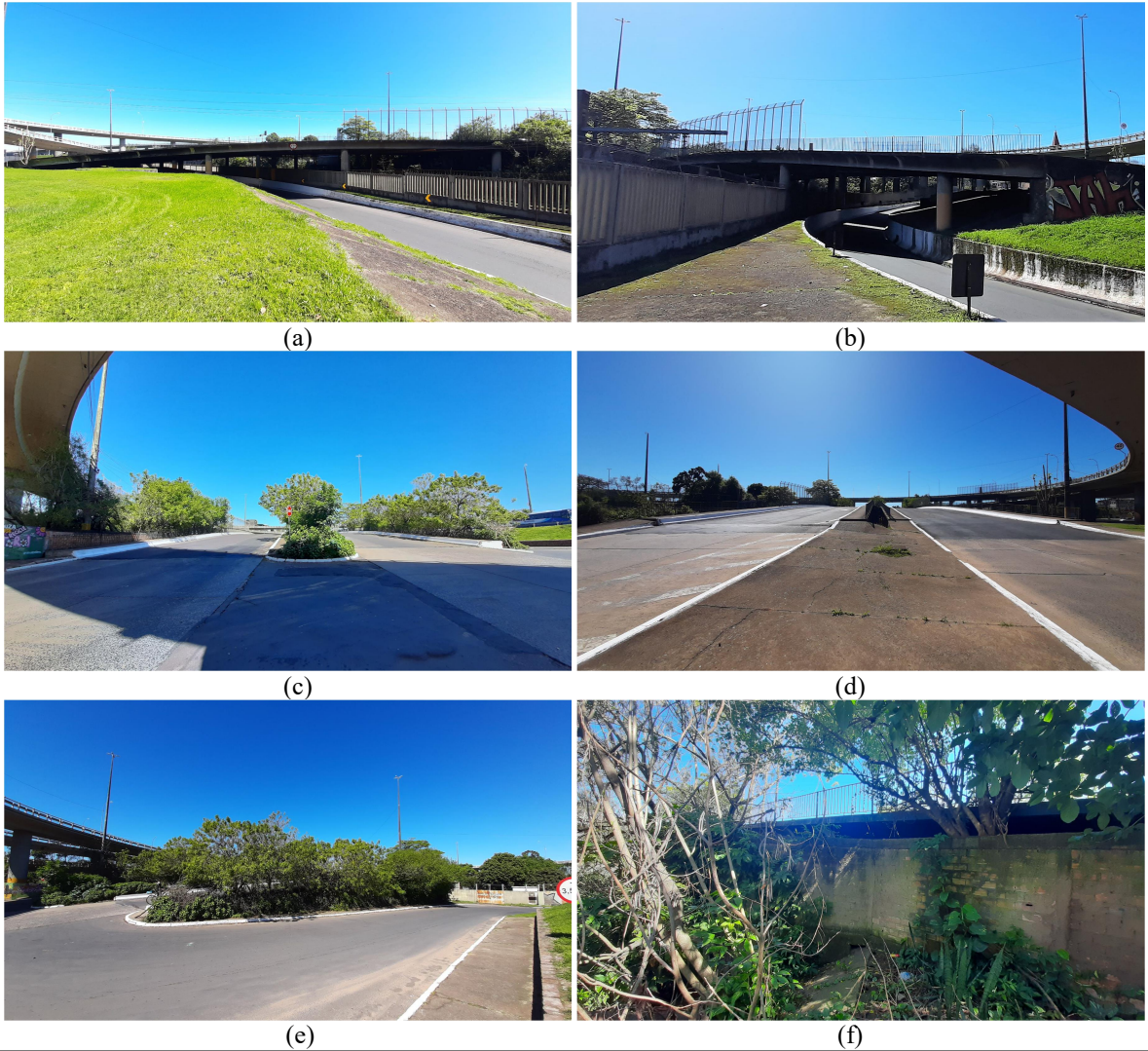
Dos quatro encontros da obra, dois não puderam ser examinados na parte inferior do tabuleiro (encontro 02 do Viaduto pista esquerda e encontro 02 do Viaduto pista direita) por não terem fácil acesso, além de estarem irregularmente ocupados como moradia por pessoas em vulnerabilidade social. Apenas uma parte do encontro 01 do Viaduto pista esquerda pode ser aferida, pois o formato do talude encobria boa parte da estrutura. O encontro 01 do Viaduto pista direita também não estava completamente visível na parte inferior.

Na mesoestrutura, cada Viaduto conta com 11 pilares: 6 sob a viga externa e 5 na viga interna e 13 vãos. Esses pilares apresentam disposição esconsa em relação aos encontros, estando, portanto, paralelos em relação à direção dos obstáculos. Cada pilar apresenta 90 cm de diâmetro e alturas variáveis. O vão típico (e maior vão) tem comprimento de 18,25 m. A maior altura de pilar estava localizada dentro da faixa de domínio da Trebsurb, então não foi possível medir, mas indiretamente foi possível vislumbrar em torno de 5,45 m.

A norma NBR 9452:2019 (ABNT, 2019) recomenda a apresentação do registro fotográfico de caracterização da estrutura, que deve, no mínimo, conter uma vista geral, pelas vistas superior, lateral e inferior do tabuleiro, dos elementos da mesoestrutura e da infraestrutura, quando aparentes, além de registro das anomalias. As Figuras 30 e 31 exibem um conjunto de fotos produzidas na vistoria para cumprir o requisito supracitado.

Na Figura 30, temos a vista geral lateral do tabuleiro do Viaduto pista direita (a) e vista lateral Viaduto pista esquerda (b); vista superior do tabuleiro sentido bairro-centro (c) e vista superior centro-bairro (d); vista lateral encontro 02 do Viaduto pista esquerda (e) e vista lateral encontro 02 do Viaduto pista direita (f) e o Mapeamento das fotos (g).

Figura 30. Aspecto geral da obra.

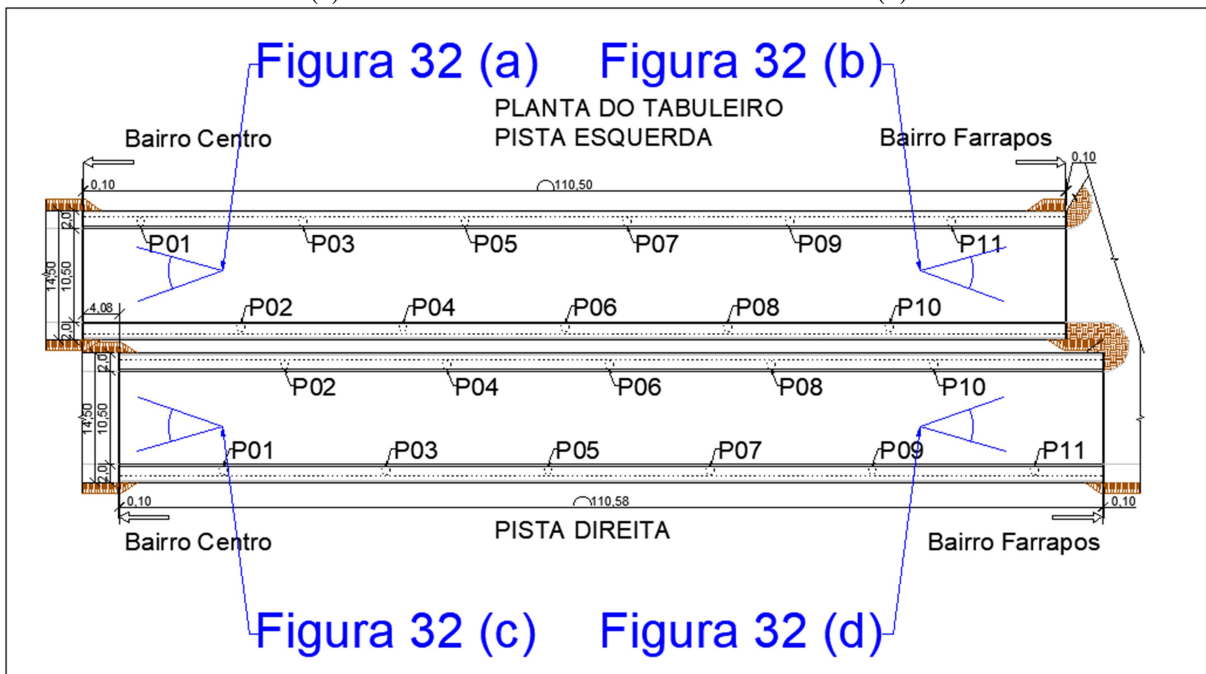
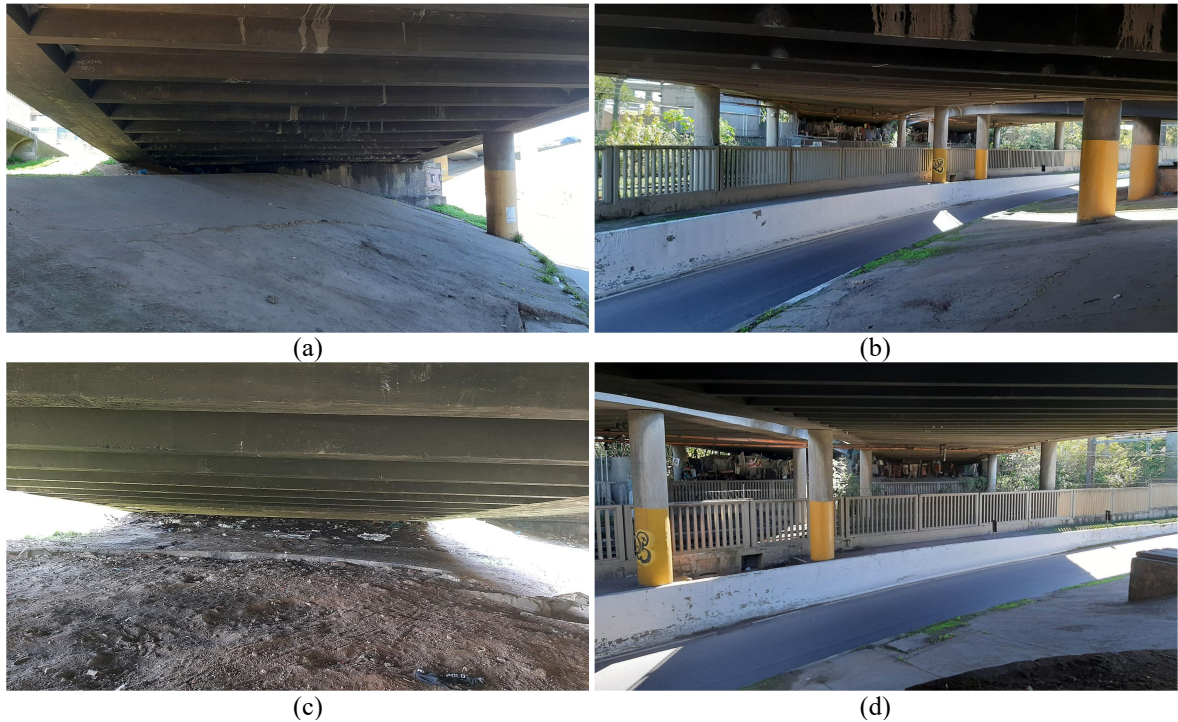


(g)  
Fonte: da autora



A Figura 31 exibe a vista inferior do tabuleiro, encontro 01 (a) e encontro 02 do Viaduto pista esquerda (b); vista inferior do tabuleiro, encontro 01 (c) e encontro 02 do Viaduto pista direita (d) e mapeamento das fotos (e).

