

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**BRUNO FORTUNATO ALVES**  
**ISAAC TEODÓSIO DE OLIVEIRA JÚNIOR**  
**MARIA MILIANE NERES DE ALMEIDA**

**ESTUDO DE CASO: RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DA PONTE  
RODÓVIARIA, DENOMINADA ANTIGA PONTE GIRATÓRIA.**

**RECIFE**

**2023**

**BRUNO FORTUNATO ALVES**  
**ISAAC TEODÓSIO DE OLIVEIRA JÚNIOR**  
**MARIA MILIANE NERES DE ALMEIDA**

**ESTUDO DE CASO: RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DA PONTE  
RODÓVIARIA, DENOMINADA ANTIGA PONTE GIRATÓRIA.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil  
do Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA,  
como parte dos requisitos para conclusão do  
curso.

Orientador (a): Dr. Janilson Alves Ferreira.

RECIFE

2023

Ficha catalográfica elaborada pela  
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

A474e Alves, Bruno Fortunato.  
ESTUDO DE CASO: recuperação estrutural da ponte rodoviária,  
denominada antiga ponte giratória/ Bruno Fortunato Alves; Isaac Teodósio  
de Oliveira Júnior; Maria Miliane Neres de Almeida. - Recife: O Autor, 2023.  
36 p.

Orientador(a): Dr. Janilson Alves Ferreira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário  
Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Engenharia Civil, 2023.

Inclui Referências.

1. Recuperação estrutural. 2. Manutenção. 3. Patologias. I. Oliveira  
Júnior, Isaac Teodósio de. II. Almeida, Maria Miliane Neres de. III. Centro  
Universitário Brasileiro. - UNIBRA. IV. Título.

CDU: 624

## RESUMO

O trabalho em questão foi desenvolvido e está focado em recuperação estrutural, utilizando como base um estudo de caso real da ponte 12 de setembro denominada antiga ponte giratória, localizada em Recife, capital do estado de Pernambuco, Brasil. Um dos grandes desafios do homem é chegar aonde ninguém jamais chegou, ligando diferentes destinos, não se importando com os obstáculos em sua frente, como rios e mares; Porém as estruturas foram criadas para ultrapassar esses desafios e quebrar as barreiras, sendo bem projetadas de forma a garantir uma total segurança aos longos dos anos; As obras de pontes rodoviárias estão presentes no mundo todo desde épocas passadas, ligando cidades e até continentes fazendo com que tenha um fácil acesso a outros locais e a diminuição do tempo de percurso. Neste trabalho de conclusão, buscamos mostrar que a manutenção de uma ponte é de extrema importância, de forma a garantir uma segurança de vida a quem transita, sendo utilizadas as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) sobre patologias constituintes em uma ponte que recebe ações de corrosão através da maresia; nesse projeto será aplicado todo conhecimento ao longo do curso de Engenharia Civil, como as cadeiras de resistência dos materiais, pontes e patologias.

Palavras-chave: Recuperação estrutural; Manutenção; Patologias;

## **RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA**

The present essay was developed, and is focused on structural restoration based on a real case study of the 12 de Setembro bridge called the old rotating bridge, located in Recife, state capital of Pernambuco, Brazil. One of man's greatest challenges is to reach where no one has reached before, connecting different destinations without caring about the obstacles in front of him, such as rivers and seas. However, the structures were created to overcome these challenges and break down barriers, being well designed to guarantee total safety over the years. Road bridges constructions have been present all over the world since ancient times, connecting cities and even continents, providing easy access to other places and reducing travel time. In this essay we seek to demonstrate that the maintenance of a bridge is extremely important, in order to guarantee life safety for those who pass by it, using the ABNT standards (Brazilian Association of Technical Standards) on pathologies contained in a bridge that receives corrosion through sea air. In this project, all knowledge throughout the Civil Engineering course will be applied, such as the discipline of material resistance, and bridges and pathologies.

Keywords: Structural recovery; Maintenance; Pathologies;

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>07</b>
1.1 Objetivos.....	08
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	<b>08</b>
1.1.2 <i>Objetivo Específico</i> .....	<b>08</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>09</b>
2.1 A História da Ponte Giratória e da Ponte 12 de setembro.....	09
2.2 Manutenção e Patologias.....	12
2.3 Comparação da Recuperação com a Ponte Motocolombó.....	14
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>15</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>16</b>
4.1 Caracterização e dimensões da antiga ponte giratória.....	16
4.2 Diagnostico.....	18
4.3 Recuperação e reforço.....	24
4.3.1 <i>Apicoamento</i> .....	<b>25</b>
4.3.2 <i>Primer anticorrosivo</i> .....	<b>26</b>
4.3.3 <i>Tela soldada</i> .....	<b>27</b>
4.3.4 <i>Jateamento de concreto</i> .....	<b>28</b>
4.3.5 <i>Acabamento</i> .....	<b>29</b>
4.3.6 <i>Pintura impermeabilizante</i> .....	<b>30</b>
4.3.7 <i>A importância dos consoles e sua construção</i> .....	<b>31</b>
4.3.7.1 <i>Construção dos consoles</i> .....	<b>33</b>
4.3.8 <i>A importância das pingadeiras</i> .....	<b>38</b>
<b>5. TABELA DE MATERIAIS UTILIZADOS NA RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DA ANTIGA PONTE GIRATÓRIA.....</b>	<b>39</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Muito se discute sobre a importância de recuperação estrutural das obras de artes especiais, com isso o nosso trabalho em questão foi desenvolvido e focado na recuperação estrutural da ponte rodoviária, denominada antiga ponte giratória, pois ela permite a transposição do Rio Capibaribe, onde liga o bairro do Recife ao bairro de São José;

Pois de acordo com Marchetti (2008), “denomina-se ponte qualquer obra destinada a permitir a transposição de obstáculos à continuidade de uma via de comunicação qualquer, sendo eles: rios, braços de mar, vales profundos etc.” Propriamente, nomeia-se ponte quando o obstáculo transposto é um rio.

Antes de ser denominada antiga ponte giratória, em 5 de dezembro de 1923, a ponte giratória foi inaugurada, onde era formada por três lances de ferro, sendo um giratório dando passagem às embarcações do porto, onde ao decorrer do tempo não deu certo;

Com a implantação e a ampliação gradativa do sistema de transporte rodoviário no estado, o tráfego de embarcações foi diminuindo, com o decorrer do tempo a ponte giratória, apresentou problemas na maquinaria e a sua função que era dar passagem a grande número de embarcações que aportavam no porto do Recife, então caiu em desuso, foi desmontada e substituída pela de concreto fixa em 1971, denominada 12 de setembro, data que lembra o dia solene da inauguração das reformas do porto.

Em 2003, passou a se chamar Antiga Ponte Giratória, pois boa parte dos recifenses referia-se a ela como Ponte Giratória, por este motivo a Prefeitura do Recife decretou através da Lei Nº 16.916, de 19 de novembro de 2003, que sua denominação passaria a ser Antiga Ponte Giratória.

Foi realizada uma inspeção, onde analisou a necessidade de iniciar a sua primeira recuperação estrutural, pois ao longo dos anos vem sofrendo ações de intemperismos que afeta sua estrutura em geral;

E neste trabalho temos como objetivo abordar todo o estudo, analisando seu comportamento e seus eventuais problemas patológicos sobre ações de intempéries que ocasiona fissuras no concreto e a corrosão de sua armadura por agentes agressivos, como a maresia e analisando qual a melhor terapia adequada para a restauração e analisando suas etapas.

