

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA  
CAMPUS CAJAZEIRAS

MONIQUE PEREIRA BATISTA

**HISTÓRICO DA OBRA DE AMPLIAÇÃO DA PONTE SOBRE O RIO PIRANHAS,  
RODOVIA PB – 366, LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE  
PIRANHAS, PARAÍBA**

Cajazeiras-PB  
2022

MONIQUE PEREIRA BATISTA

**HISTÓRICO DA OBRA DE AMPLIAÇÃO DA PONTE SOBRE O RIO PIRANHAS,  
RODOVIA PB – 366, LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE PIRANHAS,  
PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. Daniel Torres Filho.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B333h Batista, Monique Pereira

Histórico da obra de ampliação da ponte sobre o Rio Piranhas, Rodovia PB – 366, localizada no município de São José de Piranhas, Paraíba/Monique Pereira Batista.– Cajazeiras/PB: IFPB, 2022.

49f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Civil - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, Campus Cajazeiras. Cajazeiras, 2022.

Orientador(a): Prof. Daniel Torres Filho.

1. Pontes – Concreto armado 2. Pontes – Alargamento 3. Pontes – Normatização  
4. Engenharia Civil - Pontes I. Batista, Monique Pereira II. Título

CDU: 624.21


MONIQUE PEREIRA BATISTA

**HISTÓRICO DA OBRA DE AMPLIAÇÃO DA PONTE SOBRE O RIO PIRANHAS,  
RODOVIA PB – 366, LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE  
PIRANHAS, PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso de Bacharelado em  
Engenharia Civil do Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,  
*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos  
para a obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

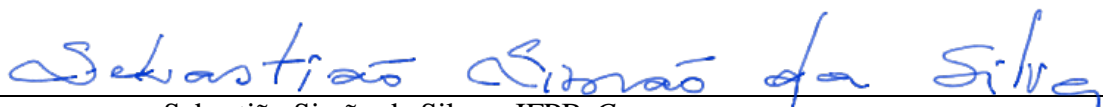
Aprovado em 14 de Março de 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 DANIEL TORRES FILHO  
Data: 30/03/2022 09:26:27-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Daniel Torres Filho – IFPB-*Campus* Cajazeiras  
Orientador



---

Sebastião Simão da Silva – IFPB-*Campus*  
Cajazeiras Examinador 1



---

Bruno de Medeiros Souza – IFPB-*Campus* Cajazeiras  
Examinador 2

Dedico este trabalho a Deus, a minha família,  
aos meus professores e amigos, por todo apoio  
e incentivo ao longo dessa trajetória.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder a essa oportunidade, por me proteger a cada dia e por me guiar, agradeço por me dar paciência e sabedoria para chegar até aqui.

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe Ivonete, por sempre me escutar nas horas difíceis, por me consolar quando eu mais precisava, agradeço a ela por todo apoio e por nunca me abandonar. Agradeço ao meu pai Reginaldo, por me dar apoio emocional financeiro. Agradeço ao meu irmão, Ramon, que torceu por mim e que sempre esteve presente.

Agradeço aos meus colegas, em particular a Júlio César, Jeferson e Thiago, por serem os amigos que fiz ao longo do curso, e a Caio César, que além de ser meu irmão, foi um companheiro de sala de aula. Agradeço a todos pelo companheirismo e paciência.

Agradeço ao Instituto Federal da Paraíba, IFPB, *Campus* Cajazeiras, por toda oportunidade e pela possibilidade de realização de trabalhos e monitorias ao longo desses anos. Agradeço também, a todos aos meus professores, em especial ao meu orientador do Trabalho de Conclusão de Curso, Daniel Torres Filhos e a Gastão Coelho de Aquino Filho, por me ajudar em várias situações durante esse trabalho.

Agradeço a todos aqueles que nunca me negaram uma carona ao IFPB, em particular a Giliardo Lins, que trabalha no Campus e que mora na minha cidade, sempre me ajudando quando eu precisava ir para casa.

Enfim, agradeço a todos aqueles de que algum modo torceu e contribuiu para que esse trabalho fosse possível, para que eu alcançasse o tão esperado sonho de me formar.

A todos, meus agradecimentos!

## RESUMO

O presente trabalho trata de um estudo de caso que descreve o histórico de ampliação da ponte sobre o Rio Piranhas, localizada no município de São José de Piranhas – Paraíba, na rodovia PB-366. Esse trabalho propõe uma avaliação das características geométricas da ponte antes da ampliação e da ponte ampliada, distinguindo o método utilizado para a sua ampliação, relatando o desenvolvimento e solução adotada para a execução da obra, além de , apresentar a situação atual da ponte. Dessa forma, foram feitos estudos em trabalhos científicos, contextualizando a evolução das características geométricas e de dimensionamento, como também, realizou-se levantamentos geométricos e fotográficos (por meio de *drone*) da ponte, além de pesquisas em sites da região e no projeto que serviu como base para a ampliação da ponte, fornecido pelo o DER - Departamento de Estradas de Rodagem. Os resultados obtidos mostram diversos problemas na concepção, planejamento e execução de projeto, bem como, inúmeros problemas patológicos e danos para a população.

**Palavras-chave:** Ponte em concreto armado; Alargamentos; Contexto histórico; Patologias.

## **ABSTRACT**

The present work deals with a case study that describes the history of the expansion of the bridge over the Rio Piranhas, located in the city of São José de Piranhas - Paraíba, on highway PB-366. This work proposes an evaluation of the geometric characteristics of the old bridge and the enlarged bridge, distinguishing the method used for its expansion, reporting the development and solution adopted for the execution of the work, even more, presenting the current situation of the bridge. In this way, studies were carried out in scientific works, contextualizing the evolution of geometric and sizing characteristics, as well as geometric and photographic surveys (using a drone) of the bridge, as well as research on sites in the region and on the project that served as an adaptation for the expansion of the bridge, provided by the DER - Department of Highways. The results obtained show several problems in the design, planning and execution of the project, as well as numerous pathological problems and damage to the population.

**Keywords:** Bridge in reinforced concrete; Flares; Historical context; Pathologies.



## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>                                   | <b>11</b> |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVOS</b>                                    | <b>13</b> |
| 2.1.     | OBJETIVO GERAL                                      | 13        |
| 2.2.     | OBJETIVOS ESPECÍFICOS                               | 13        |
| <b>3</b> | <b>REVISÃO LITERÁRIA</b>                            | <b>14</b> |
| 3.2.     | NORMARIZAÇÃO PARA CARGAS DE PONTES A PARTIR DE 1984 | 16        |
| 3.3.     | NORMATIZAÇÃO PARA CARGAS DE PONTES A PARTIR DE 2013 | 17        |
| 3.4.     | COMPARAÇÃO ENTRE AS PRESCRIÇÕES NORMATIVAS          | 19        |
| 3.5.     | ASPECTOS ESTRUTURAIS DAS PONTES                     | 20        |
| 3.6.     | MÉTODO DE ALARGAMENTO DE PONTES EM CONCRETO ARMADO  | 22        |
| 3.6.1.   | <i>Alargamento com concreto armado convencional</i> | 23        |
| 3.6.2.   | <i>Alargamento com protensão externa</i>            | 23        |
| 3.7.     | PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO             | 24        |
| 3.7.1.   | <i>Desagregação</i>                                 | 24        |
| 3.7.2.   | <i>Fissuras</i>                                     | 24        |
| 3.7.3.   | <i>Corrosão</i>                                     | 25        |
| 3.7.4.   | <i>Falhas em juntas de dilatação</i>                | 26        |
| 3.7.5.   | <i>Falhas nas instalações de drenagem</i>           | 27        |
| 3.7.6.   | <i>Falhas em aparelhos de apoio</i>                 | 27        |
| <b>4</b> | <b>METODOLOGIA</b>                                  | <b>28</b> |
| 4.1.     | MATERIAIS E MÉTODOS                                 | 29        |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>                      | <b>30</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA PONTE ANTES DA AMPLIAÇÃO .....   | 30        |
| 5.2. O PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA PONTE SOBRE O RIO PIRANHAS .....  | 31        |
| <b>SUMÁRIO</b>   |           |
| 5.2.1. <i>Adaptações feitas do projeto da ponte em Galante para a construção da ponte sobre Rio Piranhas</i> ..... | 33        |
| 5.3. EXECUÇÃO DO PROJETO DE AMPLIAÇÃO .....  | 34        |
| 5.4. ANÁLISE VISUAL DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA PONTE SOB O RIO PIRANHAS.....                                 | 38        |
| 5.4.1. <i>Falha na junta de dilatação</i> .....  | 38        |
| 5.4.2. <i>Falhas nas juntas de concretagem</i> .....   | 39        |
| 5.4.3. <i>Falha do cobrimento na armadura</i> .....  | 41        |
| 5.4.4. <i>Falha no sistema de drenagem</i> .....   | 42        |
| 5.4.5. <i>Falta de aparelho de apoio e falha na ligação da extremidade em balanço</i> .....                        | 43        |
| 5.4.6. <i>Fissuras, trincas e demais anomalias na ponte antiga</i> .....   | 43        |
| <b>6 CONCLUSÃO</b> .....   | <b>45</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | <b>46</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Com o decorrer dos tempos a engenharia sempre buscou soluções para os problemas, melhorando a capacidade produtiva, a socialização entre as pessoas, evoluindo ao longo dos anos. As pontes são exemplos dessas soluções, pois atravessam obstáculos, ligando um determinado local a outro, diminuindo as distâncias e integrando povos.

Um dos fatores que influencia de forma direta para o dimensionamento das pontes é o trem-tipo, sendo um conjunto de carregamentos vertical aplicado à estrutura na posição mais desfavorável. Segundo Mascarenhas e Chistofono (2020), os trens-tipo vêm mostrando características e composições diferentes conforme as evoluções normativas, formados por compressores e caminhões, representados por veículos-tipo e cargas de multidões.

As características para o dimensionamento das pontes brasileiras podem ser divididas em quatro fases distintas. No entanto, os dimensionamentos nos períodos de 1943 a 1960, era baseado na Norma Brasileira NB-6, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1943), que especificava a Carga Móvel em Pontes Rodoviárias, tendo em consideração os seguintes trens-tipo com: 60 kN, 70 kN, 90 kN, 160 kN e 240 kN, como também os efeitos de cargas de multidão com 4,5 kN/m<sup>2</sup>.