Figura 32. Aspecto geral da obra



(e)

Fonte: da autora

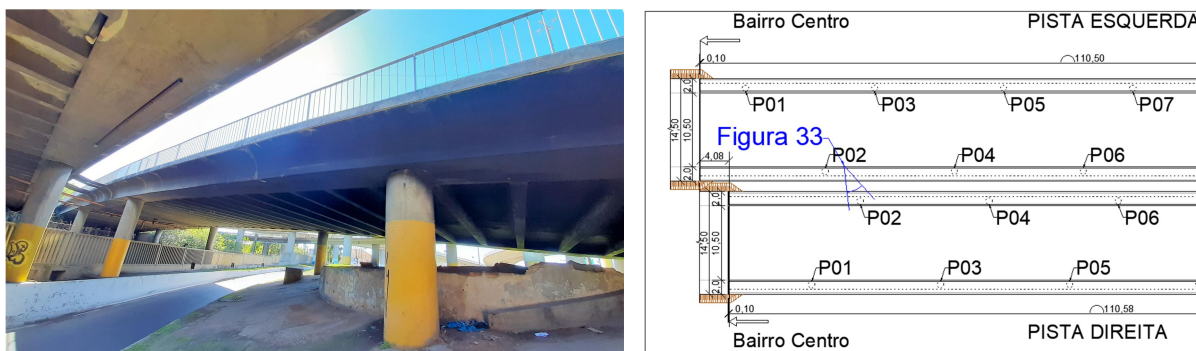
Finalizada a etapa de medições da estrutura, prosseguiu-se com o exame de anomalias nas estruturas. A seguir, apresentam-se as principais inconformidades e a sua respectiva recomendação terapêutica.

O estrado foi verificado na base, nas laterais e no topo. Foram observadas as áreas de tráfego de veículos e pessoas, áreas de drenagem, áreas de apoio e superfície em geral. Observou-se a ocorrência de fuligem depositada na face inferior da laje, vigas principais e vigas transversinas, na extensão desde a região junto ao encontro 01 até o pilar 03 em ambos os viadutos, conforme Figura 33.

A fuligem aparenta ser proveniente de queimas ou incêndios de materiais sob os viadutos. No caso, o  $\text{CO}_2$  encontrado na reação de combustão dos materiais combustíveis à base de carbono, é um dos gases presentes em fumaças. Assim, entende-se que as estruturas ali foram submetidas de forma não natural ao processo de carbonatação, indicando que a frente de carbonatação pode ter atingido velocidade maior e mais profunda no concreto do que o previsto para a idade da obra.

Recomendações terapêuticas: indicada a investigação detalhada por ensaios para constatações seguras sobre a profundidade da frente de carbonatação e o estado da despassivação do aço por profissional habilitado.

Figura 33. Vista do tabuleiro do Viaduto pista direita com fuligem e a posição da foto mapeada.



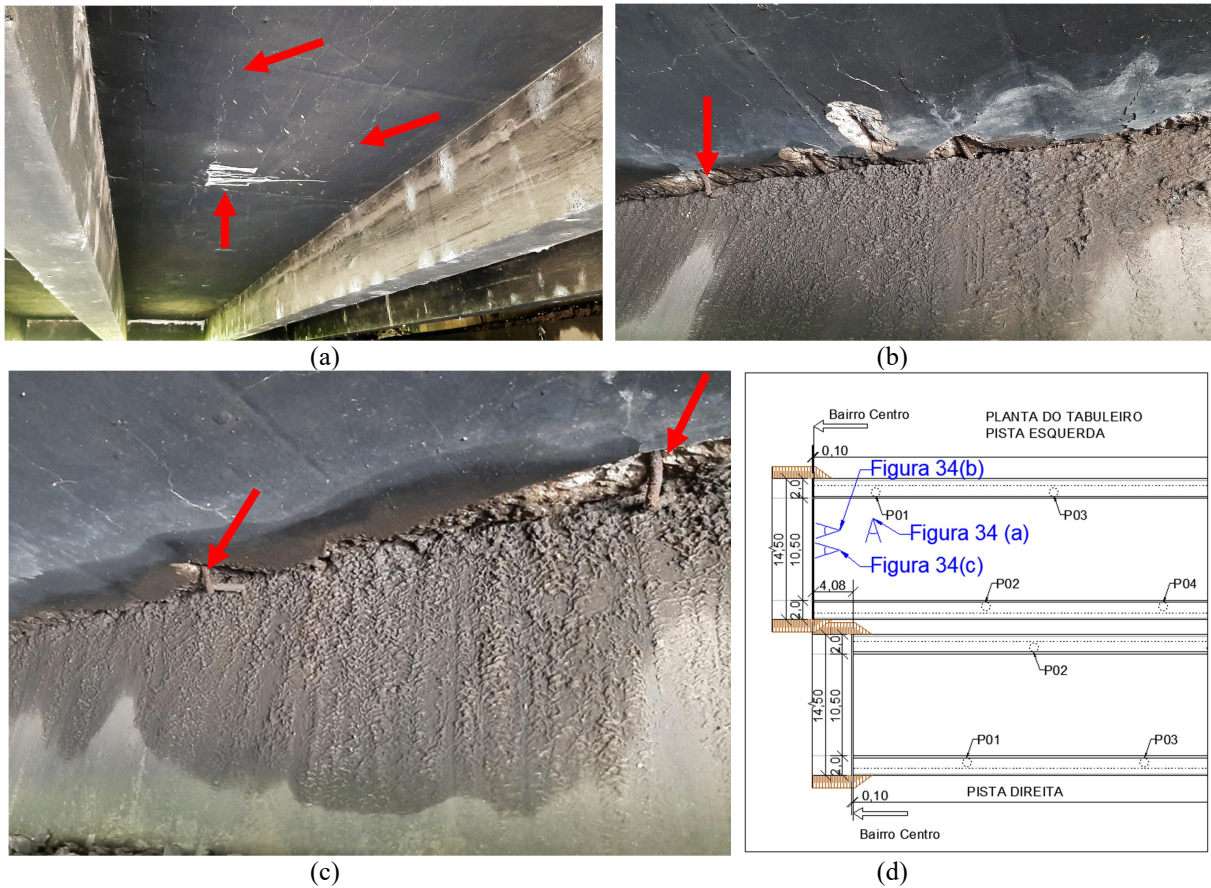
Fonte: da autora

Nas lajes foram encontradas fissuras e eflorescências em diversos pontos ao longo de todo tabuleiro. Foi detectada também ocorrência de fissuras devido à oxidação do aço com exposição de armaduras, conforme Figura 34.

Recomendações terapêuticas: tratamento das fissuras, recuperação e tratamento do aço oxidado e cobrimento do aço exposto por profissionais habilitados.



Figura 34. Fissuras e eflorescência na base da laje (a); detalhe do aço rompido (b e c) e mapeamento das fotos (d).



Fonte: da autora

O concreto em lajes, vigas principais, vigas transversinas e alguns pilares na região dos drenos (Figura 35), em sua maioria quebrados e entupidos, apresentam manchas de umidade, eflorescências, e em alguns casos há formação de biofilme, lascamento do concreto, desagregação e perda de cobrimento e oxidação do aço.

Recomendações terapêuticas: limpeza, recuperação de todos os drenos, recomendado promover o prolongamento ou desvios dos tubos de forma que não desaguem sobre a estrutura dos viadutos, tratamento das fissuras, recuperação e tratamento do aço oxidado e cobrimento por profissionais habilitados.

Figura 35. Drenos quebrados na viga principal externa do Viaduto pista da direita (a, b, d). Dreno queimado na viga principal interna (c) e Mapeamento das fotos (e).



Fonte: da autora



As vigas principais na região onde foram fixadas as hastes de sustentação do guarda corpo, apresentam fissuras, corrosão da armadura, eflorescências, desagregação do concreto e falta de cobertura do aço (Figura 36).

Recomendações terapêuticas: tratamento das fissuras, recuperação e tratamento do aço oxidado e cobertura do aço exposto por profissionais habilitados.

Figura 36. Fotos na região da fixação da viga principal interna e a posição das fotos mapeadas.



Fonte: da autora

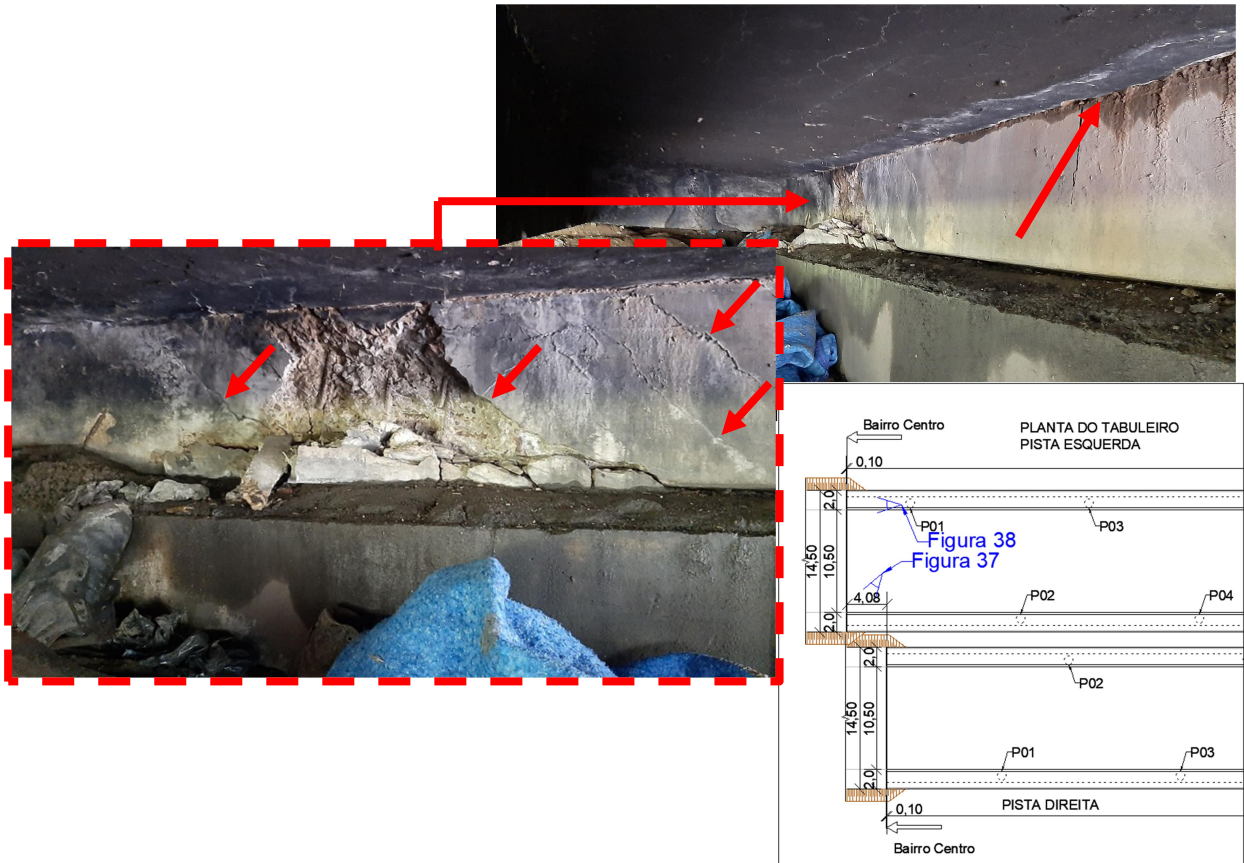
A viga transversina localizada no encontro 01 do Viaduto pista esquerda apresenta desempenho estrutural anômalo, com a presença de fissuras de sobrecarga e avançado grau de lascamento do concreto. As fissuras apresentam ângulo de  $45^\circ$  em direção ao vão central da peça, com a exposição do aço das armaduras longitudinal e estribos (Figura 37 e 38).