## 1.1 Objetivos

### **1.1.1 Objetivos gerais**

O presente trabalho tem como objetivo principal apresentar as tecnologias construtivas e os princípios que norteiam o processo de recuperação estrutural de uma ponte de concreto armado.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Analisar toda a estrutura e seu comportamento para iniciar a restauração;
- Verificar as possibilidades adequadas para realizar a restauração;
- Apresentar todas as etapas de restauração executada em uma ponte tomada como estudo de caso;

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A História da Ponte Giratória e da Ponte 12 de setembro

Entre os anos de 1910 e 1920, foi pensado que a cidade de Recife deveria passar por uma grande reforma e juntamente no porto de Recife, com o objetivo de reformular com a renovação da capital de Recife e obtendo um novo visual, com a chegada da empresa Société de Construction du Port de Pernambuco foi optado com que deveria existir uma ponte rodoferroviária com um vão central que gira em torno do seu eixo, fazendo com que facilitasse a passagem das embarcações, com a construção da ponte giratória que foi inaugurada em 5 de dezembro de 1923, com cujo seu objetivo é ligar o bairro do Recife a São José e também sendo utilizada como linha férrea para transportar cargas para o porto e dando passagem as embarcações (Emanuel Bento, 2023).

A Ponte era formada de três lances: dois fixos e um que girava. Este último deixava, ao girar, duas passagens para o trânsito marítimo – quando se falava que a ponte estava “aberta”, como mostra na figura 01. Foi instalada uma sirena que obtinha um alto volume para indicação de que a ponte estava se abrindo para a passagem das embarcações marítimas, e as suas cabeceiras eram barradas com correntes e avisos de alerta para evitar qualquer tipo de acidente. Ao passar das embarcações a ponte retornava ao seu estado normal, permitindo também a passagem de trem, que era ferroviária e o tráfego de outros veículos e pedestres pelas laterais, quando então se dizia que a ponte estava “fechada”, como mostra na figura 02. (VIRGINIA BARBOSA, 2005).

Figura 01: Antiga ponte giratória Aberta



FONTE: BLOG DO RECIFE.24 Jan. 2014 ilustração. Disponível em:  
<https://bairrodorecife.blogspot.com/2014/01/a-ponte-giratoria.html?m=1>

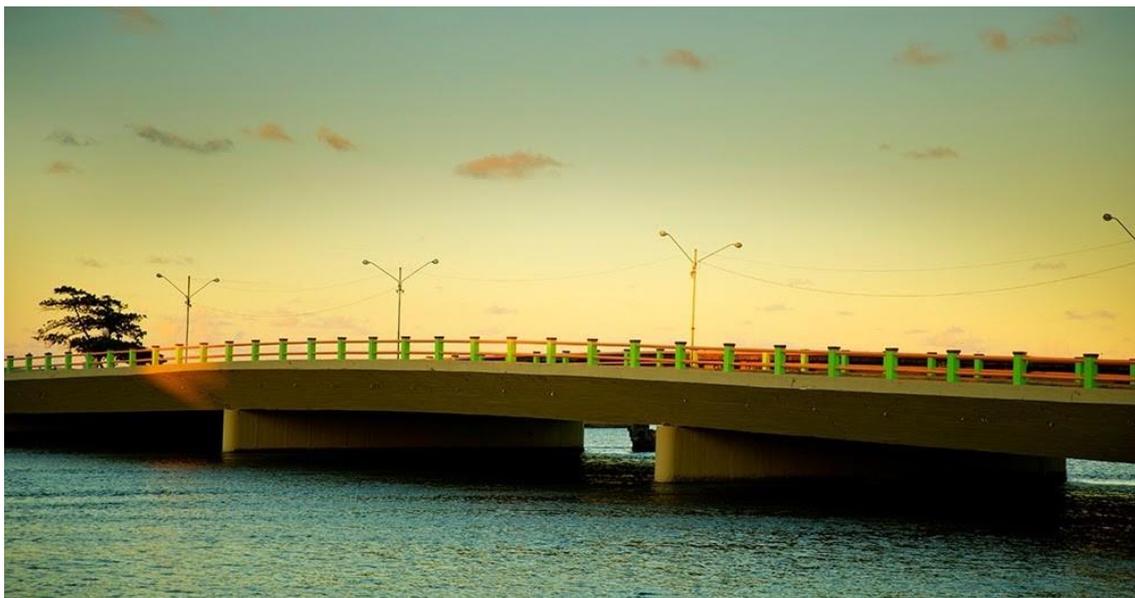
Figura 02: Ponte Giratória Fechada



FONTE: BLOG DO RECIFE.24 Jan. 2014 ilustração. Disponível em:  
<https://bairrodorecife.blogspot.com/2014/01/a-ponte-giratoria.html?m=1>

Com a implantação e a ampliação gradativa do sistema de transporte rodoviário no Estado o tráfego de embarcações foi diminuindo. A Ponte que foi construída de ferro para transitar trem, veículos e pessoas começou a apresentar grandes desgastes em suas estruturas de maquinaria que cuja sua função era dar passagem a grande número de barcaças que aportavam no porto do Recife, e com os desgastes e problemas a ponte giratória aos poucos foi caindo em desuso. Assim, teve que ser desmontada e em seu lugar foi construída uma outra ponte, ampla e de concreto armado, que foi inaugurada, em 1971, com o nome de Ponte 12 de setembro (figura 03), e essa data que foi recordada como o dia solene da inauguração das reformas do porto que aconteceu em 1918. (Virginia Barbosa, 2005).

Figura 03: Ponte 12 de Setembro



FONTE: BLOG DO RECIFE ENCANTOS MIL. 04 AGO 2014 Ilustração. Disponível em:  
<http://turismandoperec.blogspot.com/2014/08/ponte-giratoria.html>

As pontes rodoviárias são consideradas obras de artes especiais que tem o objetivo de transitar pessoas e meio de transporte motorizado de um lado para o outro fazendo com que facilitem a mobilidade do tráfego (Marcos Vinicius Borin, 2023).

## 2.2 Manutenção e Patologias

As pontes rodoviárias brasileiras são constituídas de concreto armado e estão submetidas a vários aspectos que podem causar deterioração nela, como por exemplo, o aumento do fluxo de veículos causando danos as suas estruturas, agentes agressivos como maresia que causa deterioração no concreto e conseqüentemente ao atingir a armadura causa corrosão (P. T. C. Mendes; M. L. T. Moreira<sup>ii</sup>; P. M. Pimenta<sup>iii</sup>).

Helene (2003) a etapa inicial de uma construção ela engloba vários fatores que tem mera importância no seu seguimento, que seria a etapa de planejamento, qual a função da minha edificação e determinar pela necessidade do usuário e a etapa de projeto, onde a função e o desempenho devem se relacionar tecnicamente. Nessa fase são escolhidos os métodos construtivos e materiais a serem utilizados, bem como o projeto de estrutura.