Entre os anos de 1960 e 1984 a NB-6 (ANBT, 1960) passa por uma atualização, especificando trens-tipo com magnitudes de 120 kN, 240 kN e 360 kN, e cargas multidão de 5 kN/m<sup>2</sup> e 3 kN/m<sup>2</sup>, especificações essas que vigoraram até o ano de 1984.

No intervalo entre os anos de 1984 a 2013, a NB-6 foi substituída pela a NBR 7188(ABNT, 1984), atentando para as seguintes mudanças nos trens-tipo, onde o veículo-tipo passa a ter 120 kN, 300 kN ou 450 kN e cargas de multidão de 5 kN/m<sup>2</sup> e 3 kN/m<sup>2</sup>.

Por fim, a partir de 2013 a NBR 7188 (ABNT, 2013) passa a contar com veículos-tipo com cargas de 240 kN e 450 kN, mantendo as mesmas cargas multidão.

Conforme explica Guimarães *et al* (2020), o histórico das seções transversais das pontes classifica-se também em quatro períodos. Até o ano de 1950, as pontes eram projetadas com uma largura no total de 8,30 m, consistindo de 7,20 m de pista de rolamento, dois guarda-rodas com 0,55 m (lado esquerdo e direito), assim como, dois guardas-corpos com dimensões de 0,15 x 0,60 m, em ambas extremidades.

Logo, entre os anos de 1960 a 1975, a seção transversal nesse intervalo de tempo, passou a ter uma largura no total de 10,00 m, com 8,20 metros de pista, dois guarda-rodas de 0,90 m e dois guarda-corpos de 0,15 x 0,90 m. No entanto, as pontes projetadas no intervalo de tempo de 1975 a 1984, considerou-se a presença de pistas com acostamentos parcial, com

uma largura total mínima de 10,80 m, sendo 10,00 m de pista de rolamento e duas barreiras de segurança utilizadas como separador de fluxos de tráfego, chamadas de Barreira New Jersey, com 40,0 cm de cada lado. Enfim, após o ano de 1985 até os dias atuais, as pontes passam a apresentar uma seção transversal com uma largura maior ou igual a 12,80 metros, assim sendo, 12,00 m de pista de rolamento, mantendo as mesmas dimensões da barreira *New Jersey*.

Com as mudanças nas características de dimensionamento e da seção transversal típica das pontes, houve a necessidade de ampliação das pontes existentes, dimensionadas seguindo as prescrições antigas, para adequar-se aos novos padrões de tráfego.

Uma ponte situada no município de São José de Piranhas, estado da Paraíba, que liga esse município ao município de Carrapateira, além das cidades de Serra Grande, Aguiar e Nazarezinho, foi projetada no ano de 1986. A movimentação de veículos nessa ponte se resumia ao tráfego em apenas um sentido, sendo necessário à espera de um veículo passar para que um outro pudesse atravessar o Rio Piranhas, gerando diversos transtorno para população e riscos de acidentes. Com isso, no ano de 2014 sentiu-se a necessidade da ampliação da ponte, de modo que, com o crescimento populacional das cidades da região e a cidade de Carrapateira que depende diretamente do município de São José de Piranhas, inclusive o meio de acesso à educação do nível médio e superior na cidade de Cajazeiras, houve um aumento na movimentação e tráfego de veículos pesados, motivos esses que levaram ao projeto de ampliação da referida ponte.

Essa obra de ampliação passou por diversos problemas, sendo eles:

- Falta de planejamento e concepção de projeto, sendo esse uma adaptação do projeto de uma outra ponte;
- Paralisação da obra por um longo período;
- Falta de verbas;
- Habilitação de empresas que não apresentavam capacidade de executar o serviço ( Radar Sertanejo, 2015).

Neste contexto, observou-se necessidade de apresentar sua história e as suas consequências, pois os problemas antes mencionados, resultou em um produto final com uma série de falhas que podem trazer sérias consequências para a vida útil dessa obra, além de prejuízos e a riscos para a segurança da população atendidas pela a ponte.

## 2 OBJETIVOS

Nesse capítulo delineamos os objetivos do presente Trabalho de Conclusão de Curso.

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Esse trabalho tem como objetivo principal apresentar o histórico da ampliação da ponte sobre o Rio Piranhas, localizada ao longo da Rodovia PB-366, no município de São José de Piranhas, Estado da Paraíba.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a exposição da solução adotada para a ampliação da ponte em estudo;
- Determinar os principais problemas construtivos ao longo da sua execução;
- Elencar os problemas patológicos apresentados pela ponte após sua execução.

### 3 REVISÃO LITERÁRIA

Com o aumento populacional e conseqüentemente, com o crescimento do volume do tráfego nas rodovias brasileiras, as normas técnicas relacionadas às pontes passaram por revisões significativas ao longo dos anos, visando manter as condições favoráveis do uso das pontes e com isso a segurança da população. De acordo com Silva *et al* (2014), a maioria das pontes já existentes no Brasil requer adequações conforme as mudanças normativas atuais, como na geometria ou na resistência.

Para entender melhor os mecanismos de ampliação e modernização é preciso entender alguns conceitos básicos.

#### 3.1. NORMATIZAÇÃO PARA CARGAS DE PONTES A PARTIR DE 1960

A norma NB-6 (ABNT, 1960) permaneceu em vigência por mais de 20 anos, em que são descritas as cargas móveis em pontes rodoviárias. Tais cargas são classificadas por classes: Classe 36, Classe 24 e Classe 12. No Quadro 1, são especificadas as cargas para a obtenção dos trens-tipo que se constituem de veículos e de cargas uniformemente distribuídas. A carga **p** é aplicada na faixa longitudinal ao veículo, e a carga **p'** é aplicada nos demais pontos da pista de rolamento e nos passeios (Figura 1). Os valores da carga distribuída variam conforme a classe da rodovia, de 300 kgf/m<sup>2</sup> a 500 kgf/m<sup>2</sup>, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Especificações das classes de pontes.

| Classe da Ponte | Veículo |                | Carga Uniformemente distribuída |                                 |  | Classe da Rodovia |
|-----------------|---------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|--|-------------------|
|                 | Tipo    | Peso Total (t) | <b>p</b> (kgf/m <sup>2</sup> )  | <b>p'</b> (kgf/m <sup>2</sup> ) | Disposição da Carga  |                   |
| 36              | 36      | 36             | 500                             | 300                             | Carga <b>p</b> à frente do veículo e atrás do veículo<br>Carga <b>p'</b> no restante da pista e passeios | Classe I          |
| 24              | 24      | 24             | 400                             | 300                             |  | Classe II         |
| 12              | 12      | 12             | 300                             | 300                             |  | Classe III        |

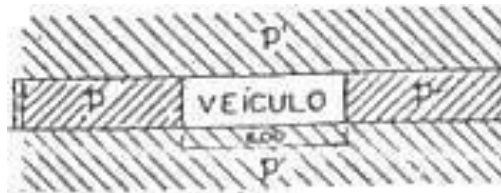
Fonte: NB-6 (ABNT, 1960).

Para as disposições das cargas, a norma NB-6 (ABNT, 1960) prescreve que o trem-tipo esteja sempre voltado na direção do tráfego e colocado no lugar mais desfavorável, e para o cálculo das longarinas, placas e transversinas, juntos às bordas do estrado é obrigatório encostar a roda ao guarda-roda.

No Quadro 2, tem-se as principais características dos veículos, conforme sua classe.

A área de projeção dos veículos é de seção retangular, com 3,0 m de largura e 6,0 m de comprimento. A Figura 2 mostra os veículos-tipo utilizados nas classes 36 e 24, bem como na Classe 12.

Figura 1 – Carga uniformemente distribuída  $p$  e  $p'$ .



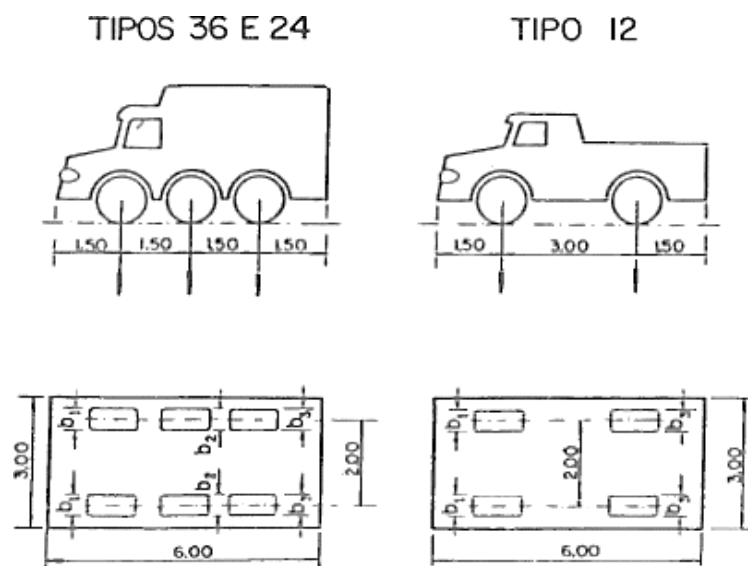
Fonte: NB-6 (ABNT, 1960).

Quadro 2 – Características dos veículos.

| Característica                                      | Unidade        | Tipo 36  | Tipo 24  | Tipo 12  |
|---|----------------|----------|----------|----------|
| Quantidade de eixos                                 | Eixo           | 3        | 3        | 2        |
| Peso total de veículo                               | tf             | 36       | 24       | 12       |
| Peso de cada roda dianteira                         | tf             | 6        | 4        | 2        |
| Peso de cada roda traseira                          | tf             | 6        | 4        | 4        |
| Peso de cada roda intermediária                     | tf             | 6        | 4        | -        |
| Largura de contato $b_1$ de cada roda dianteira     | m              | 0,45     | 0,35     | 0,20     |
| Largura de contato $b_3$ de cada roda traseira      | m              | 0,45     | 0,35     | 0,30     |
| Largura de contato $b_2$ de cada roda intermediária | m              | 0,45     | 0,35     | -        |
| Comprimento de cada roda                            | m              | 0,20     | 0,20     | 0,20     |
| Área de contato de cada roda                        | m <sup>2</sup> | 0,20 x b | 0,20 x b | 0,20 x b |
| Distância entre eixos                               | m              | 1,50     | 1,50     | 3,00     |
| Distância entre os centros de roda de cada eixo     | m              | 2,00     | 2,00     | 2,00     |

Fonte: NB-6 (ABNT, 1960).