As fissuras nesta peça podem ser resultado de movimentações estruturais pela ação de esforços anormais ou/e choques mecânicos não previstos em projeto, como a torção da viga transversina por choque contra o encontro, em hipótese, uma vez que o encontro também apresenta rompimento de parte.

A viga transversina também apresenta grandes manchas de infiltrações de água entre laje e viga transversina, eflorescências, com grande acúmulo de detritos na face vertical da viga transversina, devido à falta de estanqueidade da junta de dilatação 01 localizada imediatamente próxima à região. Recomendações terapêuticas: indicada a investigação

detalhada por ensaios para constatações seguras sobre a resistência da estrutura por profissional habilitado.

Figura 37. Fotos da viga transversina no encontro 01 do Viaduto pista esquerda e a posição das fotos mapeadas.



Fonte: da autora

Figura 38. Fotos da viga transversina no encontro 01 do Viaduto pista esquerda.



Fonte: da autora



Como comentado anteriormente, o encontro 01 do Viaduto pista esquerda apresenta rompimento de parte da sua estrutura, grande acúmulo de detritos, manchas de infiltração de umidade, formação de biofilme, ocorrência de agentes agressivos, com a presença de vegetação, além de que o tubo do sistema de ancoragem está descaracterizado, com peças de aço oxidadas e expostas e deterioração do berço de assentamento (Figura 39).

Recomendações terapêuticas: avaliação da funcionalidade do sistema de ancoragem, dos apoios, viga transversina sobre o encontro 01. Indicada a investigação detalhada por ensaios para constatações seguras sobre o estado de resistência da estrutura por profissional habilitado.

Figura 39. Fotos do encontro 01: vista inferior (a), vista lateral do Viaduto pista esquerda (c), vista do tubo (c) posição das fotos mapeadas (d).



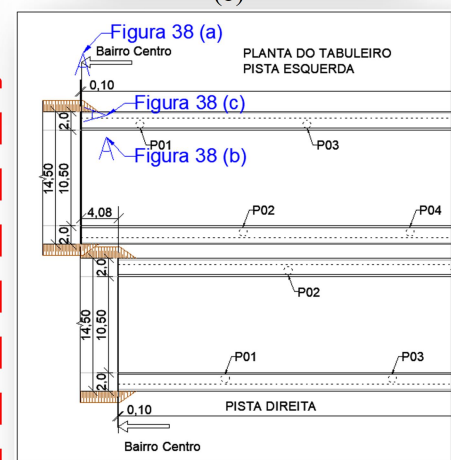
(a)



(b)



(c)



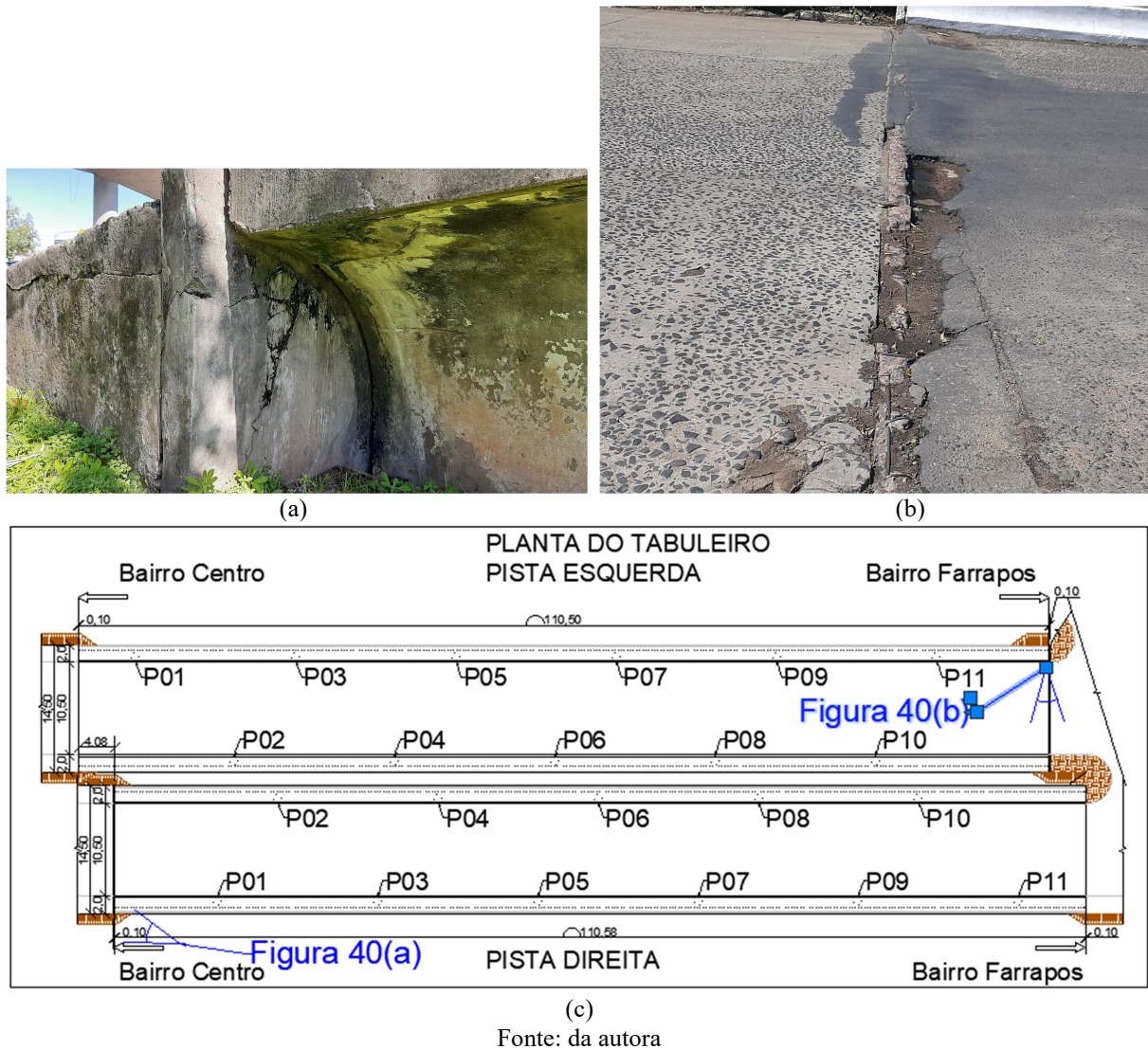
(d)

Fonte: da autora

O encontro 01 do Viaduto pista direita apresenta fissuração. E o encontro 02 da pista esquerda apresenta armaduras expostas e falta de cobertura no topo junto à região da junta de dilatação (Figura 40).

Recomendações terapêuticas: indicada a investigação detalhada por ensaios para constatações seguras sobre o estado da resistência estrutural por profissional habilitado.

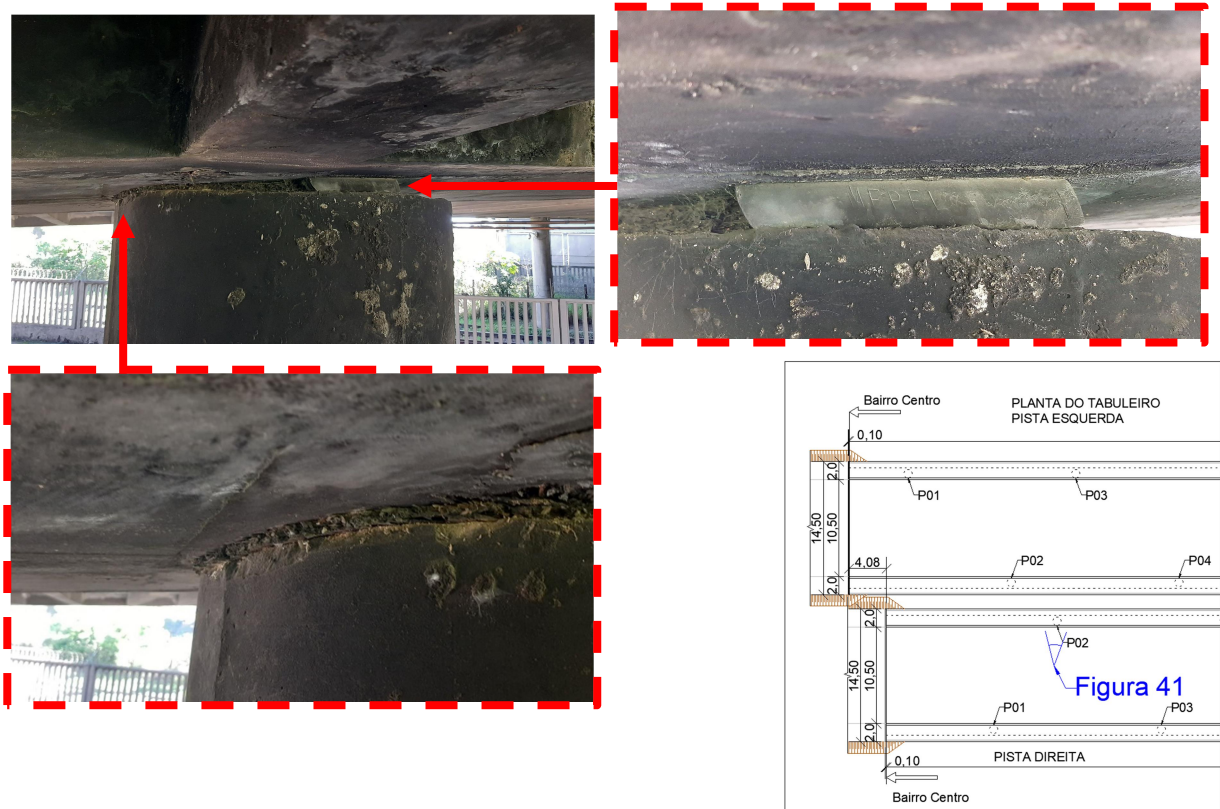
Figura 40. Fotos do encontro 01 vista lateral do Viaduto pista direita (a), vista superior do encontro 02 (b) e mapeamento das fotos (c)



O pilar 02 do Viaduto pista direita apresenta quebra de cantos por falta de folga entre extremidade de viga e pilar. O aparelho de apoio de Neoprene identificado neste pilar apresenta bloqueio e distorção, mas o dispositivo estava posicionado conforme projeto original (Figura 41). Recomendações terapêuticas: desobstrução do aparelho de apoio.