A falta de planejamento é uma forma potencial de ocorrer problemas na edificação como, por exemplo, a forma inadequada de analisar toda concepção do projeto, a deficiência de conteúdo explicativo sobre os cálculos de dimensionamento da estrutura, inadequação dos materiais a ser utilizado, erros na execução e no dimensionamento. É de suma importância a avaliação de acordo com a agressividade do ambiente onde vai ser feita minha estrutura, pois são exemplos de falha de conduta e profissionalismo que acabam gerando diversos problemas patológicos futuros. Todas estas implicações acontecem na fase da concepção do projeto e também em conjunto com capacidade de tráfego, seja ele de veículos ou de pessoas que transitam sobre a ponte. daí a importância desta fase do processo relacionada com o não surgimento de patologias (PINA, 2013).

As infiltrações resultam de falhas nas instalações hidráulicas, causando defeitos na obra. Por outro lado, a carbonatação é causada pela corrosão das armaduras de aço devido a agentes químicos. O deslocamento no revestimento ocorre devido a escolhas inadequadas de produtos, como aplicação imprópria de argamassa, excesso de umidade ou juntas de assentamento. Fissuras, trincas e rachaduras são aberturas nas estruturas, com diferenças em tamanho e durabilidade (ANTUNES, 2013).

Souza e Ripper (2009) relata que os custos para recuperar uma estrutura com danos decorrentes de falhas na fase de concepção de projeto estão ligados diretamente as falhas antigas que estão recorrentes, quanto mais antiga é a falha, mais difícil e complicado será as medidas cabíveis para correção das patologias e danificações, com isso se é necessário obter manutenções.

As obras de artes especiais estão sujeitas a todo tipo de patologia pelo fato de estar exposta a várias intempéries e pela falta de manutenção preventiva ao longo de sua vida útil, existem alguns requisitos para um bom funcionamento de uma ponte. São eles a estética, segurança, economia e durabilidade, (segundo Marchetti 2018). Esses requisitos são essenciais para um bom funcionamento de uma ponte.

Entende por manutenção, os procedimentos que são necessários para poder garantir o desempenho satisfatório da minha estrutura ao longo dos anos, tendo em vista, quais são as rotinas de uso e que possuem o objetivo de proporcionar, à estrutura, um maior tempo de vida útil. (SARTORTI, 2008)

Na maior parte dos casos, a manutenção de pontes e viadutos não é feito pelo fato do custo ser elevado e por não acharem útil fazer a recuperação em um estado que ainda não afete tanto a ponte em relação estrutural. Sendo assim, com o passar dos anos a tendência natural é de aumentar a deterioração das estruturas e ocasionar ainda mais o surgimento de patologias pelo fato de não obter a manutenção.

(Segundo AGUIAR, J. E. 2016), deve começar a recuperação estrutural deve se analisar todos os métodos utilizando a metodologia de diagnostico de patologias, sabendo quais as prováveis causas e métodos resolutivos, sendo o primeiro passo a se fazer é realizar as inspeções preliminares para avaliar as patologias encontradas e o quantitativo de fissuras que a estrutura obtém, em até outros casos possa utilizar métodos de diferentes como corpo de prova para avaliar as características mecânicas do concreto com a aplicação de fenolftaleína que atesta o PH do concreto, e dentre outros possíveis testes de avaliação.

Ao realizar a recuperação ou reforço estrutural, é necessário seguir os todos os passos necessários de requisitos que satisfaçam os serviços de qualidade, para que a obra consiga ser bem estruturada, com sua funcionalidade boa. (Segundo Canovás 1988), em relação ao prestígio nacional, internacional e também do ponto de vista econômico, a qualidade tem um rendimento satisfatório tanto em curto prazo, como a longo prazo.

Na maior parte dos casos, a manutenção de pontes e viadutos é desprezada, sob a alegação dos elevados custos. Sendo assim, com a tendência natural de deterioração das estruturas, a falta de manutenção acelera o surgimento de patologias.

O tabuleiro de uma ponte é o elemento principal que recebe a circulação do tráfego da rodovia e dos pedestres que recebe ações constantes de agentes externos do ambiente. Após o tempo de uso constante do tráfego esse tabuleiro ele sofre danificações, e essas danificações ao decorrer do tempo acarretara de recuperação estrutural. No Brasil são usualmente adotados dois tipos de reforço para os tabuleiros de pontes antigas. Um deles é o método de concreto armado convencional e concreto projetado para reforçar as longarinas, transversinas e lajes com o aumento das seções transversais desses elementos e com a incorporação de novas armaduras passivas.

### 2.3 Comparações da recuperação com a ponte Motocolombó.

A ponte Motocolombó que liga a Zona Sul e o Centro, conectando os bairros da Imbiribeira e de Afogados, recentemente foi finalizada a sua recuperação estrutural em suas longarinas e transversinas e nos aparelhos de apoio, realizando também a renovação de seu passeio, além da restauração e pintura do guarda corpo. Um trabalho realizado para durar décadas, utilizando as técnicas de concreto projetado, onde tiver a maior necessidade de proteção, e grauteamento, que é o ato de aplicar um microconcreto fluido para preencher cavidades e dar mais resistência às estruturas. A ponte 12 de setembro apresentou patologias similares a ponte Motocolombó (Andréa Rêgo

Barros/PCR, 2020). Com isso se é necessário realizar todo o diagnóstico das patologias existente na ponte 12 de setembro e realizar sua recuperação estrutural.

Tendo em vista sobre a recuperação estrutural em comparação com a ponte motocolombo e a antiga ponte giratória foi analisado patologias similares, pois análises feitas das patologias existentes foi percebido os desgastes em seus passeios, na faixa de rolamento, nas suas longarinas e transversinas e nos seus aparelhos de apoio, tendo em vista que a maioria dos agentes agressivos são da maresia que causa deterioração no aço expostos aos agentes agressivos que quando entra em contato com o aço causa corrosão e o deslocamento do concreto.

### **3. METODOLOGIA**

Esta pesquisa tem um caráter qualitativo, visando interpretar as informações coletadas. Com esse propósito, escolhemos adotar pela metodologia de estudo de caso, focando na compreensão aprofundada dos desafios estruturais da denominada antiga ponte giratória do Recife. O estudo visa analisar as causas das patologias estruturais, os métodos usados para neutralizar o fenômeno e identificar as melhores práticas de engenharia para sua restauração.

No primeiro estágio desta pesquisa, conduziremos uma revisão abrangente da literatura para definir os conceitos-chave relacionados à análise estrutural de pontes. Além disso, temos a intenção de examinar casos de sucesso de recuperações de pontes semelhantes à antiga ponte giratória, a fim de identificar as melhores práticas em engenharia estrutural de pontes. Isso fornecerá uma base sólida para a análise e restauração da ponte.

Além disso, exploraremos sobre o histórico da Ponte giratória para entender as razões que levaram à sua demolição e à construção da Ponte 12 de setembro. Também analisaremos o relatório de inspeção, diagnóstico,

ensaios e prognóstico da ponte em questão, visando compreender os impactos ambientais e estruturais para avaliar a extensão dos danos e as intervenções específicas para a ponte em Recife.