Figura 2 – Veículos-tipo classes: 36, 24 e 12.



Fonte: NB-6 (ABNT, 1960)

### 3.2. NORMARIZAÇÃO PARA CARGAS DE PONTES A PARTIR DE 1984

Desde 1984, a utilização das cargas móveis para determinação do trem-tipo das pontes passou a ser realizado conforme a norma NBR 7188 (ABNT, 1984). A norma passa a apresentar uma diferença quanto à magnitude das cargas dos veículos tipo, resultando em três classes:

- Classe 45: tem como referência o veículo-tipo com 450 kN;
- Classe 30: tem como referência o veículo-tipo com 300 kN;
- Classe 12: tem como referência o veículo-tipo com 120 kN.

O Quadro 3 especifica as cargas dos veículos e as cargas uniformemente distribuídas para o desenvolvimento do projeto. A carga uniformemente distribuída  $p$  é aplicada em toda a pista de rolamento variando entre 400 kgf/m<sup>2</sup> e 500 kgf/m<sup>2</sup>, já a carga uniformemente distribuída  $p'$  passa a ser aplicada somente nos passeios, conforme a NBR 7188 (ABNT, 1984).

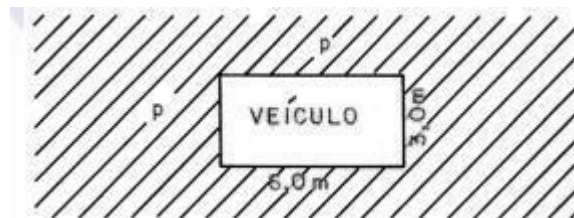
Quadro 3 – Características do veículo

| Classe da ponte | Veículo |                | Carga Uniformemente distribuída |                            |   |
|-----------------|---------|----------------|---------------------------------|----------------------------|---|
|                 | Tipo    | Peso Total (t) | $p$ (kgf/m <sup>2</sup> )       | $p'$ (kgf/m <sup>2</sup> ) | Disposição da Carga                               |
| 45              | 45      | 45             | 500                             | 300                        | Carga $p$ a toda pista<br>Carga $p'$ dos passeios |
| 30              | 30      | 30             | 500                             | 300                        |   |
| 12              | 12      | 12             | 400                             | 300                        |   |

Fonte: NBR 7188 (ABNT, 1984).

Na Figura 3 é apresentada a distribuição da carga  $p$  em planta.

Figura 3 – Carga uniformemente distribuída  $p$  e  $p'$ .



Fonte: NBR 7188 (ABNT, 1984).

O Quadro 4 é composto pelas principais características de veículos, conforme sua classe.



Quadro 4 – Características dos veículos.

| Características                                  | Unidade        | Tipo 45  | Tipo 30  | Tipo 12  |
|--|----------------|----------|----------|----------|
| Quantidade de eixos                              | Eixo           | 3        | 3        | 2        |
| Peso total de veículo                            | tf             | 45       | 30       | 12       |
| Peso de cada roda dianteira                      | tf             | 7,5      | 5        | 2        |
| Peso de cada roda traseira                       | tf             | 7,5      | 5        | 4        |
| Peso de cada roda intermediária                  | tf             | 7,5      | 5        | -        |
| Largura de contato b1 de cada roda dianteira     | m              | 0,50     | 0,40     | 0,20     |
| Largura de contato b3 de cada roda traseira      | m              | 0,50     | 0,40     | 0,30     |
| Largura de contato b2 de cada roda intermediária | m              | 0,50     | 0,40     | -        |
| Comprimento de cada roda                         | m              | 0,20     | 0,20     | 0,20     |
| Área de contato de cada roda                     | m <sup>2</sup> | 0,20 x b | 0,20 x b | 0,20 x b |
| Distância entre eixos                            | m              | 1,50     | 1,50     | 3,00     |
| Distância entre os centros de roda de cada eixo  | m              | 2,00     | 2,00     | 2,00     |

Fonte: NBR 7188 (ABNT, 1984).

### 3.3. NORMATIZAÇÃO PARA CARGAS DE PONTES A PARTIR DE 2013

A causa da revisão da norma NBR 7188 (ABNT, 2013) teve como ponto de partida a relevância das ações acidentais, assim como, o crescimento da movimentação de tráfego pesado que foram aumentando conforme os anos e anomalias verificadas em pontes e viadutos, como aponta Luchi (2006).

Logo, essa norma passou a considerar o veículo-tipo TB-450, com 450 kN de carga, e a carga de cada roda  $P = 75$  kN, composto por três eixos, com duas rodas cada, espaçados a cada 1,5 m. A carga de multidão  $p$  continua sendo igual a 5 kN/m<sup>2</sup>. A distribuição do carregamento é apresentada na Figura 4. Já para o veículo-tipo TB-240, sua carga é de 240 kN, com a mesma configuração que o veículo anterior, mudando apenas a carga de cada roda, que passa a ser de  $P = 40$  kN e com efeito de multidão  $p$  igual a 4 kN/m<sup>2</sup>.

Um estudo relevante de Luchi (2006), sobre a reavaliação do trem-tipo nas rodovias brasileiras, observou a necessidade de acostamentos em obras de artes especiais, em que, na concepção inicial do projeto de pontes, a carga é empregada em todos os trechos dos tabuleiros, no qual sua ação seja desfavorável para o efeito estudado, assim, com um espaço adicional, aumenta a margem de segurança. O trabalho de Luchi (2006) teve uma importância indispensável para a revisão da 7188 de 2013, já que a principal contribuição foi a elaboração de procedimentos organizados de simulação de passagens de veículos em pontes nas rodovias brasileiras.

A norma NBR 7187 (ABNT, 2003) descreve que as cargas móveis das pontes devem ser estudadas pela teoria das variedades dos efeitos dinâmicos das estruturas, que é aceitável

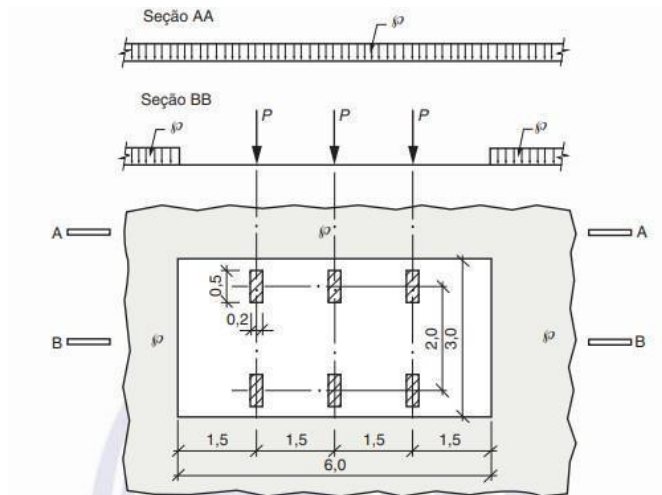
associar os efeitos das cargas móveis às cargas estáticas por meio do coeficiente de impacto ( $\Phi$ ), como mostra na Equação 1.

$$\Phi = 1,4 - 0,007 \times l \geq 1 \quad (1)$$

Onde:

$l$  é o comprimento de cada vão teórico do elemento carregado, qualquer que seja o sistema estrutural, em metros.

Figura 4 – Distribuições das cargas estáticas.



Fonte: NBR 7188 (ABNT, 2013).

Porém, com a revisão da norma NBR 7188 (ABNT, 2013), especifica-se que as majorações de esforços passaram a ser feitas pelo coeficiente de impacto através das Equações 2 e 3 apresentadas.

Cargas móveis:

$$Q = P \cdot CIV \cdot CNF \cdot CIA \quad (2)$$

$$q = p \cdot CIV \cdot CNF \cdot CIA \quad (3)$$

Onde:

$Q$  é a carga concentrada em uma roda do veículo e  $q$  é a carga distribuída, e os coeficientes são:

*Coefficiente de Impacto Vertical (CIV)*

Trata-se de um coeficiente que tem como função majorar as cargas para o dimensionamento de todos os elementos estruturais da ponte e assim, amplificar a ação da cargaestática.

Onde:

- Para estruturas com vãos menores que 10 m,  $CIV = 1,35$ ;
- Para estruturas com vãos entre 10 m e 200 m:

$$CIV = 1 + 1,06 \cdot \left( \frac{20}{Liv + 50} \right) \quad (4)$$

O valor de  $Liv$  é o vão em metros, de acordo com cada estrutura.

No caso de vãos contínuos, o valor de  $Liv$  para a ser a média aritmética dos vãos. Já nos casos de estruturas em balanço o vão  $Liv$  é o comprimento do próprio balanço.

#### *Coefficiente de Número de Faixas (CNF)*

Refere-se ao coeficiente do número de faixas do tabuleiro, em que as cargas móveis devem ser redefinidas conforme esse coeficiente NBR 7188 (ABNT, 2013).

$$CNF = 1 - 0,05 \cdot (n - 2) > 0,9 \quad (5)$$

Onde:

$n$  é o número de faixas de tráfego rodoviário que são carregados sobre um tabuleiro contínuo.

#### *Coefficiente de Impacto Adicional (CIA)*

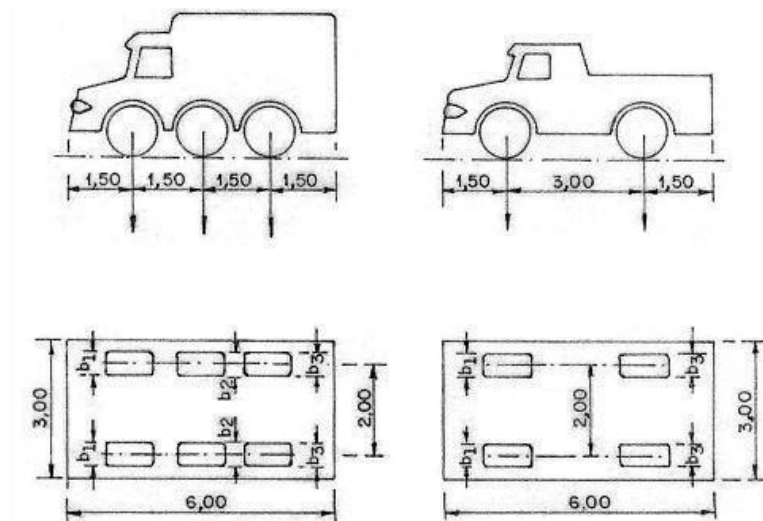
Aborda a majoração das cargas na região das juntas estruturais e extremidade da obra. Quaisquer setores que formam a estrutura a uma distância horizontal, normal à junta ou descontinuação estrutural devido as imperfeições, têm de ser majorado pelo coeficiente de impacto adicional. Para obras de concreto ou mistas esse coeficiente passa a valer 1,25, passou que para obras em aço esse coeficiente equivale a 1,15.