Figura 41. Fotos do pilar 02 do Viaduto pista direita e mapeamento das fotos

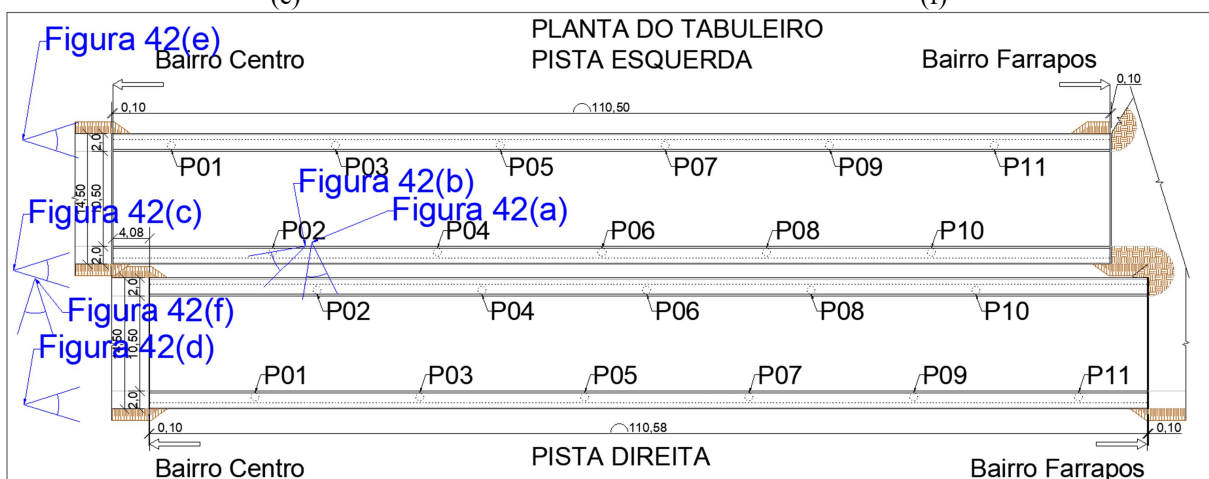
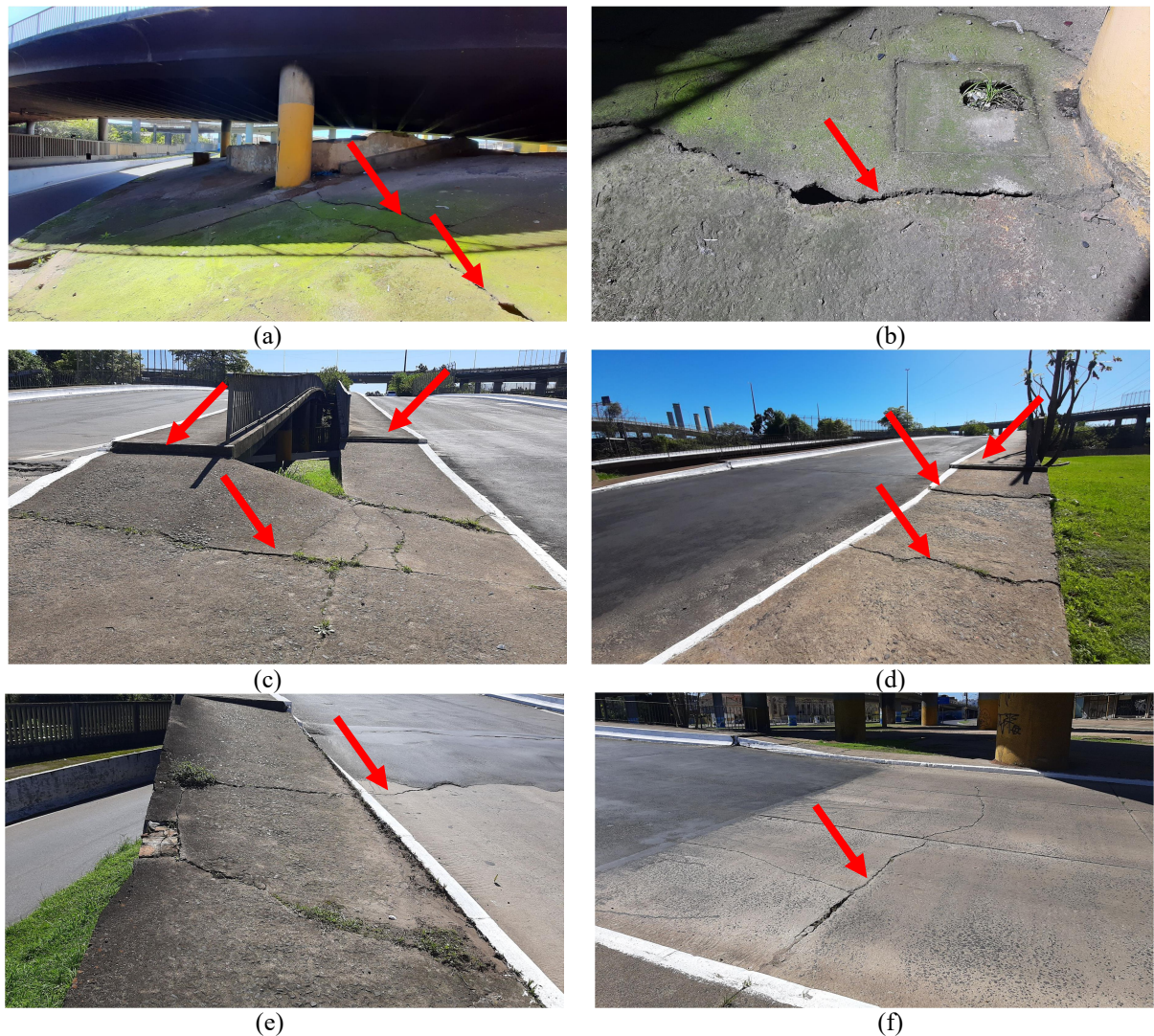


Fonte: da autora

Foram identificados no entorno dos dois encontros 01, indícios de instabilidade no talude pela existência de diversas fissuras no pavimento sobre o aterro. Não foi possível constatar a existência de placa de transição. Foi identificada a ocorrência de desníveis entre o encontro 01 do Viaduto e o aterro de acesso (Figura 42).

Recomendações terapêuticas: Em hipótese, pode ter ocorrido assentamento dos aterros de acesso. Nesse sentido, seria necessário fazer o acompanhamento das fissuras para constatação de que restam passivadas. No caso de constatação da estabilidade do talude de acesso, basta o refazimento do talude para compatibilidade de níveis entre acesso e viadutos, por profissional habilitado.

Figura 42. Fotos do acesso dos dois encontros 01, pista direita e pista esquerda. Fissuras no talude (a) e (b); Desníveis no passeio e fissuras (c) e (d); Fissuras no pavimento de acesso (e) e (f); Mapeamento das fotos (g)



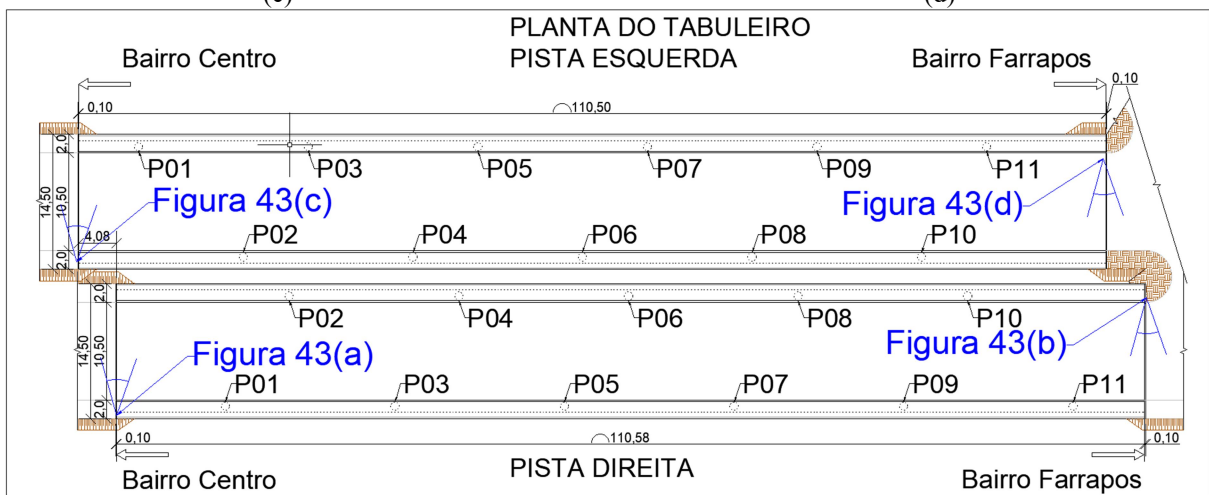
(g)  
Fonte: da autora

Observou-se que as juntas de dilatação estão obstruídas por detritos e encobertas por concreto asfáltico por reapecamento. O reapecamento causa saliências e leva desconforto ao



usuário pelo impacto na obra com o trânsito de veículos. Não foi possível detectar a presença de algum tipo de perfil de vedação ou do atual tamanho da abertura da junta (Figura 43).  
 Recomendações terapêuticas: limpeza e recuperação das juntas por profissional habilitado.

Figura 43. Fotos das juntas de dilatação. Juntas de dilatação 01 (a) e 02 (b) pista direita e juntas de dilatação 01 (c) e 02 (d) pista esquerda; Mapeamento das fotos (e)



Fonte: da autora

O pavimento da obra foi examinado conforme terminologia da *Norma DNIT 005/2003 Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologi* (DNIT, 2003), constatando-se defeitos nele. Existem trincas transversais isoladas longas de igual espaçamento das vigas transversinas, como se o pavimento estivesse propagando uma possível movimentação da base (Figura 44).

Algumas trincas longitudinais isoladas curtas e outras trincas interligadas em bloco também foram observadas. Também foi encontrado desgaste no pavimento, uma panela na junta de dilatação 02 do Viaduto pista direita, além de acúmulo de detritos.

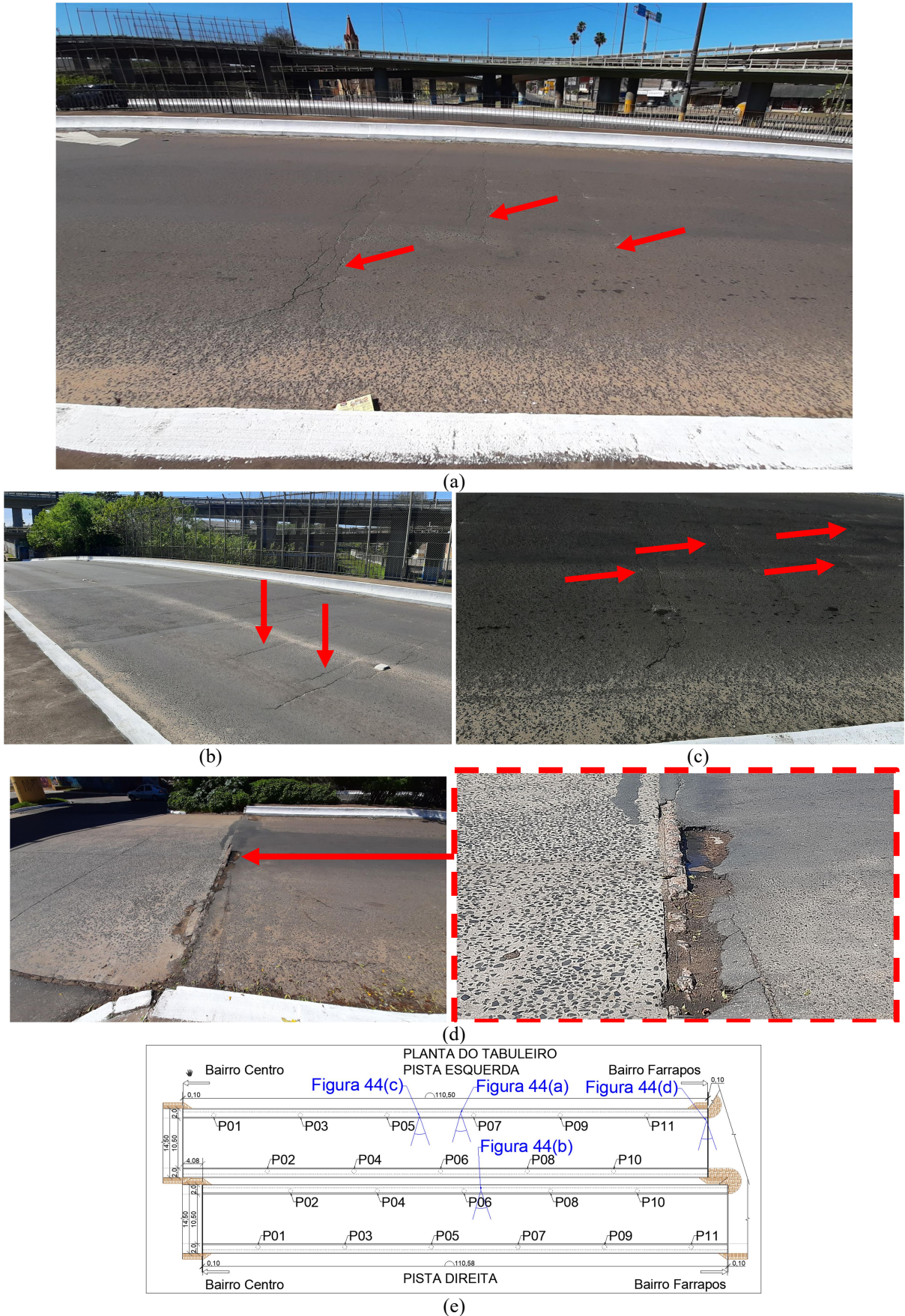
Foram observados remendos no pavimento, com saliências e depressões, que proporcionam o impacto na passagem de veículos no vão central e nos acessos.