No desfecho deste estudo, a última fase da avaliação envolverá a análise das escolhas de materiais de construção, técnicas de reforço estrutural e estratégias de manutenção preventiva a serem aplicadas no caso em questão, levando em consideração as condições geográficas e ambientais locais e utilizando as normas brasileiras de acordo com suas respectivas recuperações a ser realizada, como a NBR 6118 (projeto de estrutura de concreto – procedimentos) e NBR 14931 Execução de estruturas de concreto – Procedimento.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

##### **4.1 Caracterização e dimensões da antiga ponte giratória.**

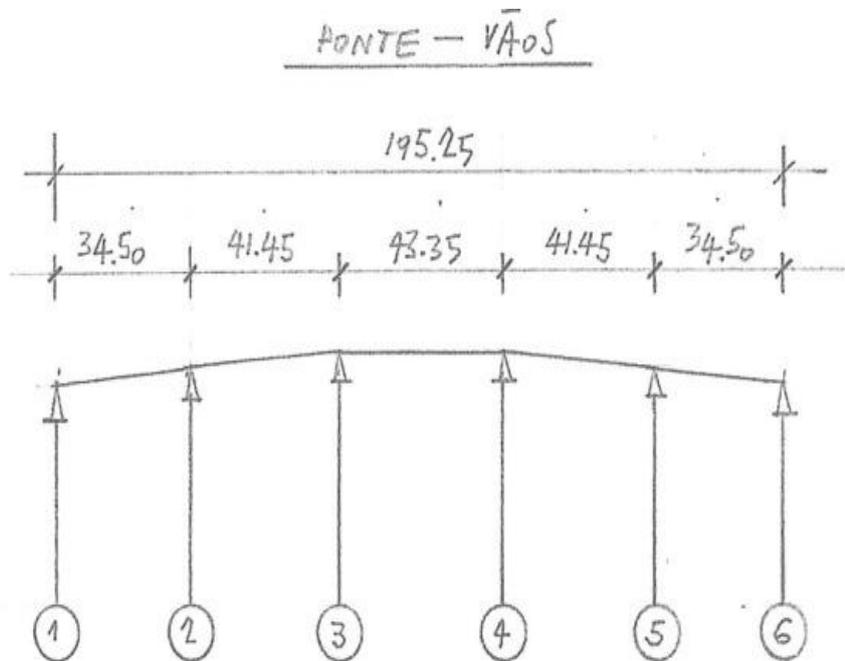
A ponte tem uma extensão total de 195,25m com cinco vãos, três deles centrais que medem 41,45m, 43,35m e 41,45m, e vãos de 34,50m nas extremidades. É formada por um tabuleiro único, contínuo, com seção transversal tipo caixão ao longo de toda a sua extensão, possui transversinas e altura variável em cada apoio. Transversalmente, a ponte tem uma largura total de 22m, ambos os lados contemplam um passeio de pedestres de 3m no lado norte e 2m no lado sul, duas faixas de rolamento em torno de 4,0m e guarda rodas de 0,23m em cada passeio, conforme mostra a figura 04, 05 e 06 abaixo.

Figura 04: Vista lateral esquerda da antiga ponte giratória.



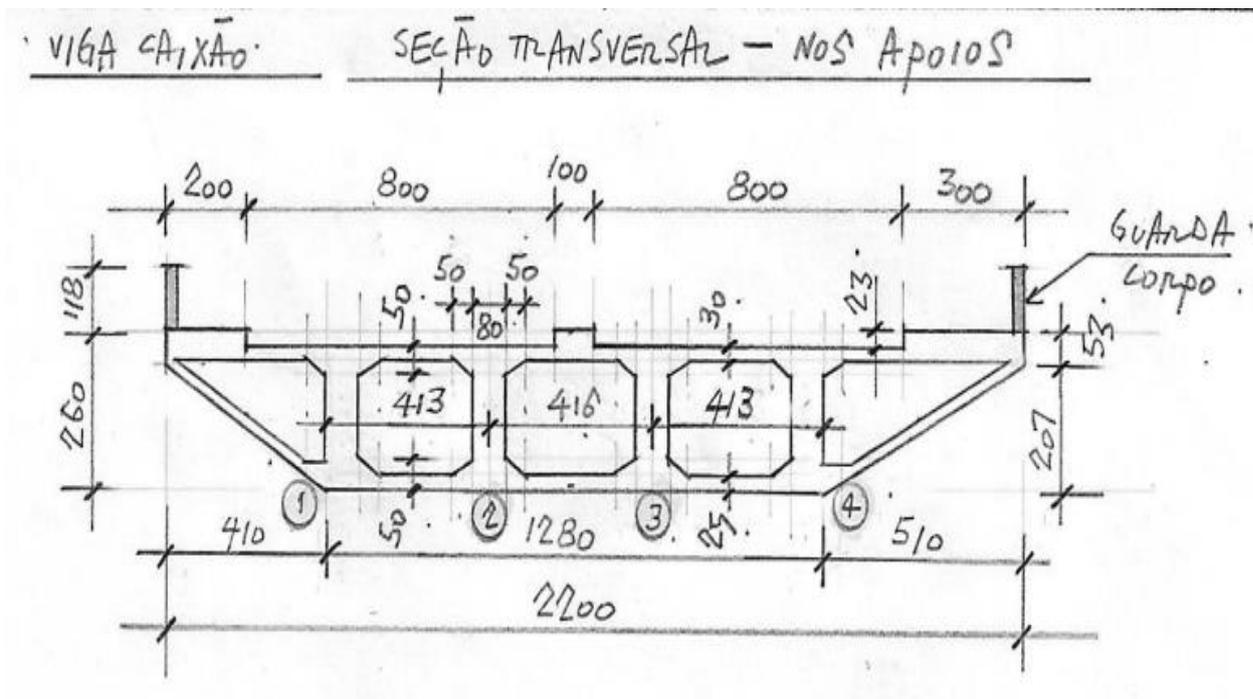
Fonte: Autores (2023)

Figura 05: Modelo estrutural da antiga ponte giratória.



Fonte: Autores (2023)

Figura 06: Seção transversal do tabuleiro caixa celular.



Fonte: EMLURB (2021)

## 4.2 Diagnostico

A recuperação estrutural de uma ponte é um processo crucial para restaurar a integridade e a funcionalidade e durabilidade, assim garantindo a segurança do tráfego. As estruturas que foram danificadas devido a eventuais problemas de infiltração, maresias, e agentes agressivos são fatores geram desgastes a estrutura.

Na figura 07, observa-se uma manifestação patológica bastante comum na construção civil: a corrosão da armadura. Estas manchas são um “aviso inicial” da estrutura, no que diz respeito à oxidação do aço dentro do concreto. Existem diversos motivos para que ocorra a deterioração do aço, dentre eles, a principal causa é a reação do mesmo com o oxigênio presente na atmosfera.

Figura 07: Manchas de corrosão ao longo da antiga ponte giratória.



Fonte: Autores (2023)

A corrosão da armadura do tabuleiro caixão celular é um problema comum em estruturas de concreto armado que pode comprometer significativamente a sua integridade. A armadura, geralmente feita de aço, está sujeita à corrosão devido à exposição a elementos como água e agentes químicos, que podem penetrar no concreto e atingir a armadura.

A presença de corrosão na armadura do tabuleiro caixão celular pode levar à deterioração do concreto, resultando em rachaduras, perda de aderência e redução da capacidade de suporte da estrutura. É crucial realizar manutenção e reparos adequados para prevenir a propagação da corrosão e garantir a durabilidade da estrutura.

Além da corrosão da armadura, o tabuleiro caixão celular também pode ser afetado pelo bolor, que é um tipo de fungo que cresce em ambientes úmidos e mal ventilados. O bolor pode se desenvolver em superfícies de concreto, principalmente em locais com acúmulo de umidade, como resultado de infiltrações ou vazamentos, conforme a figura 08.

Figura 08: Corrosão da armadura e bolor.