### 3.4. COMPARAÇÃO ENTRE AS PRESCRIÇÕES NORMATIVAS

Comparando a norma NBR 7188 (ABNT, 1984), com a norma NBR 7188 (ABNT, 2013), é possível perceber uma reclassificação das cargas, dispondo apenas de duas, mantendo a carga máxima de 450 kN para o veículo-tipo mais pesado. A Figura 5 mostra a configuração dos veículos propostos pela NBR 7188 (ABNT, 1984), onde os veículos de

classe 45 e 30 apresentam praticamente as mesmas características geométricas daqueles apresentados pela NBR 7188 (ABNT, 2013).

Figura 5 – Veículo-tipo Classes: 45, 30 e 12.



Fonte: NBR 7188 (ABNT, 1984).

Outra grande modificação da norma NBR 7188 (ABNT, 2013), foram os coeficientes de impactos verticais (equação 2 e 3) e um estudo relevante sobre o acréscimo dinâmico estruturais em vãos entre 10 a 200 m.

Como explicado, a largura do tabuleiro teve uma grande mudança, considerando o intervalo de tempo entre 1950 a 1960, onde a largura total era de 8,30 m, como também os guarda-corpo baixos, guarda-rodas ineficazes, ausências de pingadeiras, as transversinas ligadas à laje e pista com largura de duas faixas de tráfego. No entanto, após o ano de 1985, a largura total passou a ser de 12,80 m, assim como, a largura da pista com incorporação integral de acostamentos, acréscimos das barreiras *New Jersey* e com pingadeiras, as transversinas desligadas da laje e drenos.

### 3.5. ASPECTOS ESTRUTURAIS DAS PONTES

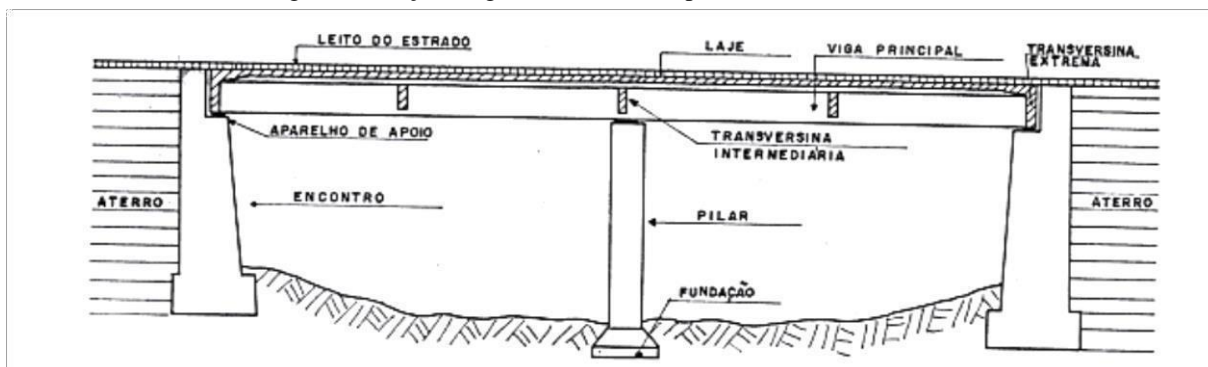
Conforme explica Marchetti (2018), as pontes são formadas por infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura. A infraestrutura é uma parte da ponte que tem como efeito transmitir para o terreno (rocha ou solo), os esforços recebidos da mesoestrutura. É formado por blocos de estacas, sapatas, tubulões, entre outros.

Já mesoestrutura é a parte da ponte formada por pilares e encontros. Essa parte recebe os esforços da superestrutura e em seguida os transmitem para a infraestrutura. Segundo Silva

e Torres Filho (2019), os pilares e encontros auxiliam no suporte da superestrutura, como também, os encontros contêm o empuxo dos aterros e logo, evitam suas transmissões aos demais elementos da ponte.

Com isso, a superestrutura é constituída por lajes, vigas principais e vigas secundárias e aparelhos de apoios. É o componente de suporte do estrado na qual se trafega (Silva e Torres Filho, 2019). Na Figura 6 são apresentados os elementos que constituem uma ponte.

Figura 6 – Seção longitudinal e suas respectivas características.

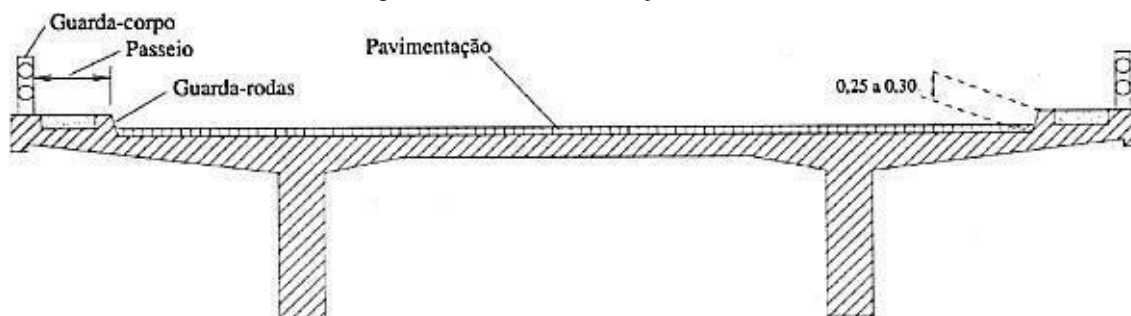


Fonte: Silva e Torres Filho (2009).

De acordo com Debs e Takeya (2007) a seção transversal de uma ponte pode ser formada por determinados elementos, como mostra a Figura 7:

- Pista de rolamento: largura direcionada para movimentação do tráfego e sendo subdivididas em faixas;
- Acostamento: é a largura adicional à pista de rolamento;
- Defesa: é a parte de proteção aos veículos, e são colocadas ao lado do acostamento;
- Passeio: largura extra que tem como finalidade a movimentação dos pedestres;
- Guarda-rodas: é atribuído para impedir a invasão dos veículos;
- Guarda-copo: tem como objetivo oferecer proteção aos pedestres.

Figura 7 – Elementos da seção transversal.



Fonte: Gomes e Lemos (2016).

Em termos de vãos e comprimentos tem-se em seguida algumas definições apresentadas na Figura 8:

- Comprimento da ponte: é a distância horizontal do vão total conforme o eixo longitudinal.
- Vão efetivo: também conhecido por vão teórico, é a distância horizontal entre os eixos de dois suportes seguidos.
- Vão livre: é a distância entre as faces de dois suportes contínuo.
- Altura de construção: é a distância entre o ponto mais baixo e o mais alto da superestrutura.
- Altura livre: é a distância entre o ponto mais baixo da superestrutura e o ponto mais alto do obstáculo.



Fonte: Carlos Fernando (2009).

### 3.6. MÉTODO DE ALARGAMENTO DE PONTES EM CONCRETO ARMADO

Em decorrência das crises econômicas no Brasil, o emprego de projeto de alargamento, duplicações e reforços nas pontes rodoviárias antigas ficaram estacionadas durante anos, e começaram a ter importância no meio da década de 1990 (Vitório, 2013). No entanto, atualmente, existe uma boa quantidade de reajuste referente as pontes com tabuleiros antigos adequando-se aos novos gabaritos, conforme as mudanças normativas.

Com isso, umas das primeiras emissões de alargamento e de reforços de pontes, era a formação de três tabuleiros independentes, sendo separados por juntas em toda extensão longitudinal da ponte, formados por duas novas vigas de cada lado, assim, alargando a pista de rolamento (Vitório, 2013). Contudo, esse tipo de método está decadente, por causar graves

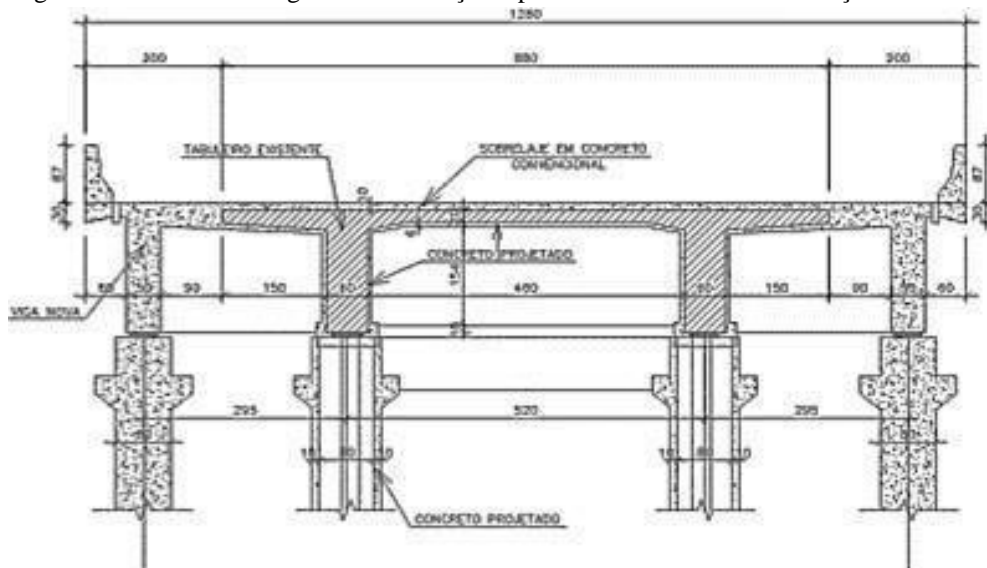
manifestações patológicas ocasionado pela infiltração da água pelas juntas do vão entre o tabuleiro e as ampliações laterais.