Durante o exame do pavimento, houve a possibilidade de observar a passagem de carga pesada (caminhão trator trucado com semirreboque, Classe 3S3) e foi percebida uma vibração excessiva no tabuleiro, na posição próxima ao pilar 06 do Viaduto pista direita, desde o ingresso do veículo até sua saída.

Recomendações terapêuticas: indicada a investigação detalhada para constatações seguras sobre o estado estrutural do tabuleiro por profissional habilitado. Caso não haja anomalias no comportamento do tabuleiro, proceder com a recuperação do pavimento.



Figura 44. Fotos dos defeitos nos pavimentos. Detalhe das trincas transversais isoladas longas (a, b, c) e uma panela na junta de dilatação 02 (d); Mapeamento das fotos (e).



Fonte: da autora

O passeio foi verificado também no quesito acessibilidade. Conforme NBR 9050 (ABNT, 2020), conclui-se que o passeio não é acessível perante a norma, pois há degraus nos acessos e o guarda-corpo possui apenas 90 cm de altura, além de algumas partes do guarda-corpo não estarem íntegras. Partes dos passeios apresentam vegetação que dificultavam a passagem.

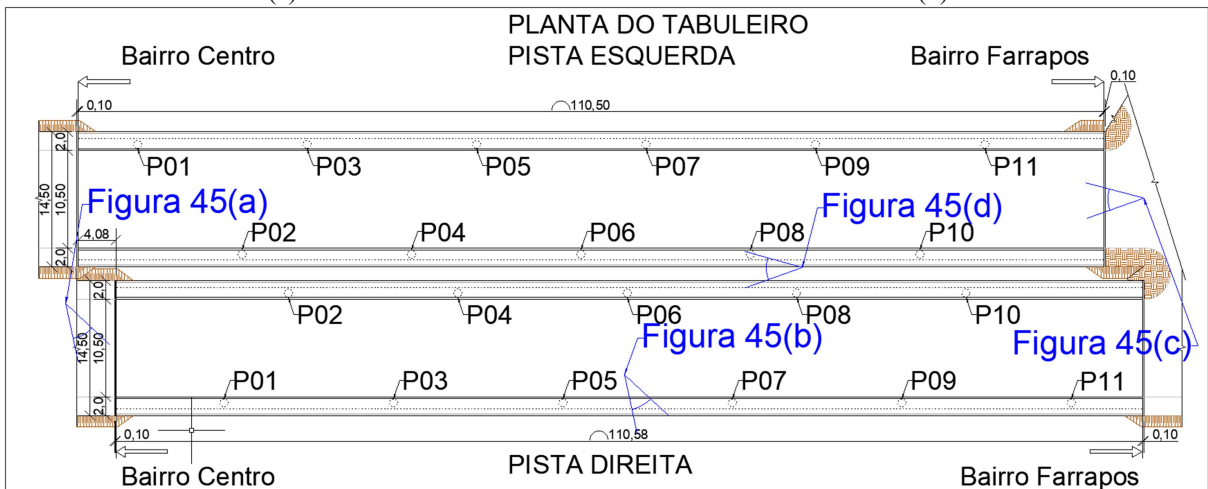
O guarda-rodas havia sido pintado recentemente em relação à data da vistoria e por isso não foi possível observar fissuras ou algo mais detalhado, mas o seu aspecto geral é de boa conservação.

Outros elementos avaliados no tabuleiro, que não constam no projeto original, foram elementos de proteção sobre a área de domínio da Trensurb. Há chapas de aço fixadas entre os dois viadutos em avançado estado de corrosão e acúmulo de vegetação. E a grade de proteção apresenta abertura. A Figura 45 exibe fotos dos elementos citados.

Recomendações terapêuticas: a remoção das chapas de aço e substituição por outro sistema de proteção contra quedas no local. Recuperação do guarda-corpo e qualificação por meio de projeto de acessibilidade contemplando pelo menos uma rota acessível para pedestres no Viaduto, preferencialmente no passeio da direita do Viaduto pista direita, por profissional habilitado. Poda da vegetação e limpeza geral.



Figura 45. Fotos dos defeitos nos pavimentos. Detalhe do guarda-corpo amassado e degrau no passeio (a); abertura na grade (b); vegetação no passeio (c) e chapas de aço (d); Mapeamento das fotos (e).

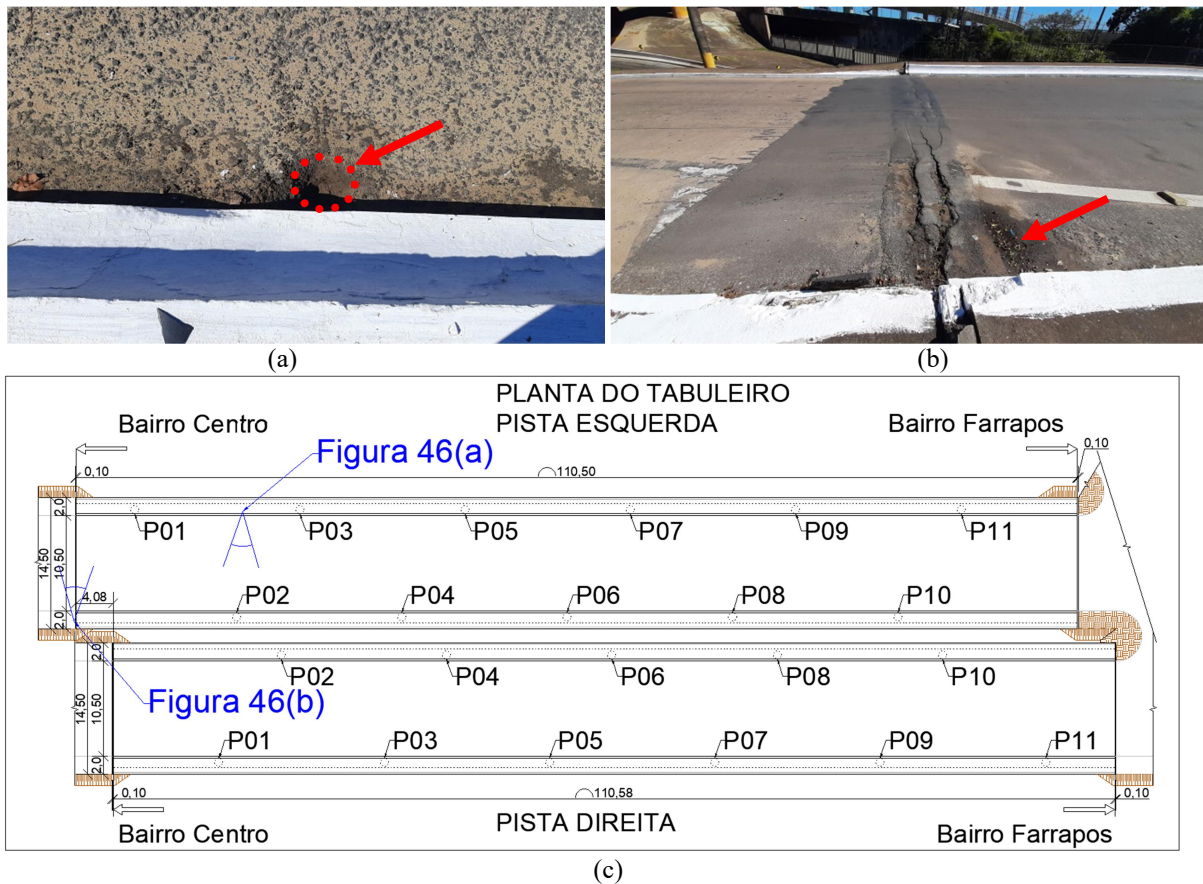


Fonte: da autora

O Viaduto foi avaliado quanto à sua eficiência na drenagem. O tabuleiro tem declividade para escoar águas por ser convexo. As vigas principais possuem pingadeira. Os drenos apresentam entupimento e muitos estão quebrados e há acúmulo de água na área das juntas de dilatação devido a um defeito do pavimento, conforme comentado anteriormente (Figura 46).

Recomendações terapêuticas: limpeza geral do tabuleiro com desobstrução dos drenos, reposição dos drenos com prolongamento ou desvios de forma que não desaguem sobre a estrutura dos viadutos.

Figura 46. Dreno entupido (a); acúmulo de água na área da junta de dilatação 01 (b); Mapeamento das fotos (c).



(c)  
Fonte: da autora

A sinalização horizontal e vertical é deficiente. Sem sinalização da capacidade de carga. Não há sistema de iluminação próprio da obra, havendo apenas iluminação indireta de postes no entorno.

Recomendações terapêuticas: estudo da atual Classe de capacidade da carga por profissional habilitado. Refazimento do sistema de sinalização.

Por fim, verificou-se o entorno em relação à ocupação da vizinhança. O Viaduto está inserido na classe de agressividade ambiental Classe III, agressividade forte, ambiente industrial, com risco de deterioração da estrutura, conforme tabela 6.1 da NBR 6118 (ABNT, 2023). O quadro 2 resume as categorias de anomalias encontradas na obra e também inclui as recomendações terapêuticas indicadas.

Quadro 2. Resumo das anomalias.