Fonte: Autores (2023)

O trecho do tabuleiro deteriorado e disperso com cobrimento insuficiente refere-se a uma condição de deterioração do concreto em uma estrutura, onde o revestimento protetor (cobrimento) sobre a armadura de aço está em condições precárias. Isso pode resultar em problemas de segurança e durabilidade da estrutura.

Quando o cobrimento sobre a armadura está deteriorado, pode ocorrer a exposição da armadura de aço aos elementos externos, como água, umidade e agentes químicos. Isso pode levar à corrosão da armadura, enfraquecendo a estrutura e aumentando o risco de colapso.

Além disso, a dispersão com cobrimento insuficiente pode levar a problemas de aderência entre o concreto e a armadura, reduzindo a capacidade estrutural e a resistência da estrutura. Portanto, a identificação e o reparo de trechos do tabuleiro com cobrimento insuficiente são essenciais para garantir a segurança e a integridade da estrutura.

Medidas corretivas, como reparo do concreto danificado, recuperação do cobrimento protetor e aplicação de revestimentos protetores adicionais, são necessárias para resolver esse problema e evitar danos futuros à estrutura.

Além disso, a implementação de práticas de manutenção preventiva é fundamental para preservar a durabilidade e a segurança da estrutura a longo prazo, conforme figura 09.

Figura 09: Trecho deteriorado disperso com cobertura insuficiente.



Fonte: Autores (2023)

O guarda-corpo com armadura exposta e deterioração avançada refere-se a condições precárias de segurança em estruturas de proteção, como varandas, escadas ou sacadas. Quando a armadura de suporte do guarda-corpo está exposta, significa que as barras de aço que fornecem resistência e suporte à estrutura estão visíveis devido à deterioração do concreto que as envolve, deixando-as expostas aos elementos e sujeitas à corrosão.

A deterioração avançada indica que a estrutura do guarda-corpo está em um estado altamente comprometido, podendo apresentar falhas estruturais significativas, o que aumenta drasticamente o risco de colapso. Guarda-corpos nessas condições representam um perigo iminente para a segurança das pessoas que frequentam ou vivem nas proximidades, além de comprometer a integridade da própria estrutura em que estão instalados. A reparação urgente é necessária para garantir a segurança e estabilidade da estrutura e prevenir acidentes graves, conforme figura 10.

Figura 10: Guarda corpo com armadura exposta e deterioração avançada.



Fonte: Autores (2023)

Aparelhos de apoio esmagados e danificados referem-se a danos sofridos por elementos estruturais responsáveis por suportar e distribuir as cargas da estrutura. Esses aparelhos são projetados para acomodar movimentos e deformações causadas por variações de temperatura, cargas estáticas e dinâmicas, como tráfego de veículos. Se os aparelhos de apoio estiverem danificados ou esmagados, sua capacidade de absorver essas deformações é comprometida, o que pode resultar em falhas estruturais e comprometimento da segurança da estrutura.

Já o trecho entre os aparelhos de apoio deteriorados se refere à região da estrutura compreendida entre dois ou mais aparelhos de apoio danificados ou enfraquecidos. Quando essa área da estrutura está comprometida, os movimentos e deformações causadas pelas cargas e variações ambientais podem não ser adequadamente absorvidos, aumentando o risco de danos e falhas estruturais, conforme figura 11.

Figura 11: Aparelho de apoio danificado e trecho deteriorado.

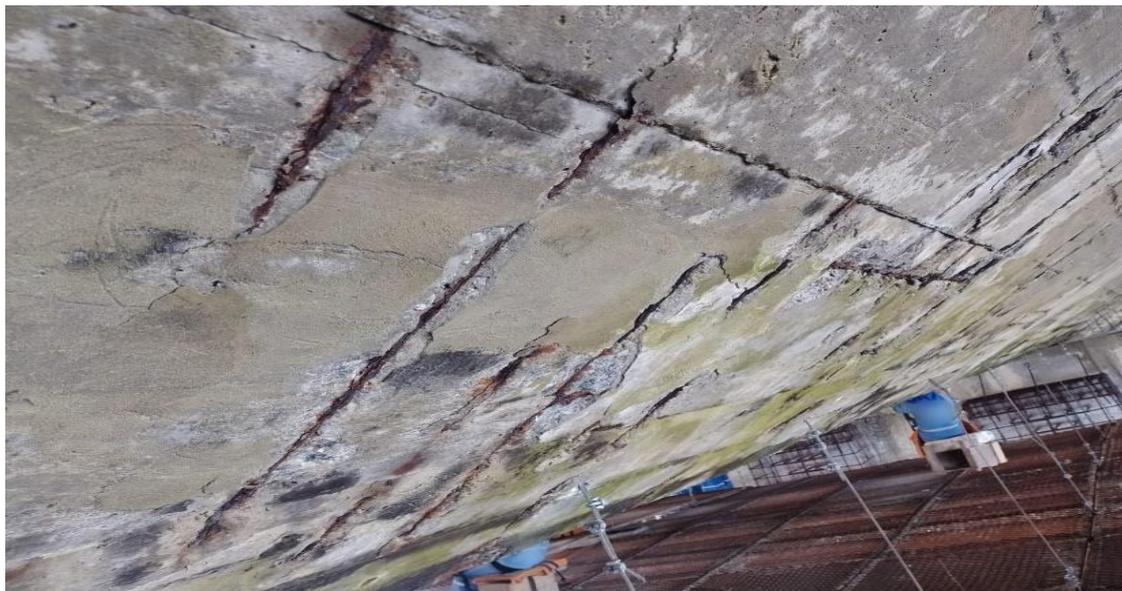


Fonte: Autores (2023)

A armadura exposta e deteriorada da corrosão do tabuleiro refere-se ao processo de deterioração do metal de reforço de concreto devido à exposição a ambientes corrosivos. Isso ocorre principalmente devido à exposição a agentes corrosivos, como água, sal, dióxido de carbono e produtos químicos, que podem penetrar no concreto e corroer a armadura de aço.

Como resultado, a armadura enfraquece e expande, causando rachaduras e danificando a estrutura do concreto. Isso pode levar a falhas estruturais e comprometimento da segurança da estrutura. Para prevenir a deterioração da armadura exposta, é importante realizar inspeções regulares, manutenção preventiva e aplicar revestimentos protetores para proteger o metal de reforço contra a corrosão.

Figura 12: Armadura exposta deteriorada da corrosão.



Fonte: Autores (2023)

#### 4.3 Recuperação e reforço.

A recuperação e reforço estrutural de uma ponte são fundamentais para garantir a segurança e prolongar sua vida útil. Com o tempo, as pontes podem sofrer desgaste, corrosão ou danos estruturais, o que pode comprometer sua estabilidade e capacidade de suportar cargas. A recuperação e reforço ajudam a fortalecer a estrutura, corrigir danos e garantir que a ponte continue a operar de forma segura. Este processo de recuperação é dividido em várias etapas para garantir uma abordagem sistemática e eficaz.