Todavia, devido a importância de alargamento e esforço nas pontes de tabuleiros antigos, há alguns métodos que são utilizados para a expansão em ponte de concreto armado, e dentre elas, um dos métodos mais utilizados é o alargamento com o acréscimo lateral de novas longarinas de concreto armado (já moldado no local) e adicionado aos tabuleiros antigos, assim, formando um alargamento.

### 3.6.1. Alargamento com concreto armado convencional

Em concordância com Vitório e Bairros (2012), o processo de alargamento com concreto armado convencional, trata-se da inclusão de novas vigas e lajes, em que são adicionadas ao tabuleiro presente, assim, formando uma nova grelha, agrupando em todas as vigas e transversinas. São inseridos novos pilares para apoiar os trechos alargados, no entanto, existem casos que não necessitam de reforço na estrutura e na fundação existente, e quando é indispensável à avaliação da estrutura e da fundação, é aplicado novas armaduras passivas e o emprego de concreto projetado, como é mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Método de alargamento e reforço da ponte de concreto armado – seção transversal.



Fonte: Vitório e Barros (2012).

### 3.6.2. Alargamento com protensão externa

Trata-se de aplicação de protensão na ponte já existente fazendo uso de cordoalhas

fixadas às faces laterais das vigas, com ajuda de dispositivos metálicos.

No momento em que é adicionada a protensão externa, sem novas vigas ao tabuleiro, sendo preciso aumentar os comprimentos das lajes existentes e conseqüentemente aumentando a seção transversal. Esse alargamento faz com que os balaços laterais tenham grades deformações, sendo indispensável o uso de concreto armado convencional e tornando necessário a utilização de protensão transversal na parte superior do tabuleiro.

### 3.7. PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO

O concreto é um material indispensável na construção civil, sendo composto por agregados, cimento e água, porém, é um material que quando não aplicado de forma adequada é propício as patologias. Em conjunto com as barras de aço, que tem como objetivo resistir aos esforços de tração, forma-se o concreto armado e dessa forma, o aço também está sujeito a problemas patológicos, como a oxidação, quando não são realizados o cobrimento mínimo, que é especificado pela NBR 6118 (ABNT, 2014).

Seguir, serão apresentadas algumas das principais patologias que podem ocorrer em pontes de concreto armado, devido à má execução e falta de manutenções nas estruturas.

#### 3.7.1. *Desagregação*

Conforme explica Souza e Ripper (2009), a desagregação do concreto armado é quando há a separação da camada de concreto com perda de monolitismo e também perda da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento, logo, deixando o aço exposto ao meio ambiente.

Um dos fatores que faz com que ocorra a desagregação é a movimentação da estrutura, fissuração, movimentação das fôrmas quando se realiza a concretagem, a corrosão do concreto e também ataques biológicos e químicos.

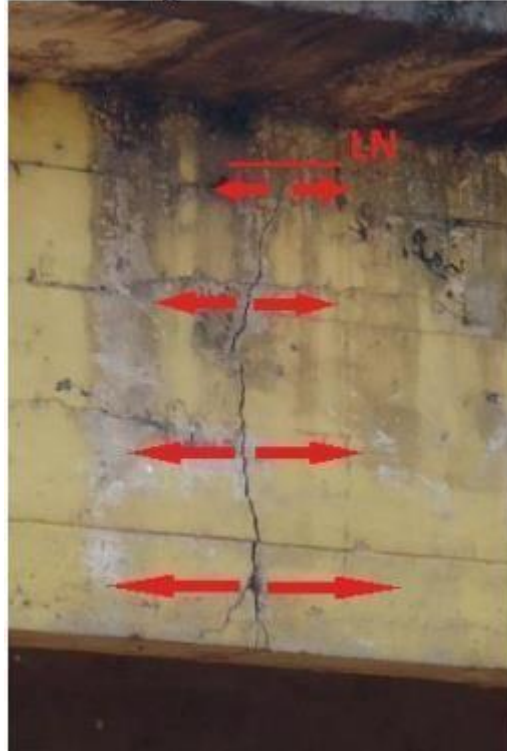
#### 3.7.2. *Fissuras*

As fissuras são patologias que surgem a partir da existência de tensões de tração, como mostra a Figura 10. São provocadas por diversos fatores, como o assentamento do concreto, perda de aderência, movimentações de escoramentos ou fôrmas, retração, movimentação térmica, sobrecarga e entre outros fatores (Magalhães, 2017). As fissuras



comprometem a funcionalidade e como também a durabilidade da estrutura, podendo indicar falhas no local, para isso, é necessário realizar uma análise no local para identificar as causas de sua origem.

Figura 10 – Fissura em viga de ponte de concreto armado.



Fonte: Mascarenhas *et al* (2019)

### 3.7.3. Corrosão

A corrosão está diretamente relacionada com a porosidade da pasta de cimento, com a umidade e com a agressividade do meio. Os danos provocados pela corrosão são o desprendimento do cobrimento de concreto, no qual, afeta a durabilidade das estruturas, fazendo com que a armadura fique ainda mais exposta ao meio ambiente e propicia a manifestações de agentes externos (Miotto, 2010). Neste caso, deve-se realizar a concretagem da forma mais correta possível, como também as manutenções, evitando esse tipo de problema, tal como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Corrosão em viga de ponte de concreto armado.



Fonte: Mascarenhas *et al* (2019).

Lourenço *et al* (2009) explica que a corrosão em estruturas de concreto armado pode acontecer de duas formas, devido:

Ação de cloreto: os íons de cloreto atuam com a habilidade de destruir a camada passivadora de\_óxido protege o aço na estrutura de concreto, como também facilita a desagregação do concreto.

- Carbonatação: ocorre de forma lenta, ocasionado por um processo físico-químico, entre os produtos alcalinos de concreto (que forma o hidróxido de cálcio), com gases ácidos, produzindo os sais de cálcio. Esse processo possibilita a entrada da água e gases e provoca a redução da alcalinidade do concreto, ou seja, o pH. Por esse motivo, esse processo é desfavorável para as estruturas de concreto, fazendo com que provoque a desestabilização na camada de concreto.

#### 3.7.4. Falhas em juntas de dilatação

Como explica Vasconcelos (2018), a junta de dilatação carece de ser corretamente dimensionada e posicionada de forma que previna problemas com as dilatações térmicas e os esforços que podem aumentar o volume dos elementos das estruturas na qual está sendo aplicada. Dessa forma, são necessárias manutenções recorrentes para inspecionar a funcionalidade da junta, pois, em casos de juntas de dilatações em pontes, as águas pluviais tendem a penetrar, provocando diversas patologias, bem como, a inspeção das suas aberturas, juntamente com registro da temperatura do ambiente.

### 3.7.5. *Falhas nas instalações de drenagem*

As falhas nos sistemas de drenagem em pontes podem ocasionar vários problemas prejudicando na vida útil da estrutura, com o acúmulo de águas em pontos específicos, tal como, nos encontros de apoios e vigas, nos encontros de tabuleiro ou vigas, nas pistas de rolamento, bem como, nos aparelhos de apoio. (Laner, 2001).

Com isso, um dos principais fatores que contribuem para esse tipo problema em pontes, são:

- Dificuldade ou entupimento dos tubos de drenagem ou até mesmo a falta da drenagem;
- Rebaixamento locais da pista;
- Inclinação inapropriada na pista de rolamento.

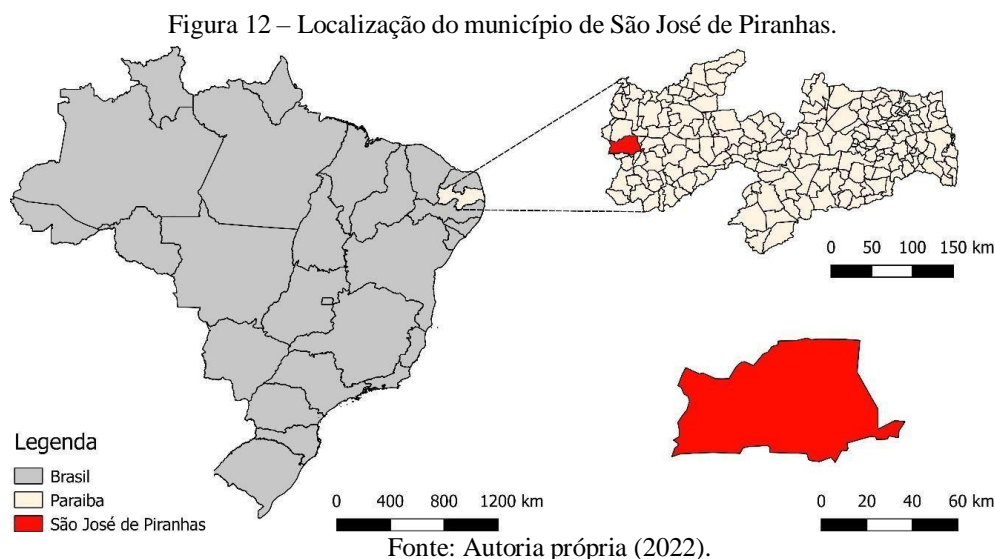
### 3.7.6. *Falhas em aparelhos de apoio*

Conforme o manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2014), aparelhos de apoio têm um papel essencial no funcionamento estrutural das pontes e dessa forma devem ser inspecionados regularmente, pois, esses sofrem reflexo de anomalias estruturais, como recalques de apoios, movimentação de estrados, recebimentos de matérias flutuantes em grandes cheias. Além disso, os apoios devem ser examinados para se manterem no seu posicionamento e alinhamento de origem, assim, evitando falhas e prejuízo à estrutura como um todo.

#### 4 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso que busca analisar e relatar o histórico da obra de ampliação de uma ponte de concreto armado, visando apresentar os aspectos mais relevantes observados durante a sua etapa de projeto e execução, bem como após a sua execução, na sua fase de uso, observando a sua aparência final e desempenho frente à aplicação do carregamento e ação do intemperismo.

O objeto de estudo desse trabalho trata-se de uma ponte localizada ao longo da rodovia estadual PB-366, no município de São José de Piranhas-PB. A Figura 12 apresenta a localização do município.