<b>Anomalia</b>	<b>Recomendações terapêuticas</b>
Carbonatação	Indicada a investigação detalhada por ensaios para constatações seguras sobre a profundidade da frente de carbonatação e o estado da despassivação do aço.
Fissuras (por corrosão do aço)	Tratamento da corrosão do aço e posterior tratamento das fissuras.
Corrosão do aço	Recuperação e tratamento do aço oxidado e cobrimento do aço exposto.
Eflorescências	Tratamento das fissuras.
Drenos obstruídos/quebrados	Limpeza, recuperação dos drenos com prolongamento ou desvios de forma que não desaguem sobre a estrutura dos viadutos.
Fissuras de sobrecarga e avançado grau de lascamento do concreto, tendo as fissuras ângulos de 45 graus em direção ao vão central da peça (viga transversina no encontro 01 do Viaduto pista esquerda)	Indicada a investigação detalhada por ensaios para constatações seguras sobre a resistência da estrutura.
Fissuras sobrecarga encontro 01	Indicada a investigação detalhada para constatações seguras sobre a resistência da estrutura.
Acúmulo de detritos, manchas de infiltração de umidade, formação de biofilme, ocorrência de agentes agressivos e acúmulo de vegetação	Poda da vegetação e limpeza geral.
Tubo do sistema de ancoragem apresenta-se descaracterizado, com peças de aço oxidadas e expostas e deterioração do berço de assentamento	Avaliação da funcionalidade do sistema de ancoragem, dos apoios, viga transversina sobre o encontro 01. Indicada a investigação detalhada para constatações seguras sobre o estado de resistência da estrutura.
Aparelho de apoio com bloqueio	Desobstrução do aparelho de apoio.
Indícios de instabilidade no talude	Acompanhamento das fissuras. No caso de constatação da estabilidade do talude de acesso, basta o refazimento do talude para compatibilidade de níveis entre acesso e viadutos.
Juntas de dilatação obstruídas por detritos e encobertas por concreto asfáltico	Limpeza e recuperação das juntas.
No pavimento: Trincas transversais isoladas longas; longitudinais isoladas curtas e embloco; saliências e depressões	Recuperação do pavimento.
Vibração excessiva no tabuleiro	Indicada a investigação detalhada para constatações seguras sobre o estado estrutural do tabuleiro.
Acessibilidade: sem rota acessível e guarda-corpo baixo e quebrado	Recuperação do guarda-corpo e qualificação por meio de projeto de acessibilidade contemplando de pelo menos uma rota acessível.
Chapas de aço fixadas entre os dois viadutos	Remoção das chapas de aço e substituição por outro sistema de proteção contra quedas no local.
Sinalização horizontal e vertical é deficiente. Sem sinalização da capacidade de carga.	Estudo da atual Classe de capacidade da carga. Refazimento do sistema de sinalização.

Fonte: da autora

### 3.3.3 Análise de dados

Após examinadas as manifestações patológicas na obra, ela foi avaliada conforme os critérios de definição das notas de classificação da tabela 1 da NBR 9452 (ABNT, 2019) a qual relaciona a escala de notas de 1 a 5, com a condição de Crítica à Excelente, sendo a pior situação a nota 1, condição Crítica, e a melhor situação a nota 5, condição Excelente.

Foi preenchido um quadro semelhante à referência da tabela 2 da mesma norma NBR 9452 (ABNT, 2019) para atribuição de notas conforme a característica observada na obra. Cada um dos três parâmetros avaliados recebeu a respectiva nota final de classificação da condição da obra a partir do resultado da menor nota atribuída aos elementos avaliados. O Quadro 3 exibe a classificação da OAE preenchida, conforme a Seção 5 da norma.

A caracterização estrutural recebeu a menor nota de classificação, 3, considerada condição regular, devido a comprometimentos na superestrutura. Observou-se, especificamente no encontro 01 do Viaduto na pista esquerda, a deterioração da viga transversina causada por fissuras de sobrecarga e um avançado grau de lascamento do concreto. As fissuras apresentam ângulos de 45 graus em direção ao vão central da peça. Além disso, identificou-se a obstrução em um dos aparelhos de apoio, pilar 02 do Viaduto na pista direita. Também foram encontradas fissuras nos encontros, desnível do pavimento na transição entre o terrapleno e o tabuleiro, resultando em um aumento do impacto na carga acidental e causando solavancos aos usuários. Portanto, existe a convicção de que os danos encontrados podem vir a comprometer a estrutura, embora não afetem a estabilidade da obra de imediato, sendo necessárias ações de manutenção significativas em médio prazo.

Quanto à caracterização funcional da obra, atribuiu-se a menor nota de classificação, 2, indicando uma condição ruim, devido à insegurança causada pela deficiência na sinalização. Em razão dos riscos à segurança dos usuários, tornam-se necessárias intervenções de curto prazo.

À caracterização de durabilidade, também foi atribuída a nota 2, refletindo uma condição ruim, devido a anomalias moderadas e abundantes, como um quadro de fissuração considerado inaceitável. Com isso, a vida útil da obra fica comprometida, exigindo ações de manutenção significativas em curto prazo.



Quadro 3. Quadro com a ficha de classificação da OAE

Nota de classificação da OAE, conforme Seção 5 (NBR 9452:2019)							
Elemento		Relevância no sistema estrutural   Duas vigas	Condição Verificada	Estrutural	Funcional	Durabilidade	
Superestrutura	viga	longarina	principal	fuligem	-	-	4
				efloreências	-	-	4
				armadura exposta (estribos) em processo evolutivo de corrosão	-	-	2
		transversina	secundária	fuligem	-	-	4
				fissuras com abertura superior aos limites (NBR 6118:2014)	3	-	2
				efloreências	-	-	4
	laje	secundária	armadura exposta (longitudinal e estribos) em processo evolutivo de corrosão	-	-	3	
			fuligem	-	-	4	
			fissuras generalizada, mas dentro dos limites (NBR 6118:2014)	4	-	5	
			efloreências	-	-	4	
			armadura exposta em processo evolutivo de corrosão	-	-	3	
	Drenagem: Drenos quebrados e obstruídos	secundária	-	-	4	3	
fuligem			-	-	4		
fissuras			3	-	2		
Mesoeestrutura	travessas	principal	NA	-	-	-	
	pilares	principal	fuligem	-	-	4	
	aparelho de apoio	principal	obstrução do aparelho de apoio	3	-	-	
Encontro	cortina	secundária	fissuras	3	-	2	
			Desnível do pavimento, na transição terrapleno x tabuleiro, gerando acrcimo no impacto na carga acidental, causando solavancos	3	3	-	
	laje de transição	secundária	NA	-	-	-	
Infraestrutura	muros de alas	secundário	fissuras	3	-	2	
	blocos	principal	Não visível	-	-	-	
	sapatas	principal	NA	-	-	-	
Complementar	estacas, tubulões	principal	Não visível	-	-	-	
	barreira rígida	complementar	-	-	-	-	
Juntas	guarda-corpo	complementar	Guarda-corpo: alguns pontos amassados	-	3	-	
	juntas de dilatação	NA	juntas de dilatação obstruídas, causando restrições	4	3	-	
Gabaritos	Gabaritos	NA	Sinalizações deficientes, sem sinalização da classe de capacidade de carga	-	2	-	

Fonte: da autora

Conforme definido pela norma, a inspeção especial deve ser antecipada, entre outros motivos, em casos de obras de intervenções como reforços e também no caso de uma inspeção anterior indicar uma classificação de intervenção de curto prazo (notas baixas 1 e 2) quanto aos parâmetros de desempenho estrutural e de durabilidade (ABNT, 2019). Assim, uma inspeção especial nesta obra encontra fundamentação pela presença detectada de duas

vigas transversinas de aço em meio às de concreto, estranhas ao projeto original além da realização das ações de intervenções mencionadas.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação de uma obra de arte especial para transpor obstáculos envolve uma significativa monta financeira, profundos conhecimentos de engenharia e também um conjunto de ações necessárias para atingir as características desejadas e projetadas para cada obra.

Conforme discutido neste trabalho, fazer manutenção corretiva acaba saindo muito mais onerosa do que a antecipação de outras providências, e a principal forma de designar as ações de manutenção é inspecionando a estrutura. A manutenção preventiva dessas obras é parte integrante das ações para a durabilidade e contribuem para atingir a vida útil da obra. Infelizmente, essa estratégia não recebe a devida importância, nesse sentido, esse comportamento ocorre em diferentes tipos de construções brasileiras de modo geral. Possivelmente, a justificativa mais razoável apontada acaba sendo os recursos financeiros escassos.

No Brasil, temos duas normas que ajudam com orientações no processo anterior às manutenções de obras de arte: a inspeção. O olhar atento de um profissional é fundamental para amparar o planejamento de manutenções e inclusive de inspeções futuras. Temos a norma DNIT 010/2004 (DNIT, 2004b) e a NBR 9452 (ABNT, 2019), essa última que foi escolhida para avaliação do objeto deste trabalho: o Viaduto da Rua Voluntários da Pátria, que, na verdade, são dois viadutos paralelos, cada um contemplando um sentido da rua, pista esquerda o sentido bairro-centro, e pista direita sentido centro-bairro do município de Porto Alegre/RS.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliá-lo devido desconforto causado pelo ressalto nos acessos da obra, observado pela autora ao longo dos anos, sem que tenha sido observada a solução técnica adequada pelo gestor da obra.

A obra foi avaliada, conforme a NBR 9452:2019 (ABNT, 2019), tendo obtido nota 3, condição regular, no parâmetro estrutural, nota 2, condição ruim, no parâmetro funcional e nota 2, condição ruim, no parâmetro de durabilidade. Portanto, o objetivo do trabalho foi atingido.

Foi desenvolvido um relatório contemplando detalhes das anomalias percebidas e indicação de terapias a elas. A respeito dos acessos, realmente eles apresentam anomalias que podem estar fomentando outras anomalias também observadas em demais elementos componentes da obra, em hipótese.

Conclui-se que a OAE apresenta certas manifestações patológicas que devem receber o tratamento terapêutico indicado. Além disso, é necessário realizar investigações mais detalhadas em algumas anomalias apontadas. Também foi indicada a necessidade de uma inspeção especial por profissional habilitado, devido à presença detectada de duas vigas transversinas de aço em meio às de concreto, que são estranhas ao projeto original (indicando que a obra passou por alguma intervenção não documentada).

Sinaliza-se que há a perspectiva de que este trabalho possa ter utilidade prática para orientar, com subsídios, o planejamento e controle por parte da gestora da obra. Assim, ele pode auxiliar no desenvolvimento de melhorias nesta OAE e em outras, além de fornecer auxílio às realizações de manutenções e conseqüente aumento da vida útil da obra e da segurança para os usuários.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, C. J. R. V. Vistoriando obras de arte especiais. **Revista Notícias da Construção**. São Paulo. n.138,p.60-62, Out. 2014. Disponível em: <[https://www.ipt.br/download.php?filename=1130-Noticias\\_da\\_Construcao\\_SindusCon\\_Outubro\\_2014.pdf](https://www.ipt.br/download.php?filename=1130-Noticias_da_Construcao_SindusCon_Outubro_2014.pdf)>. Acesso em: 01 julho 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto** – Procedimento. Rio de Janeiro, 2019.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2020.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6118: projeto de estruturas de concreto** – Procedimento. Rio de Janeiro, 2023.
- BORIN, M. V. **Entenda o que são Obras de Arte Especiais na Engenharia**. 2023. Disponível em: <<https://ctcinfra.com.br/obras-de-arte-especiais/>> Acesso em: 16 fevereiro 2024
- CAMINHOSFERRO\_VFRGS. 2021. Disponível em: <<https://www.instagram.com/p/CSsExjGrR9Z/?igshid=MTc4MmM1YmI2Ng%3D%3D>>. Acesso em: 09 agosto 2023.
- CORREIO DO POVO. **Obras** de viaduto da Voluntários serão concluídas no final de março. 06 fev 2015. Disponível em: <<https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/geral/obras-de-viaduto-da-volunt%C3%A1rios-ser%C3%A3o-conclu%C3%ADdas-no-final-de-mar%C3%A7o-1.164983>>. Acesso em: 25 agosto 2023.
- DAL MOLIN, D. C. C. **Fissuras em estruturas de concreto armado**: Análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul. 1988. 238 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1988.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT. IPR 709. **Manual de inspeções de pontes rodoviárias**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004a
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT. IPR. **Norma DNIT 010/2004**. Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004b
- \_\_\_\_\_. **Norma DNIT 005/2003**. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Rio de Janeiro, 2003
- DÉSIR, J. M. **Aula 05 (continuação) Comportamento dos materiais frente às altas temperaturas**. 2022. 58p Notas de aula. Apresentação em pdf para disciplina Eng01053 - Noções básicas sobre segurança contra incêndios UFRGS.
- DW ENGENHARIA. **Lauda Técnico**: Viaduto Voluntários da Pátria. Porto Alegre. Trensurb – Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre. 2023. 21 p. . Disponível em: <<https://portaldatransparencia.gov.br/>>. Acesso em: 06 agosto 2023.