Aqui estão algumas das etapas fundamentais para a recuperação estrutural:

Tabela 01: Planilha de serviços

<b>RECUPERAÇÃO DO TABULEIRO</b>	
<b>TOPICOS</b>	<b>ETAPAS</b>
4.3.1	Apicoamento
4.3.2	Primer Anticorrosivo
4.3.3	Tela Soldada
4.3.4	Jateamento de Concreto
4.3.5	Acabamento
4.3.6	Pintura Impermeabilizante

Fonte: Autores (2023)

#### **4.3.1 Apicoamento**

Remove a camada superficial do concreto, pois é de grande importância para a preparação da superfície pois assim cria-se uma superfície mais rugosa e porosa, facilitando a aderência de revestimentos protetores ou de reforço, melhorando assim a eficácia desses materiais.

O apicoamento permite a eliminação dos danos, proporcionando uma base mais sólida para reparos ou para a aplicação de novos materiais. Auxilia na aderência e proporciona uma exposição da condição do concreto subjacente, permitindo uma avaliação mais precisa de danos ou problemas estruturais, conforme a figura 13.

Figura 13: Apicoamento da camada superficial.



Autores (2023)

#### **4.3.2 Primer anticorrosivo**

O primer anticorrosivo é essencial ao aplicar ferragens expostas, pois funciona como uma camada protetora, evitando a corrosão ao criar uma barreira entre o metal e o ambiente. Isso ajuda a prolongar a durabilidade das ferragens ao preservar sua integridade contra a ação de agentes oxidantes e umidade, conforme a figura 14.

Figura 14: Aplicação de primer anticorrosivo



Autores (2023)

### **4.3.3 Tela soldada**

A tela é crucial para oferecer reforço estrutural, pois sua presença distribui forças, elevando a resistência e estabilidade da estrutura. Ao ser incorporada em materiais como concreto projetado, a tela previne fissuras e amplia a capacidade de suportar cargas, assegurando uma estrutura mais durável e robusta, conforme a figura 15.

Figura 15: Aplicação de tela soldada



Autores (2023)

#### **4.3.4 Jateamento de concreto**

O jateamento de concreto é a quarta etapa após a aplicação da tela soldada, é uma técnica utilizada para reforçar estruturas de concreto. Consiste em aplicar o concreto a alta velocidade sobre a superfície preparada com uma malha metálica, criando uma aderência melhorada e reforçando a estrutura contra fissuras e desgaste, conforme a figura 16.

Conforme a figura 09, houve falta de cobertura suficiente, nesta etapa foi estabelecido 8 cm de espessura para reforçar a estrutura, conforme a tabela de planilha de serviços – quantitativos.

Figura 16: Jateamento de concreto.



Autores (2023)

#### **4.3.5 Acabamento**

O acabamento após o jateamento de concreto é crucial por várias razões. Ele ajuda a nivelar a superfície, proporciona uma textura desejada, melhora a estética e pode até mesmo influenciar na durabilidade e na

resistência da estrutura. Um bom acabamento garante uma superfície mais uniforme, reduz a porosidade e pode até ajudar na proteção contra agentes externos, como a água e o desgaste do tempo, conforme a figura 17.

Figura 17: Acabamento no jateamento do concreto para diminuir a porosidade.



Autores (2023)

#### **4.3.6 Pintura impermeabilizante**

Aplicando a pintura impermeabilizante após o acabamento do concreto oferece proteção adicional à estrutura, pois este produto ajuda a reduzir a permeabilidade do concreto, prevenindo a entrada de umidade, evitando a

corrosão de armaduras metálicas, protegendo contra substâncias químicas e prolongando a vida útil da estrutura. Além disso, a pintura impermeabilizante também pode melhorar a estética e facilitar a manutenção, conforme figura 18.

Figura 18: Aplicação de pintura impermeabilizante



Autores (2023)

#### ***4.3.7 A importância dos consoles e sua construção.***

Os consoles são fundamentais na troca do aparelho de apoio da ponte, pois fornecem suporte temporário à estrutura durante o processo, pois se

coloca um macaco hidráulico para suspender a ponte e fazer a troca do Neoprene danificado, conforme a figura 11.

Eles garantem a estabilidade da ponte e permitem a remoção segura e a substituição dos aparelhos de apoio, essenciais para a distribuição adequada de cargas e absorção de movimentos da estrutura. Os consoles desempenham um papel crucial ao assegurar a segurança durante a manutenção ou substituição dos aparelhos de apoio, evitando danos estruturais e garantindo a funcionalidade da ponte, conforme na figura 19.

Figura 19: Consoles.



Fonte: Autores (2023)

#### **4.3.7.1 Construção dos consoles.**

O processo de construção de um console se inicia com uma etapa crucial: a perfuração dos furos no pilar parede, conforme a figura 20. Para realizar esse procedimento, são utilizadas furadeiras equipadas com brocas específicas e projetadas para essa finalidade, as quais garantem a precisão e o diâmetro correto dos furos, conforme indicado nas especificações do projeto, situado na tabela de materiais utilizados na recuperação estrutural, conforme a tabela 01. A escolha do diâmetro e da profundidade dos furos é fundamental para a correta instalação e fixação dos elementos estruturais que compõem o console.

Figura 20: Furos no pilar parede com furadeira.



Fonte: Autores (2023)

Esses furos são cuidadosamente posicionados de acordo com o projeto estrutural, levando em consideração a distribuição de cargas e a estabilidade necessária. Após a conclusão dessa etapa, segue-se para o preenchimento do espaço entre os furos com resina epóxi, para fixar as bitolas, conforme a figura 21. A resina proporciona uma aderência superior, garantindo uma fixação sólida e duradoura das bitolas que compõem o console. São cuidadosamente colocadas nos furos previamente perfurados e preenchidos com resina.

Figura 21: Fixação de bitolas com resina epóxi.



Fonte: Autores (2023)

A armadura de aço é o próximo passo. A disposição e o posicionamento estratégico dessas armaduras são fundamentais para conferir resistência e estabilidade ao console, conforme figura 22.