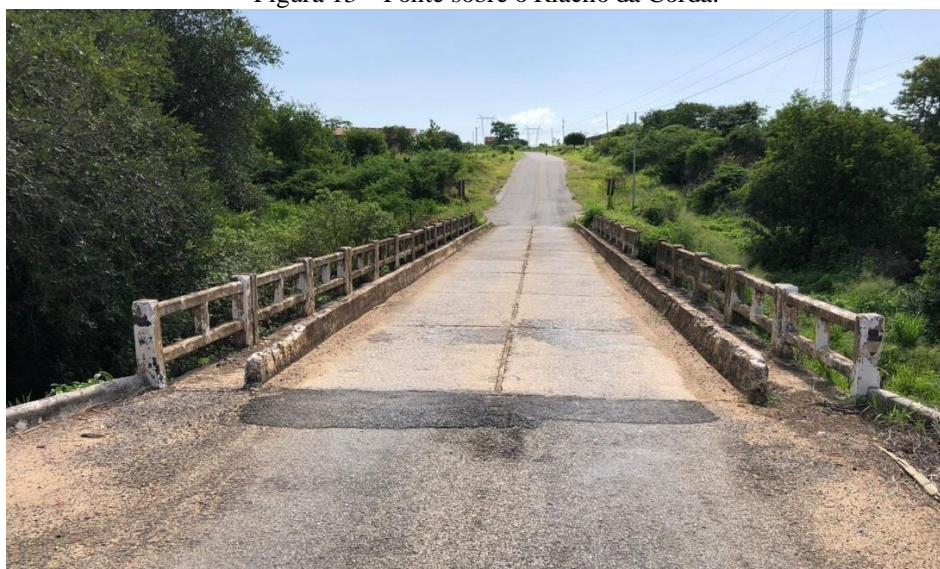
A referida ponte atravessa o Rio Piranhas, sua construção remota da década de 80 e objetivava fazer a ligação entre os municípios de São José de Piranhas, Carrapateira, Serra Grande, Aguiar e Nazarezinho, no Alto Sertão da Paraíba.

Devido à implantação da pavimentação asfáltica na rodovia onde a ponte está erguida e com aumento populacional entre as cidades vizinhas, houve a necessidade da ampliação da ponte. Essa ampliação se deu entre os anos de 2014 e 2018. Ao longo desses anos, houve muitas paralisações por falta de verba e troca de empresas, o que resultou em grandes prejuízos para o empreendimento como um todo.

#### 4.1. MATERIAIS E MÉTODOS

De antemão, foi feito um levantamento da geometria da ponte antes da sua ampliação, para verificar quais as condições geométricas nas quais a ponte foi inicialmente concebida. Na ocasião foi determinado a largura total do tabuleiro, pista de rolamento, meio-fio, passeio e guarda-corpo. Para isso, foi preciso recorrer a algumas confirmações das medidas em uma obra semelhante, com poucos quilômetros de distância, que datam da mesma época da ponte em estudo antes da sua ampliação, situada na mesma rodovia e que não foi ampliada (Figura 13)

Figura 13 – Ponte sobre o Riacho da Corda.



Fonte: Autoria própria (2022).

Para ter acesso ao projeto de ampliação foi feita uma solicitação junto ao Departamento de Estradas de Rodagem da Paraíba (DER-PB), para que os projetos fossem disponibilizados.

Na sequência, foi feita uma análise do projeto de ampliação, destacando os seguintes pontos: as características geométricas da ponte no projeto de ampliação, a solução apontada para a ampliação e a adequação dessa solução, como também um levantamento geométrico da ponte depois de sua ampliação, levando em conta as seções longitudinal e transversal (Figura 14).



Figura 14 – Levantamento geométrico da ponte sobre o Rio Piranhas.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Além dos projetos, também foram feitas pesquisas em jornais e *blogs* da região, na busca por informações que pudessem ajudar a entender e montar o quebra-cabeça dessa obra.

Por fim, foi feito um levantamento fotográfico simples e por meio de *drone* (Figura 15), destacando a composição geral da ponte e os principais problemas patológicos apresentados pela obra após a sua execução, que nada mais é que o reflexo de todo esse histórico.

Figura 15 - *Drone* sendo utilizado para o registro fotográfico da ponte.



Fonte: Autoria própria, 2022.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA PONTE ANTES DA AMPLIAÇÃO

Antes de descrever as características atuais da ponte, objeto de análise deste trabalho, foi possível constatar, no local de estudo, a preexistência de uma outra estrutura de menor porte, possivelmente erguida com um nível do tabuleiro mais baixo, fato este, observado a partir da descoberta das ruínas de alguns pilares presentes no leito do rio (Figura 16). Pela posição deles, é possível depreender que os vãos dessa antiga ponte eram bem menores, quando comparados com a atual existente.

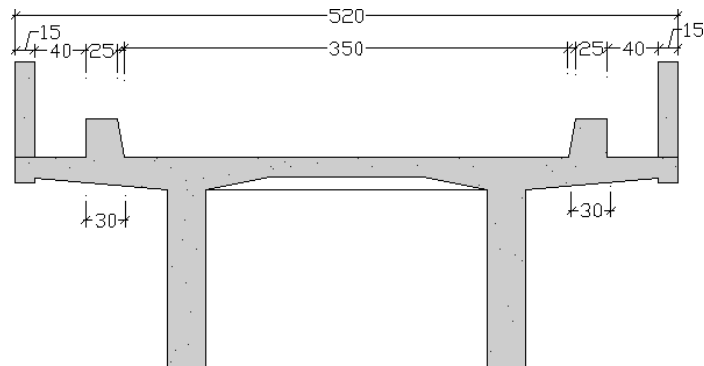
Figura 16 – Ruínas de pilares encontradas na parte inferior da ponte sobre o Rio Piranhas



**Fonte:** Autoria própria, 2022.

A ponte sobre o Rio Piranhas foi construída no ano de 1986. Antes da sua ampliação, a mesma apresentava uma seção transversal total de 5,20 m de largura, composta pela pista de rolamento de 3,50 m de largura, dois guardas-rodas, variando entre 30 e 25 centímetros e com duas áreas de movimentação de pessoas, ou seja, o passeio, com 40 centímetros de cada lado, além de dois guarda-corpos com 15 centímetros cada. A Figura 17 apresenta a geometria geral da seção da ponte.

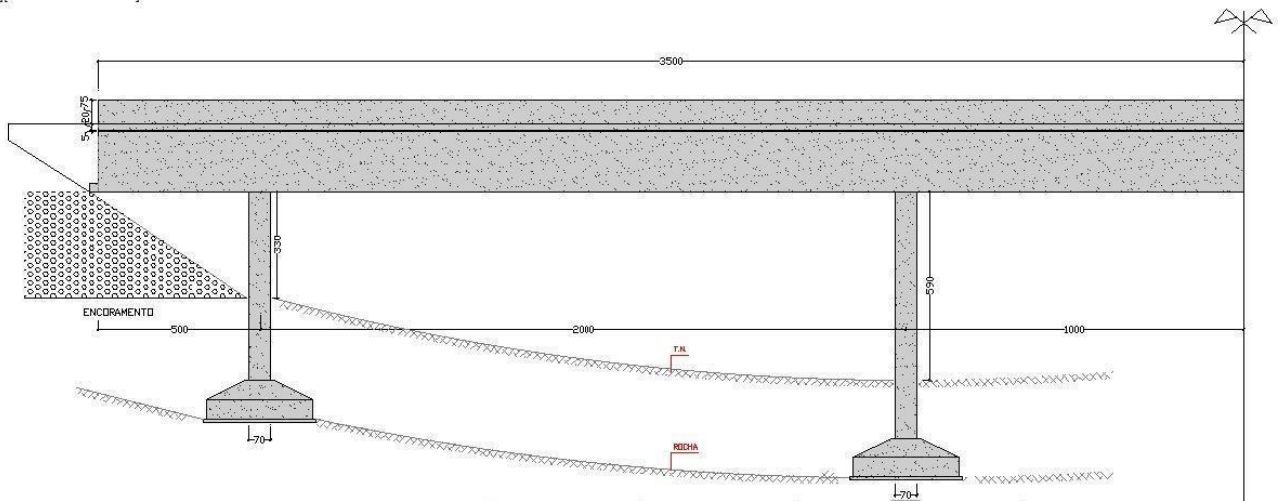
Figura 17 – *Croqui* das características geométricas da seção transversal da ponte sobre o Rio Piranhas antes da ampliação.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Antes da ampliação essa ponte já apresentava uma extensão de 70 m, apoiada em 4 pórticos, espaçados em 20 metros, com dois balanços de 5 metros em cada extremidade e pilares com diâmetro de 70 centímetros. Os passeios foram construídos com 75 centímetros de altura. A laje possuía 20 centímetros de espessura. A Figura 18 mostra um *croqui* da vista lateral da ponte.

Figura 18 – *Croqui* das características geométricas lateral da ponte sobre o Rio Piranhas antes da ampliação.



Fonte: Autoria própria, 2022.

## 5.2. O PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA PONTE SOBRE O RIO PIRANHAS

A ponte sobre o Rio Piranhas foi ampliada conforme uma adaptação de um projeto realizado no ano de 2006 para o alargamento de uma ponte sobre o Riacho Camararé, na Rodovia PB-100, subtrecho entre o Distrito Galante, em Campina Grande, e o município de Fagundes, no Estado da Paraíba.