**G1. Ponte de pedra esculpida pelo tempo encanta visitantes em Alegrete, RS.** 13 dez. 2013. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/nossa-terra/2013/noticia/2013/12/ponte-de-pedra-esculpida-pelo-tempo-encanta-visitantes-em-alegrete-rs.html>>. Acesso em: 01 julho 2023.

**GEIPOT. Projeto de Obra de Arte Especial.** Viaduto da Rua Voluntários da Pátria. Porto Alegre (?). 1978. Plantas Estruturais. Escalas variam. Disponível em: <<https://portaldatransparencia.gov.br/>>. Acesso em: 06 agosto 2023.

**GOOGLE MAPS. 2019. Imagens do Street View.** Disponível em: <[https://www.google.com.br/maps/@-29.999093,-51.2067372,3a,75y,68.38h,89.4t/data=!3m7!1e1!3m5!1sOcBW7Nv6CoDTk\\_lw1FRb4Q!2e0!5s20190501T000000!7i16384!8i8192?entry=ttu](https://www.google.com.br/maps/@-29.999093,-51.2067372,3a,75y,68.38h,89.4t/data=!3m7!1e1!3m5!1sOcBW7Nv6CoDTk_lw1FRb4Q!2e0!5s20190501T000000!7i16384!8i8192?entry=ttu)>. Acesso em: 13 julho 2023.

**GOOGLE MAPS. 2024. Mapa de Porto Alegre.** Disponível em: <<https://www.google.com/maps/@-29.9900858,-51.1917156,13.15z?entry=ttu>>. Acesso em: 28 janeiro 2024.

**HELENE, Paulo R.L. Corrosão em armaduras para concreto armado.** 1ª ed. São Paulo: Pini Editora, 1986.

**HELENE, Paulo R.L. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** 2ª ed. São Paulo: Pini Editora, 1992.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TRANSPORTES E INFRAESTRUTURA, ITTI - UFPR – História das Pontes.** Disponível em: <<https://itti.org.br/historia-das-pontes/>>. Acesso em: 01 julho 2023.

**LANER, Felice José. Manifestações patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do município de Porto Alegre.** 2001. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2001.

**LEONHARDT, F. Construções de concreto: princípios básicos da construção de pontes de concreto.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1979. v. 6.

**MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto : microestrutura, propriedades e materiais.** 2. ed., baseada na 4. ed. em inglês. São Paulo: Ibracon, 2014.

**NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto.** 2ª ed. São Paulo: Pini, 1997.

**O GLOBO. Entre vilarejos e histórias de Dartmoor,** o cenário que inspirou Conan Doyle e Agatha Christie. 12 ago. 2017. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/boa-viagem/entre-vilarejos-historias-de-dartmoor-cenario-que-inspirou-conan-doyle-agatha-christie-16014891>>. Acesso em: 01 julho 2023.

**POSSAN, E. Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano.** 2010. 263 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

QUADROS, H. S. **Influência dos microclimas nas manifestações patológicas das estruturas de pontes e viadutos**. 2020. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2020.

REGINATO, I. R. **Fissuração em estruturas de concreto armado: mecanismos e ocorrências**. 2023a. 138p Notas de aula. Apresentação em pdf para disciplina ENG011060 – Patologia e instrumentação das construções UFRGS.

REGINATO, I. R. **Aula 2 Parte 2 Patologia dos materiais – Cimentos e agregados**. 2023b. 55p Notas de aula. Apresentação em pdf para disciplina ENG011060 – Patologia e instrumentação das construções UFRGS.

REGINATO, I. R. **Aula 4 Patologia dos materiais – Aditivos e Corrosão das armaduras**. Apresentação em pdf para disciplina ENG011060 – Patologia e instrumentação das construções UFRGS. 2023c. 77p Notas de aula. Apresentação em pdf para disciplina ENG011060 – Patologia e instrumentação das construções UFRGS.

SHIRAKAWA, M.A. **Estudo da biodeterioração do concreto por thiobacillus**. 1994. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Reatores Nucleares de Potência e Tecnologia do Combustível Nuclear) - Universidade de São Paulo. Instituto de pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 1994.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 1998.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO RIO GRANDE DO SUL. **Cartilha OAE: Manutenção das obras de arte especiais**, [S.L]. 26 p. Disponível em: <[https://www.crea-rs.org.br/site/documentos/Cartilha\\_OAE1.pdf](https://www.crea-rs.org.br/site/documentos/Cartilha_OAE1.pdf)>. Acesso em: 27 junho 2023.

TRENSURB. **História**. 2023. Disponível em: <[https://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas\\_detalhe.php?codigo\\_sitemap=48](https://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas_detalhe.php?codigo_sitemap=48)> Acesso em: 09 agosto 2023.

TUUTTI, K. **Corrosion of steel in concrete**. Stockholm, 1982. 469p. Tese (Doutorado) – Swedish Cement and Concrete Research Institute.

UKRAINCZYK, N.; PECUR, I. B.; BOLF, N. **Evaluating rebar corrosion damage in RC structures exposed to marine environment using neural network**. Civil Engineering and Environmental Systems Vol. 24, No. 1, March 2007, 15–32.

VERLY, R. C. **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais**. 2015. 198 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2015.

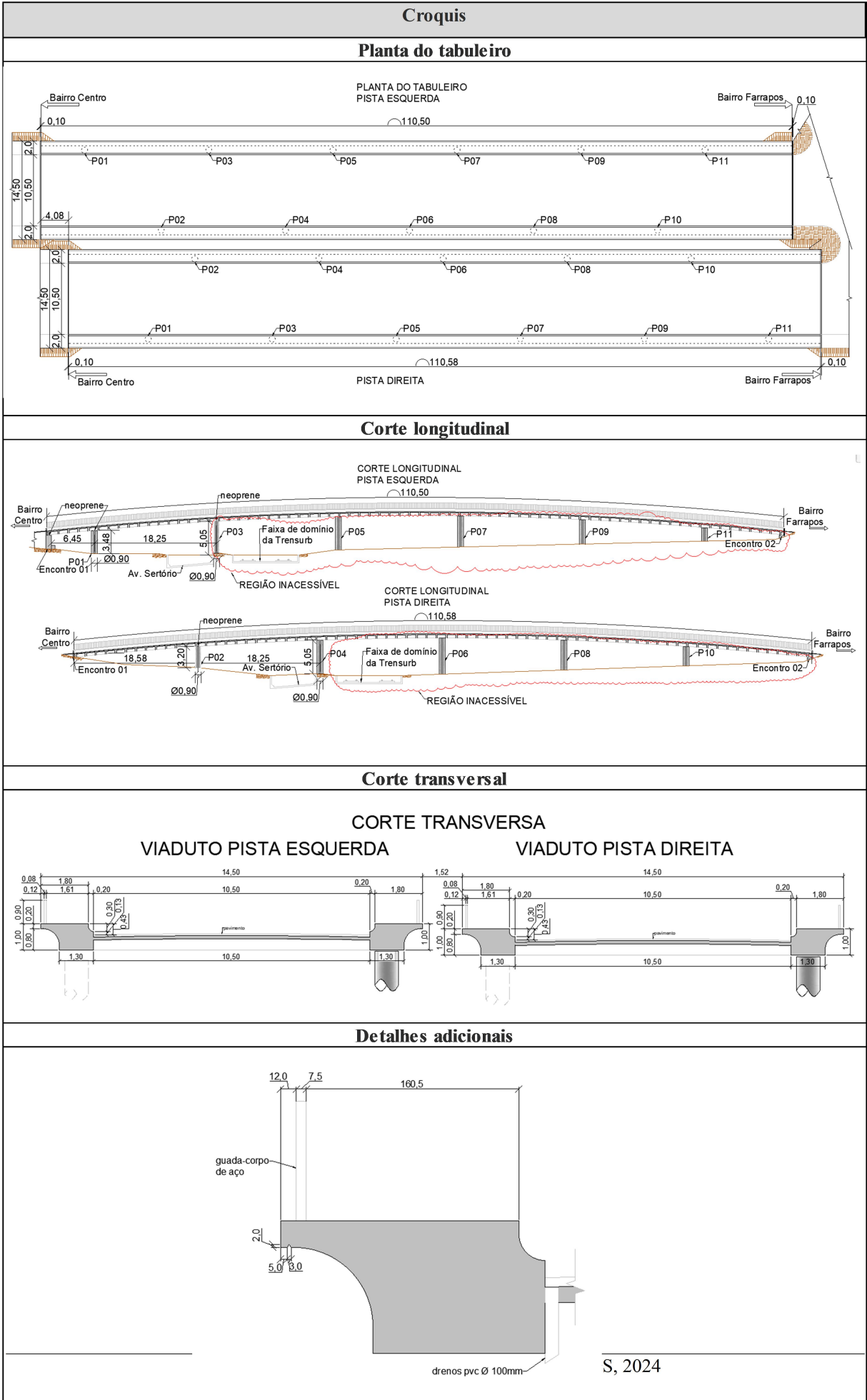


## ANEXO A — FICHA DE INSPEÇÃO CADASTRAL

<b>Ficha de inspeção cadastral (NBR 9452:2019)</b>	
Inspeção Cadastral(ano): 2023	OAE Código: (não disponível)
Jurisdição (Orgão, Concessão ou outro): Trensurb	Data da inspeção: 19/8/2023
<b>Parte I - Cadastro</b>	
<b>A - Identificação e localização</b>	
Via ou município: Porto Alegre	Sentido: Bairro Centro - Bairro Farrapos/Viaduto pista direita; Bairro Farrapos - Bairro Centro/Viaduto pista esquerda.
Obra: Viaduto Voluntário da Pátria	
Localização (km ou endereço): Rua Voluntários da Pátria, próximo ao n.º 4.100	
Ano da construção: Entre anos de 1980 e 1985	Projetista: Geipot
Trem-tipo: (não disponível)	Construtor: Trensurb
<b>B - Características da estrutura</b>	
<b>Comprimento e largura</b>	
Comprimento total (m): Viaduto pista direita: 110,58m Viaduto pista esquerda: 110,50m	Largura total (m): 14,50 cada Largura útil (m): 10,50 cada
<b>Tipologia estrutural</b>	
Sistema construtivo (ver Tabela A.3): 1	
Natureza da transposição (ver Tabela A.4): 2 e 3	Material (ver Tabela A.5): 1
Seção tipo:	
Longitudinal (superestrutura) (ver Tabela A.2): 2	Mesoestrutura (ver Tabela A.2): 1
Transversal (superestrutura) (ver Tabela A.2): 1	Infraestrutura (ver Tabela A.2): 9
<b>Características particulares</b>	
Número de vãos: 13 cada	Comprimento do vão típico (m): 18,25m
Número de apoios: 11 pilares isolados cada	Comprimento do maior vão (m): 18,25m
Número de pilares por apoio: 1	Altura dos pilares (m): variável, 5,45m
Aparelhos de apoio (quantidade e tipo): 15, neoprene	Juntas de dilatação (quantidade e tipo): 2 abertas, cada
Encontros: 2 cada	
Outras peculiaridades(exemplos: existência de dentes Gerber, no caso de seção celular registrar se há acesso): sistema de ancoragem nos encontros, 02 perfis de aço como transvesinas no Viaduto pista direita	
<b>C - Características funcionais</b>	
<b>Características plani-altimétricas</b>	
(exemplo: informar se a região é plana, ondulada ou montanhosa, traçado em tangente ou curvo, esconsidade, rampa) Região plana, traçado tangente em planta, traçado convexo em perfil (tabuleiro convexo)	
<b>Características da pista</b>	
Número de faixas: 3 cada (?) <i>sem sinalização</i>	Largura da faixa (m): 3,50m (?)
Acostamento: Não	Largura do acostamento (m): (não disponível)
Refúgios: Não	Largura do refúgio (m): (não disponível)
Passeio: Sim	Largura do passeio (m): 1,605m (vão livre)