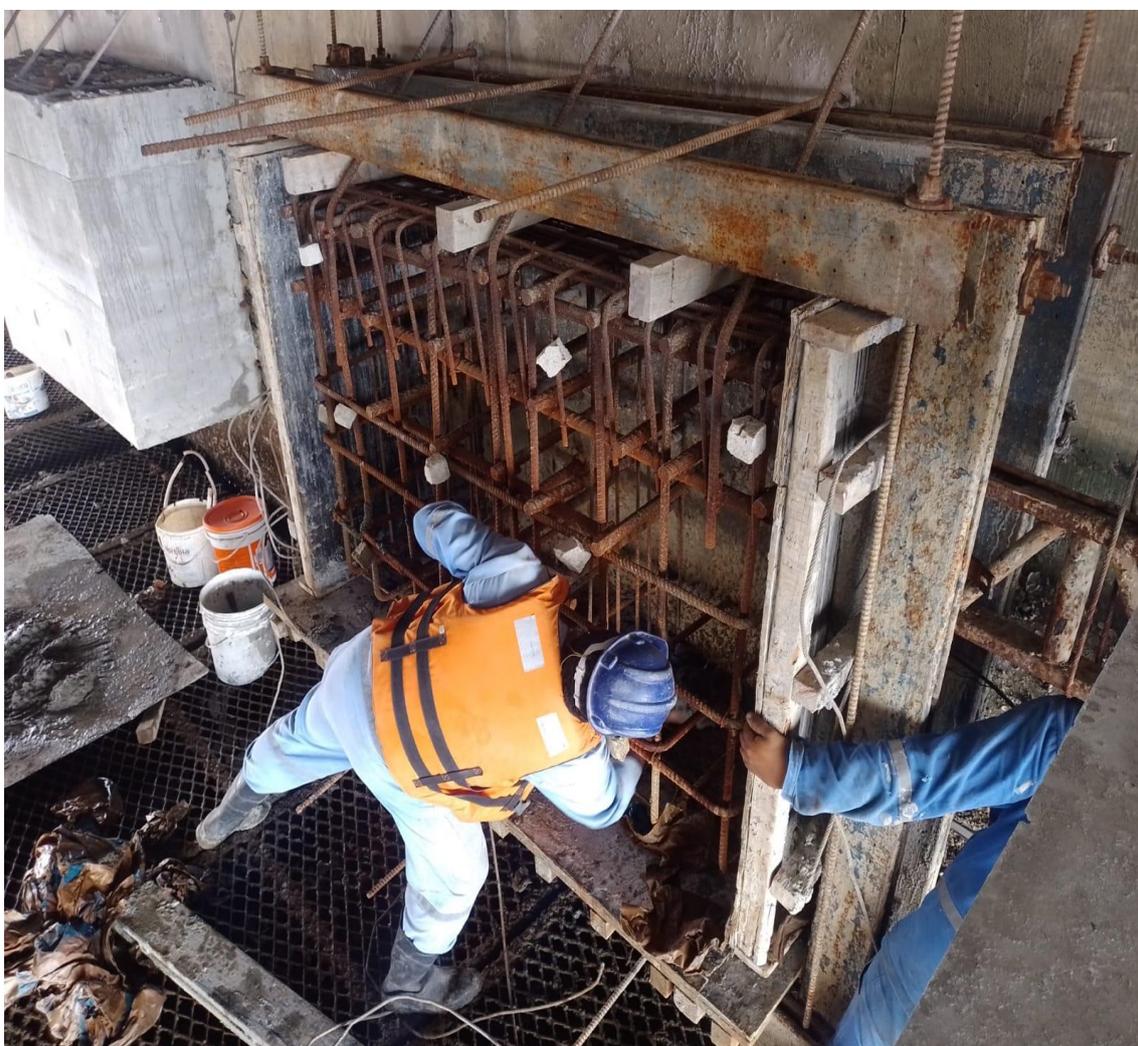
Figura 22: Armadura de aço dos consoles.



Fonte: Autores (2023)

Posteriormente, uma forma é cuidadosamente instalada ao redor das armaduras de aço, conforme a figura 23. Essa forma tem como função conter o graute, um material cimentício fluido, durante o processo de preenchimento, conforme figura 24. O graute é encaminhado através de tubos até chegar na forma, onde contem espaços entre as armaduras e a forma, preenchendo completamente o interior do console, conforme a figura 25. Esse procedimento assegura uma conexão sólida e segura entre o pilar parede e o console, essencial para suportar as cargas previstas.

Figura 23: Forma em toda a armadura.



Fonte: Autores (2023)

Figura 24: Despejando o graute.



Fonte: Autores (2023)

Figura 25: Graute encaminhado através de tubos.



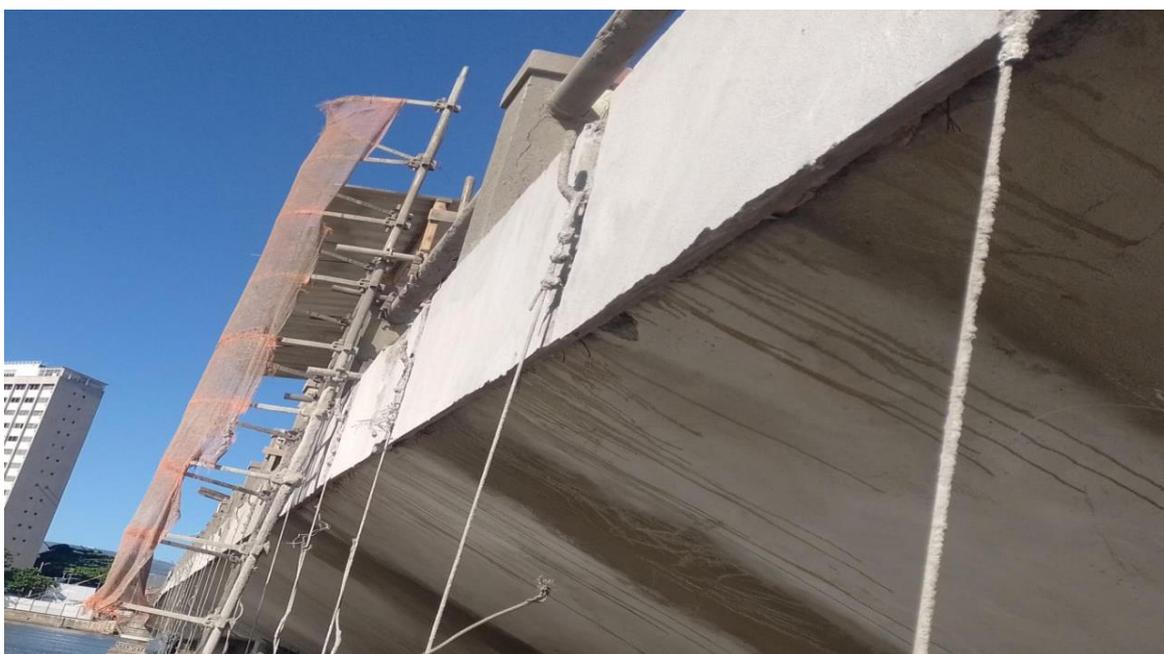
Fonte: Autores (2023)

Por fim, após a conclusão do preenchimento com graute, é necessário aguardar o tempo de cura determinado pelo fabricante do material. Esse período é crucial para que o graute atinja a resistência adequada, garantindo assim a estabilidade e a segurança do console para suportar as demandas estruturais impostas ao longo de sua vida útil, conforme a figura 19.

#### **4.3.8 A importância das pingadeiras.**

As pingadeiras desempenham um papel crucial ao proteger a estrutura da ponte contra os efeitos danosos da água da chuva. Essa ponte se encontra duas pingadeiras laterais ao longo de todo o tabuleiro, sua presença é fundamental para direcionar eficientemente a água até ao rio Capibaribe, evitando que ela se acumule na estrutura da ponte, conforme figura 26. Isso reduz o risco de danos causados pela umidade, como corrosão e deterioração, aumentando assim a durabilidade e a vida útil da ponte.

Figura 26: Pingadeiras para escoar a água.