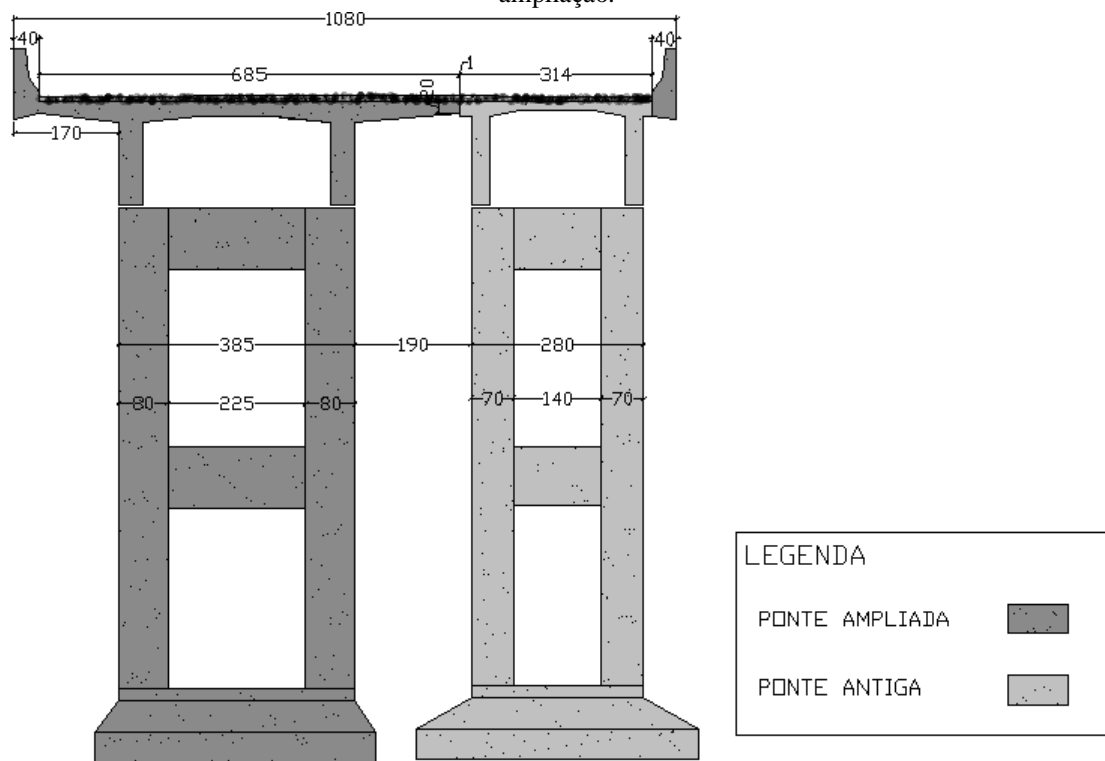


A seção transversal apresenta uma largura total de 10,80 m, sendo 10 m de pista de rolamento, onde 6,85 m corresponde à parte ampliada, e 3,15 m a largura da ponte antiga, contendo ainda 2 guarda-rodas de 40 centímetros de largura cada e laje com espessura de 20 centímetros. A junta estrutural prevista entre os dois elementos apresenta 1 centímetro de largura.

O vão entre os pilares do pórtico da parte ampliada tem 2,25 m. Já no caso da ponte antiga, essa distância é de 1,40 metros. Entre os dois pórticos foi deixada uma distância de 1,90 metros, como mostra na Figura 19.

A parte ampliada apresenta uma extensão de 70,00 m, apoiada em 4 pórticos, distando 20 m de eixo a eixo. Os pilares possuem 80,00 centímetros de diâmetro. A Figura 20 mostra um corte da seção longitudinal.

Figura 19 – *Croqui* das características geométricas transversal da ponte sobre o Rio Piranhas depois da ampliação.



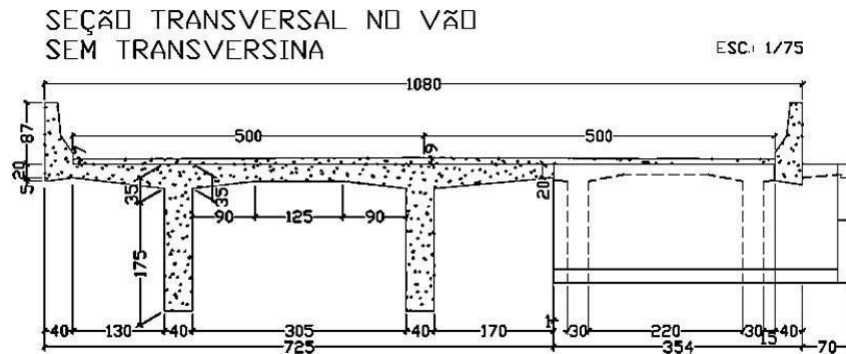
Fonte: Autoria própria, 2022.

O sistema de drenagem, feito por meio de cano de Cloreto de Polivinil (PVC), com diâmetro de 75 milímetros e os guarda-rodas com uma largura 40 centímetros (lado esquerdo e lado direito), conforme, a Figura 21.



drenos, 14 de um lado e 7 do outro lado. Além disso, a armação adotada para a construção da ponte sobre o Rio Piranhas levou em consideração a mesma do projeto da ponte em Galante.

Figura 22 – Características geométricas transversal da ponte em Galante depois da ampliação.



O projeto fornecido pelo DER-PB (2006) especifica três observações:

- para a construção das fundações não foram realizados o estudo de sondagem;
- o fundo da sapata da parte ampliada, deve-se estar na mesma cota da sapata antiga;
- as dimensões referentes a obra da ponte antiga, foram determinadas no local, uma vez que não foi encontrado o projeto antigo.

### 5.3. EXECUÇÃO DO PROJETO DE AMPLIAÇÃO

Os primeiros serviços de execução foram as demolições dos passeios, guarda-corpo e os guarda-rodas da ponte antiga, e, pelo o que osberva na Figura 23, não foram realizados serviços de recuperação. Nessa época, a ponte já apresentava diversos problemas patológicos, principalmente na mesoestrutura.

Figura 23– Ponte parcialmente demolida sobre o Rio Piranhas.



Fonte: Radar Sertanejo, 2015.

Após a sua demolição, teve início a execução das fundações, sapatas e arranques dos pilares, etapa esta realizada na ausência de um adequado estudo do solo, ou seja, sem sondagem.

No entanto, segundo o que relata o jornal de notícias regional, o Radar Sertanejo e o jornalista Gonçalves (2017), os trabalhos para a construção do alargamento da ponte foram paralisados por mais de 3 anos, com paradas e recomeços das atividades. O governo do Estado da Paraíba, juntamente ao DER-PB, justificou que a empresa contratada para execução havia abandonado a obra porque teria entrado em falência. A Figura 24 mostra o ponto onde a obra ficou paralisada.

Figura 24 – Vista frontal da obra da ponte sobre o Rio Piranhas paralisada.



Fonte: Radar Sertanejo, 2015.

Dessa forma, uma segunda empresa foi anunciada. Porém, não conseguindo terminar, uma terceira empresa habilitada foi apresentada, que também acabou desistindo. Diante desse empecilho e considerando que o tráfego de veículos para a cidade de Carrapateira, Serra Grande, Aguiar, Nazarezinho e demais sítios do município de São José de Piranhas estariam comprometidos, a fim de evitar que no período chuvoso a população ficasse ilhada, no local foi feito um desvio para o tráfego de veículos (Gonçalves, 2015) (Figura 25).

Figura 25 – Desvio da estrada da ponte sobre o Rio Piranha.



Fonte: Radar Sertanejo, 2015.

O Radar Sertanejo (2015) também relatou que, depois da obra ser abandonada e deixada para trás, a população temia o risco do desabamento da ponte, pois, com a escavação das transversinas extremas da ponte antiga, a empresa deixou boa parte da estrutura sobreposta livremente sobre os taludes (lado direito/ lado esquerdo) (Figura 25), bem como os pilares que foram adicionados para o alargamento da ponte estavam livres, sem nem um tipo de apoio (Figura 26). Dessa forma, a ocorrência de fortes chuvas no local, poderia resultarem o desabamento, bem como provocar diversos acidentes e danos para a população. Portanto, foram colocadas escoras no local para evitar esse tipo de problema, até que a obra reiniciasse.

Figura 26 – Ponte antiga sobreposta livremente no talude.



Fonte: Radar Sertanejo, 2015.

Conforme relata Gonçalves (2017), no ano de 2017 a quarta empresa assumiu a obra, tratando da Construtora Silveira Sales. A empresa finalizou tanto a concretagem da laje e dos guarda-rodas da ponte sobre o Rio Piranhas, como também a pavimentação asfáltica que liga São José de Piranhas ao município de Carrapateira. (Figura 27). O Radar Sertanejo (2017) declara que o valor da obra, no geral, foi mais de 16 milhões de reais e foi concluída no ano de 2018.

Figura 27 – Finalização da concretagem da laje da ponte sobre o Rio Piranhas



Fonte: Radar Sertanejo, 2017.

Segundo o Radar sertanejo (2017), a obra beneficiou mais de 21.477 mil habitantes. Conforme um levantamento realizado pela DER-PB, o tráfego médio diário naquela estrada é de 157 veículos, variando entre carros de pequeno e de grande porte, ônibus, caminhões e motocicletas. Como a população de Carrapateira depende de forma direta das cidades de São José de Piranhas e de Cajazeiras para realizações de atividades importantes, como trabalho, educação, comercialização e a economia no geral, e, devido às movimentações de veículos pesados entre as cidades que a ponte interliga, houve a necessidade da ampliação da ponte, com intuito de evitar prejuízos e acidentes.

A empresa responsável por finalizar a obra abandonou próximo à ponte um caminhão do tipo pipa, que serviu para a construção da ponte e que permanece no local até os dias atuais (Figura 28). Além disso, para finalização da obra, foram colocadas escoras, que permaneceram por mais de 3 anos no local (até o ano de 2021, quando , o DER-PB tomou as devidas providências e retirou as escoras do local).



Figura 28 – Abandono do caminhão tipo pipa próximo a ponte sobre o Rio Piranhas



Fonte: Autoria própria, 2022.

#### 5.4. ANÁLISE VISUAL DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA PONTE SOBRE O RIO PIRANHAS

As manifestações patológicas foram observadas em toda a estrutura que compõe a ponte, principalmente na mesoestrutura. Das inspeções visuais feitas no local de estudo, foram verificadas, no geral, as seguintes manifestações patológicas:

##### 5.4.1. *Falhas na junta de dilatação*

Analisou-se diversas falhas no método adotado para o alargamento da ponte, em que o encontro entre os tabuleiros antigos e novos se deu por meio de junta de dilatação. A Figura 29 mostra a falta de preenchimento na junta, sem um sistema de vedação adequado para evitar infiltrações na face inferior da ponte e não danificar o concreto.

Figura 29 – Falha da junta de dilatação - vista superior da ponte



Fonte: Autoria própria, 2022.

A Figura 30 apresenta a penetração e o escoamento da água pluvial por meio da junta de dilatação, o que vem provocando eflorescências e manchas de corrosão na face interna da ponte antiga, o que posteriormente vem gerando o descascamento do concreto.

Figura 30 – Falhas na junta de dilatação - face interna da ponte antiga.



Fonte: Autoria própria, 2022.