Barreira rígida: Sim, h=0,43cm	Guarda-corpo: Sim, h=90cm
Pavimento (asfáltico, concreto): Asfáltico	Drenos: Sim, diâmetro 100mm
Pingadeiras: Sim	
<b>Gabaritos</b>	
Gabarito vertical do viaduto (m): 5,50m sobre Trensurb, 6,19m sobre Av. Sertório	Gabarito navegável da ponte (m): (Não se aplica)
<b>Tráfego</b>	
Frequencia de passagem de carga especial: (não disponível)	
<b>Parte II - Registro de anomalias</b>	
<b>A - Elementos estruturais</b>	
<p>Superestrutura:</p> <p>Fulgem; fissuras na laje, viga trasnversina fissurada no Encontro 01 Viaduto pista esquerda; eflorecências, corrosão de armaduras; rompimento de aço; falta de cobrimento do aço; Biofilme sobre o concreto, lascamento de concreto, desagregação do concreto; presença de vegetação no passeio com obstrução; Vibração excessiva com veículo carga pesada (classe 3S3) próximo ao P6 Viaduto pista direita; Chapas de aço oxidadas fixadas entre os viadutos; Sem rota acessível (NBR 9050).</p>	
<p>Mesoestrutura:</p> <p>Quebra de canto no topo pilar 02 Viaduto pista esquerda.</p>	
<p>Infraestrutura:</p> <p>Não visível</p>	
<p>Aparelhos de apoio:</p> <p>Obstrução do aparelho de apoio do pilar 02 Viaduto pista direita; Obstrução do aparelho no encontro 01 viaduto pista esquerda;</p>	
<p>Juntas de dilatação:</p> <p>Obstruídas</p>	
<p>Encontros:</p> <p>Encontro 01 Viaduto pista esquerda rompido; Encontro 01 Viaduto pista direita com fissuras; Desnível entre o aterro de acesso e encontro;</p>	
<p>Outros elementos:</p>	
<b>B - Elementos da pista ou funcionais</b>	
<p>Pavimento:</p> <p><i>Terminologia DNIT 005/201</i> : saliências e depressões nas juntas de dilatação, desgaste, panela, trinca em bloco, trincas longitudinais curtas, trincas transversais longas, trincas transversais longas possível propagação da base com desenho das transversinas (?)</p>	
<p>Acostamento e refúgio:</p>	
<p>Drenagem: Drenos quebrados e obstruídos</p>	
<p>Guarda-corpos: alguns pontos amassados</p>	
<p>Barreira de concreto /Defesa metálica:</p>	
<b>C - Outros elementos</b>	
<p>Taludes: Indícios de instabilidade no talude (fissuras) possível assentamento de aterro (?)</p>	
<p>Iluminação: Indireta</p>	
<p>Sinalização: Deficiente, sem sinalização da classe de capacidade de carga</p>	
<p>Gabaritos:</p>	
<p>Proteção de pilares:</p>	

<b>D - Informações complementares e recomendações de terapia</b>
<p>A área do encontro 02 dos dois viadutos não pode ser avaliada por não terem fácil acesso, além de estarem irregularmente ocupados como moradia por pessoas em vulnerabilidade social;</p> <p>Antecipação de Inspeção especial (presença de duas transversinas de aço estranhas ao projeto original);</p> <p>Indicada a investigação detalhada para constatações seguras sobre o estado estrutural do tabuleiro;</p> <p>Avaliação da funcionalidade do sistema de ancoragem, dos apoios, viga transversina sobre o encontro 01;</p> <p>Estudo do Trem-tipo;</p> <p>Limpeza de superfícies;</p> <p>Recuperação e tratamento do aço oxidado e cobrimento;</p> <p>Tratamento de fissuras do concreto;</p> <p>Indicada a investigação detalhada por ensaios para constatações seguras sobre a profundidade da frente de carbonatação e o estado da despassivação do aço;</p> <p>Desobstrução e recuperação dos drenos com prolongamento ou desvios de forma que não desaguem sobre a estrutura ou saia do aterro;</p> <p>Recuperação das juntas de dilatação;</p> <p>Desobstrução do aparelho de apoio do pilar 02 Viaduto pista direita;</p> <p>Acompanhamento das aberturas das fissuras no aterro/talude dos encontros, se passivas refazer o nível no acesso do Viaduto;</p> <p>Recuperação dos defeitos no pavimento;</p> <p>Poda da vegetação no entorno;</p> <p>Remoção das chapas de aço entre viadutos e substituição por outro modelo de proteção e fixação;</p> <p>Recuperação do guarda-corpo e qualificação por meio de projeto de acessibilidade contemplando de pelo menos uma rota acessível (NBR 9050).</p>
<b>Parte III - Classificação da OAE (ver Seção 5)</b>
Estrutural: 3 condição regular
Funcional: 2 condição ruim
Durabilidade: 2 condição ruim
<p><b>Justificativa:</b></p> <p><b>Estrutural:</b> na superestrutura comprometimento da viga transversina no encontro 01 do Viaduto pista esquerda em razão de fissuras de sobrecarga e avançado grau de lascamento do concreto, tendo as fissuras ângulos de 45 graus em direção ao vão central da peça, tendo também obstrução em um dos aparelhos de apoio no pilar 02 do Viaduto pista direita, apresentando ainda fissuras nos encontros, desnível do pavimento, na transição terra-pleno x tabuleiro, gerando acréscimo no impacto na carga acidental e causando solavancos aos usuários. Assim, há convicção de danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas sem o comprometimento da estabilidade da obra, sendo necessárias ações de manutenção significativas em médio prazo;</p> <p><b>Funcional:</b> em razão da insegurança pela deficiência na sinalização. Pelo motivo de riscos de segurança aos usuários, a obra necessita de intervenções de curto prazo;</p> <p><b>Durabilidade:</b> devido a anomalias moderadas como um quadro de fissuração inaceitável. Assim, a vida útil da obra fica comprometida, sendo necessárias ações de manutenção significativas em curto prazo.</p> <p>Uma inspeção especial nesta obra encontra fundamentação pela presença detectada de duas vigas transversinas de aço em meio às de concreto estranhas ao projeto original (a obra passou por alguma intervenção não documentada).</p>



<b>Levantamento fotográfico</b>	
 <p>19/08/2023</p>	 <p>19/08/2023</p>
<b>Figura 01 - Vista geral lateral do Viaduto pista direita</b>	<b>Figura 02 - Vista lateral Viaduto pista esquerda</b>
 <p>19/08/2023</p>	 <p>19/08/2023</p>
<b>Figura 03 - Vista superior do tab. sentido bairro-centro</b>	<b>Figura 04 - Vista superior centro-bairro</b>
 <p>19/08/2023</p>	 <p>19/08/2023</p>
<b>Figura 05 - Vista lateral encontro 02 pista esquerda</b>	<b>Figura 06 - Vista lateral encontro 02 pista direita</b>
 <p>19/08/2023</p>	 <p>19/08/2023</p>
<b>Figura 07 - Vista inferior encontro 01 pista esquerda</b>	<b>Figura 08 - Vista inferior encontro 02 pista esquerda</b>



 <p>19/08/2023</p>	 <p>19/08/2023</p>
<p>Figura 09 - Vista inferior do encontro 01 pista direita</p>	<p>Figura 10 - Vista inferior do encontro 02 pista direita</p>
 <p>19/08/2023</p>	 <p>19/08/2023</p>
<p>Figura 11 - Vista dos perfis de aço</p>	<p>Figura 12 - Vista do tabuleiro do V. pista direita com fuligem</p>
 <p>19/08/2023</p>	 <p>19/08/2023</p>
<p>Figura 13 - Fissuras e efluorescência na base da laje</p>	<p>Figura 14 - Detalhe do aço rompido</p>
 <p>19/08/2023</p>	 <p>19/08/2023</p>
<p>Figura 15 - Drenos quebrados na viga principal externa do Viaduto pista da direita e amadura exposta</p>	<p>Figura 16 - Lascamento do concreto viga externa Viaduto pista direita</p>





Figura 17 - Dreno queimado na viga principal interna pista direita. manchas de umidade, eflorescências, em alguns casos há formação de biofilme, lascamento do concreto, desagregação e perda de cobrimento e oxidação do aço



Figura 18 - Todas vigas principais internas dos viadutos região onde foram chumbadas as hastes de sustentação do guarda corpo, apresentam fissuras, corrosão da armadura, eflorescências, desagregação do concreto, falta de cobrimento



Figura 19 - Vigas transversina no encontro 01 do Viaduto pista esquerda



Figura 20 - Vigas transversina no encontro 01 do Viaduto pista esquerda



Figura 21 - Encontro 01 rompido do Viaduto pista esquerda



Figura 22 - vista do tubo de ancoragem encontro 01 pista esquerda



Figura 23 - Encontro 01 vista lateral do Viaduto pista direita - fissuração



Figura 24 - Armaduras expostas e falta de cobrimento no topo junto à região da junta de dilatação





Figura 25 - Viaduto pista direita: P2 quebra de cantos por falta de folga entre extremidade de viga e pilar. O aparelho de apoio apresenta bloqueio e distorção



Figura 26 - Fissuras no talude Encontro 01

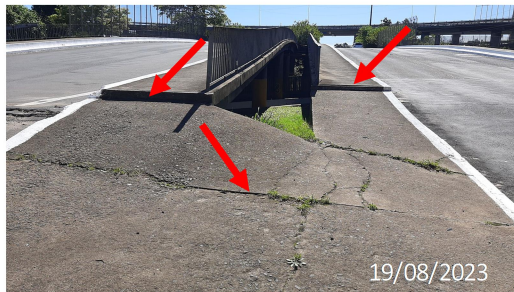


Figura 27 - Desníveis no passeio e fissuras



Figura 28 - Desníveis no passeio e fissuras



Figura 29 - Fissuras no pavimento de acesso



Figura 30 - Fissuras no pavimento de acesso



Figura 31 - Juntas de dilatação 01 pista direita



Figura 32 - Juntas de dilatação 02 pista direita



 <p>19/08/2023</p>	 <p>19/08/2023</p>
<p><b>Figura 33 - Juntas de dilatação 01 pista esquerda</b></p>	<p><b>Figura 34 - Juntas de dilatação 02 pista esquerda</b></p>
 <p>19/08/2023</p>	 <p>19/08/2023</p>
<p><b>Figura 35 - Detalhe das trincas transversais isoladas longas</b></p>	<p><b>Figura 36 - Detalhe das trincas transversais isoladas longas</b></p>
 <p>19/08/2023</p>	 <p>19/08/2023</p>
<p><b>Figura 37 - Detalhe do guarda-corpo amassado e degrau no passeio</b></p>	<p><b>Figura 38 - Vegetação no passeio</b></p>
 <p>19/08/2023</p>	 <p>19/08/2023</p>
<p><b>Figura 39 - Chapas de aço oxidadas</b></p>	<p><b>Figura 40 - Dreno entupido</b></p>