Fonte: Autores (2023)

## 5. TABELA DE MATERIAIS UTILIZADOS NA RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DA ANTIGA PONTE GIRATÓRIA.

Tabela 02: Planilha de serviços

<b>PLANILHA DE SERVIÇOS - QUANTITATIVOS</b>			
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UND</b>	<b>QUANT.</b>
<b>1.</b>	<b>INFRAESTRUTURA</b>		
<b>1.1</b>	Apicoamento/escovamento na superfície comum entre os blocos/vigas e os consolos inferiores e superiores.	m <sup>2</sup>	114
<b>1.2</b>	Furo com broca $\varphi= 45.0$ mm no concreto existente	m	522
<b>1.3</b>	Furo com broca $\varphi= 40.0$ mm no concreto existente.	m	126
<b>1.4</b>	Furo com broca $\varphi= 32.0$ mm no concreto existente.	m	239
<b>1.5</b>	Furo com broca $\varphi= 25.0$ mm no concreto existente.	m	56
<b>1.6</b>	Aço CA-50 (ferro cortado, dobrado e colocado na forma).	Kgf	16.682
<b>1.7</b>	Ancoragem de barras $\varphi= 32.0$ mm, aço CA-50, com resina à base de epóxi.	Kgf	1.495
<b>1.8</b>	Ancoragem de barras $\varphi= 25.0$ mm, aço CA-50, com resina à base de epóxi.	Kgf	285
<b>1.9</b>	Ancoragem de barras $\varphi= 20.0$ mm, aço CA-50, com resina à base de epóxi.	Kgf	346
<b>1.10</b>	Ancoragem de barras $\varphi= 16.0$ mm, aço CA-50, com resina à base de epóxi.	Kgf	49
<b>1.11</b>	Forma de chapa compensada resinada espessura de 12 mm.	m <sup>2</sup>	267
<b>1.12</b>	Concreto estrutural $\geq C40$ ( $f_{ck} \geq 40$ Mpa).	m <sup>3</sup>	77
<b>1.13</b>	Lábios poliméricos mais selante Jeene JJ1015FW nos locais das fissuras verticais laterais entre os blocos e as cintas, nos apoios internos.	m	115

Fonte: EMLURB (2021)

Tabela 03: Planilha de serviços

<b>PLANILHA DE SERVIÇOS - QUANTITATIVOS</b>			
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UND</b>	<b>QUANT.</b>
<b>2.</b>	<b>MESOESTRUTURA</b>		
<b>2.1</b>	Aluguel de macacos QF320-200 para carga máxima 212 tf.	und	16
<b>2.2</b>	Aluguel de macacos QF800-200 para carga máxima 666 tf.	und	32
<b>2.3</b>	Aparelho de apoio tipo elastomérico fretado - Neoprene.	dm <sup>3</sup>	2.131
<b>3.</b>	<b>SUPERESTRUTURA</b>		
<b>3.1</b>	Lixamento elétrico ou manual das armaduras corroídas existentes em escovas circular e proteção das mesmas, por ação de cloretos, com tinta de alto teor de zinco.	m	26.297
<b>3.2</b>	Apicoamento/escovamento da superfície geral do fundo do tabuleiro.	m <sup>2</sup>	4.383
<b>3.3</b>	Furo com broca $\varphi = 16.0$ mm no concreto existente no fundo do tabuleiro.	m	3.685
<b>3.4</b>	Aço CA-50 (ferro cortado, dobrado e posicionado).	kgf	4.012
<b>3.5</b>	Ancaragem de barras $\varphi = 10.0$ mm, aço CA-50, com resina à base de epoxi.	kgf	1.333
<b>3.6</b>	Posicionamento da tela soldada Q335, aço CA-600, no fundo do tabuleiro.	kgf	28.243
<b>3.7</b>	Concreto estrutural JATEADO $\geq C40$ ( $f_{ck} \geq 40$ Mpa), com espessura de 8 cm.	m <sup>3</sup>	351

Fonte: EMLURB (2021)

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao analisar as patologias encontradas, vimos que se faz necessário realizar as devidas manutenções nas pontes anualmente, pois esses reparos vão gerar uma garantia de segurança e conseqüentemente um tempo de vida útil maior da sua estrutura.

Com base nos estudos feitos e visto in loco, vimos que se faz necessário realizar um plano diretor de manutenções preventivas das pontes, por tanto, levando em consideração se faz a necessidade do reforço e da recuperação estrutural, dado que a estrutura se encontra exposta à maresia, fato que intensifica o processo de corrosão da armadura e deslocamento do concreto.

Contudo, para se garantir uma boa resistência a sua estrutura contra os tipos de corrosão, se faz necessário realizar manutenções, tendo em vista de utilização de técnicas de combate a maresia que causa deslocamento e as corrosões das armaduras expostas utilizando um novo reforço estrutural e tratamento da corrosão com produtos à base de zinco, a escarificação e colocação novas grades de aço que possibilitem o jateamento de concreto com o objetivo de sanar os problemas de rachaduras e oxidação.

## REFERÊNCIAS

- PONTE GIRATORIA DO RECIFE, DA INOVAÇÃO AO ABANDONO**, Recife-PE, 07 março de 2023.  
Disponível em: <https://jornaldigital.recife.br/2023/03/07/ponte-giratoria-do-recife-da-inovacao-ao-abandono>.
- Barbosa, Virginia. **Ponte giratória, 29 novembro de 2005** Disponível em: [http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar./index.php?option=com\\_content&view=article&id=597&Itemid=182](http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar./index.php?option=com_content&view=article&id=597&Itemid=182).
- VINICIUS, Marcos. **Obras de artes especiais**. Recife-PE, 08 agosto de 2023.  
Disponível em: <https://ctcinfra.com.br/obras-de-arte-especiais>.
- PTC Mendes, MLT Moreira, PM Pimenta. **IBRACON Estruturas e Materiais**, Revista. 3 junho de 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952012000300008>.
- HUGO, Victor. **PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: INVESTIGAÇÃO EM MARQUISES NA CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG**. Disponível em: [PatologiasConstruçãoCivil.pdf \(ufu.br\)](#), Acesso em: 18 outubro 2023.
- RESENDE, Guilherme Andrade. Artigo - **RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO - Manutenção e recuperação**. Disponível em: <https://nppg.org.br/patorreb/files/artigos/79329.pdf>. Acesso em 18 outubro 2023.
- BARBOSA, Emanuel; OHANNA Heloisa, ANDREY Jefesson. **PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Artigo científico**. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/25486/1/ARTIGO%20CIENTIFICO%20DE%20ENGENHARIA%20CIVIL.pdf>. Acesso em 18 outubro 2023.
- LOPES, Karine Rodrigues; COELHO, Mariana Aparecida; SAMPAIO, Nathalia Barros; NORIEGA, Carlos. **PATOLOGIAS ESTRUTURAS: ESTUDO DA PONTE PRESIDENTE JÂNIO QUADROS**. 27 novembro 2022 - Disponível em: <https://revistaft.com.br/patologias-estruturais-estudo-da-ponte-presidente-janio-quadros/>.
- MASCARENHAS, Fernando Júnior Resende; CORTEZÃO Alexandre Wilson Soares; JÚNIOR Antônio Pires Azevedo; ANDRADE Bruna Dias; OLIVEIRA Laire Fonseca; VIANA Paola Santos. **Patologias e inspeção de pontes em concreto armado: Estudo de caso da ponte Governador Magalhães Pinto**. ENGEVISTA, V. 21, n.2, p.288-302, maio 2019.
- REIS, Lília Silveira Nogueira. **RECUPERAÇÃO E REFORÇO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**. Acesso em 19 outubro 2023.  
Disponível em: <https://pos.dees.ufmg.br/defesas/82M.PDF>.

**PREFEITURA DO RECIFE - Prefeitura do Recife conclui obra de recuperação da Ponte Motocolombó, INFRAESTRUTURA, 30 NOVEMBRO 2020.**

Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/30/11/2020/prefeitura-do-recife-conclui-obra-de-recuperacao-da-ponte-motocolombo>.

**PREFEITURA DO RECIFE – Inovação e Urbanização, Prefeitura do Recife realiza recuperação da ponte giratória, 29 junho de 2022.** Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/29/06/2022/prefeitura-do-recife-realiza-recuperacao-da-ponte-giratoria>.