#### 5.4.2. Falhas nas juntas de concretagem

Má qualidade na execução da estrutura, com juntas de concretagem em toda a longarina e na parte posterior do guarda-rodas, apresentando uma descontinuidade na estrutura, podendo gerar infiltrações e atingir a armadura do concreto. A Figura 31 e a Figura 32 indicam esse tipo de falha.

Figura 31 – Falha nas juntas de concretagem - lado oposto do guarda-rodas e na longarina.



Fonte: Autoria própria, 2022.



Figura 32 – Falha nas juntas de concretagem na longarina.



Fonte: Autorial própria, 2022.

#### 5.4.3. Falha do cobrimento na armadura

Observou-se, também, falhas no cobrimento da armadura das longarinas e das transversinas (Figura 33), do lado já ampliado, ocasionando falhas e a exposição das armaduras. Tais erros, com o tempo, expõe as armaduras às agressões do meio ambiente e induzem à corrosão do material, como também diminuem a capacidade do suporte de carga em toda estrutura. Percebe-se que as formas de madeiras utilizadas para a concretagem não foram totalmente retiradas da parte inferior da laje, sendo impossível a visualização de como se encontra a estrutura no local.

Figura 33 – Falha no cobrimento da armadura nas transversinas e longarinas.



Fonte: Autorial própria, 2022.

Portanto, umas das vigas principais (Figura 34) apresenta nicho de concretagem e em um dos pilares da ponte antiga (Figura 35) ocorre o deslocamento do cobrimento do concreto e a exposição da armadura. Como o pilar é retangular, é provável que isso tenha acontecido devido ao choque de algum elemento em uma enchente, sendo nítido a falta de cobrimento. O deslocamento gera aberturas na superfície das estruturas, fazendo com o que o aço fique exposto às agressões do meio ambiente, agravando o processo de corrosão e, conseqüentemente, diminuindo a seção do aço, comprometendo-o desempenho estrutural.

Figura 34 – Falha no cobrimento da armadura na face inferior da longarina.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 35 – Falha no cobrimento da armadura em um dos pilares da ponte antiga



Fonte: Autoria própria, 2022.



#### 5.4.4. Falha no sistema de drenagem

Apesar que no projeto adaptado da construção da ponte haver a prescrição detalhadamente do sistema de drenagem em toda a sua longitude, pode-se observar, pelas marcas de água escoando em toda a lado da longarina no lado ampliado (Figura 36), como também na longarina da ponte antiga(Figura 37), falhas no sistema de drenagem, o que denota a não existência de drenos suficientes no local, dessa forma, conclui-se que as especificações prescritas no projeto para evitar falhas e a deterioração na estrutura devido ao acúmulo de água não foram seguidas corretamente.

Figura 36 – Falha no sistema de drenagem no lado ampliado da ponte



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 37 – Falha no sistema de drenagem na ponte antiga



Fonte: Autoria própria, 2022

#### 5.4.5. Falta de aparelho de apoio e falha na ligação da extremidade em balanço

Analisou-se que, mesmo estando prescrito no projeto que serviu como adaptação para a construção da ponte ampliada, o uso de aparelhos de apoio na estrutura entre as longarinas e os pilares (Figura 38), não foi atendido. Foi observado inclusive que, ao contrário do que existe na antiga ponte, o espaço para o posicionamento do macaco hidráulico, utilizado para realizar operação de instalação dos aparelhos de apoios e o ajustamento do seu posicionamento conforme a movimentação no decorrer dos tempos, também não foi levado em consideração no lado ampliado.

Figura 38 – Falta de aparelho de apoio e falha na transição entre a rodovia e a ponte com extremidade em balanço.



Fonte: Autoria própria, 2022.

A Figura 38 mostra claramente uma ruptura parcial do aterro da cabeceira da ponte, assim como revela nenhum serviço de ligação entre as transversinas de extremidade. Do mesmo modo, retrata a ausência de proteção e da drenagem dos taludes, o que resultará em erosões ao longo do tempo, geralmente ocasionadas durante grandes precipitações e cheias. Tais problemas são cruciais para a estrutura da ponte e traz riscos para seus usuários.

#### 5.4.6. Fissuras, trincas e demais anomalias na ponte antiga

Verificou-se a presença de fissuras/trincas na ponte antiga, com enforque nas longarinas (Figura 39) e nos pilares (Figura 40). Além disso, também foi possível observar



vários pontos com nichos de concretagem que não foram reparados, além de corrosão avançada em alguns pontos da longarina e do tabuleiro.

Figura 39 – Apresentação de diversos problemas patológicos na longarina da ponte antiga.



Fonte: Autorial própria, 2022.

Figura 40 – Fissura e trinca em um dos pilares da ponte antiga



Fonte: Autorial própria, 2022.

## 6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados das investigações realizadas, foi possível observar que a /ponte antes de ser alargada não seguia os padrões geométricos da época, já que foi projetada e construída no ano de 1986 e, nessa época, os padrões, tanto geométricos quanto de carregamento para o dimensionamento, tinham passado por várias mudanças, que consistem até hoje. Portanto, somente no ano de 2014 que foram realizadas as devidas mudanças nas características geométricas.

Através dos estudos baseados em inspeções e pesquisas, a ponte antiga não passou por reparos, sendo feita apenas a demolição de partes da estrutura existente, englobando a retirada do guarda-corpo, guarda-rodas e a demolição da laje em balanço, que liga a nova ponte.

A construção da ponte sobre o Rio Piranhas foi baseada e adaptada por meio de um projeto existente, que consiste em um vão menor e um método de alargamento arcaico. Em destaque, salienta-se que houve o acréscimo de mais um pórtico sem a análise da mudança estrutural, utilizando a mesma armadura da ponte em Galante.

A ponte analisada passou por diversos problemas no período da construção, sendo percebida a ausência de concepção e execução de projeto, também é importante destacar que várias empresas despreparadas e paralisação da obra, gerando inúmeros falhas e transtornos para populações.

Portanto, devido a esses erros, em tão pouco tempo, a ponte apresentou vários problemas patológicos em toda a estrutura, visto que esses problemas desestabilizam e prejudicam a função estrutural da ponte como um todo. Finalmente, com uma análise preliminar e conforme os resultados das investigações deste trabalho, a ponte precisa passar por manutenções adequadas com urgência, reparando todas as patologias encontradas no local. Tais providências aumentarão a vida útil de um equipamento público que atende uma grande população, tornando-se fundamental para segurança de quem trafega sobre ela.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB-6**. Carga móveis em pontes rodoviárias. Rio de Janeiro: ABNT, 1943

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB-6**. Carga móveis em pontes rodoviárias. Rio de Janeiro: ABNT, 1960

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188**. Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188**. Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estrutura: procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT). Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação do Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2014.

CARRAPATEIRA FECHA CICLO DE ISOLAMENTO ASFALTICO NA PARAÍBA NO DIA DO TRABALHO. **Radar Sertanejo**. São José de Piranhas-PB, 28 de março de 2017. Disponível em: < <https://www.radarsertanejo.com/2017/04/28/carrapateira-fecha-ciclo-de-isolamento-asfaltico-na-paraiba-no-dia-do-trabalho/>> Acesso em 9 de jan. de 2022.

DEBS, Mounir Khalil El; TAKEYA, Toshiaki. **INTRODUÇÃO ÀS PONTES DE CONCRETO**: Texto Provisório de Apoio à Disciplina SET – 412. Universidade De São Paulo. São Carlos, 2007.

FILGUEIRA, Carlos Fernando da Silva. **Análise comparativa de esforços solicitantes em ponte com trem-tipo da NBR 7188 e combinações de veículos de carga homologadas pelas resoluções do conselho nacional de trânsito**: um estudo de caso da ponte sobre o Rio. 110f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2020.

GONÇALVES, Dida. Estrada de Carrapateira receberá novo banho de emulsão asfáltica e empresa tem 30 dias para concluir. **Radar Sertanejo**. São José de Piranhas-PB, 03 de abr. de 2017. Disponível em: <<https://www.radarsertanejo.com/2017/04/03/estrada-de-carrapateira-recebera-novo-banho-de-emulsao-asfaltica-e-empresa-tem-30-dias-para-concluir/>> Acesso em 11 de jan. de 2022.

GONÇALVES, Dida. Empresa trabalha para concluir ponte da estrada de Carrapateira. **Radar Sertanejo**. São José de Piranhas-PB, 09 de fev. de 2017. Disponível em: <<https://www.radarsertanejo.com/2017/02/09/empresa-trabalha-para-concluir-ponte-da-estrada-de-carrapateira/>> Acesso em 11 de jan. de 2022.

GUIMARÃES, Rafaela da Silva. Normas Técnicas Brasileiras sobre Projeto de Pontes em Concreto Armado: Considerações e Evolução. **Rev. Braz. J. of Develop.** Curitiba, v. 6, n. 10, p. 77356-77369, oct. 2020.

GONÇALVES, Dida. Obras de Estrada de Carrapateira São Paralisadas mais uma vez. **Radar Sertanejo**. São José de Piranhas-PB, 04 de mai. de 2015. Disponível em: <<https://www.radarsertanejo.com/2015/07/04/obras-da-estrada-de-carrapateira-sao-paralisadas-mais-uma-vez/>> Acesso em 10 jan. de 2022.

GOMES, João Miranda Lemos, LEMOS, Walquíria Mateus Pinheiro. **Recuperação em estruturas de concreto armado estudo de caso:** Ponte no Córrego do Laje. 69f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

LANER, Felice José. **Manifestações Patológicas nos Viadutos, Pontes e Passarelas do Município de Porto Alegre.** 157f. Dissertação. (Mestre em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande. Porto Alegre, 2001.

LOURENÇO, Líbia C.; ALVES, Vancler R.; JORDY, João C.; MENDES, Luiz Carlos; LOURENÇO, Mychael V. C. **Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais.** Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Niterói, RJ, Número 34, 2009.

LUCHI, Lorenzo Augusto Ruschi. **Reavaliação do trem-tipo à luz das cargas reais nas rodovias brasileiras.** – ed. Ver. – São Paulo, 2006. 257f. Tese (Doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações. São Paulo, 2006.

MAGALHÃES, Letícia Ferreira; OLIVEIRA, Camila Amélia Martins de. **Análise e Reparação de Fissuras em Concreto Armado e Alvenaria.** 102f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil). Faculdades Integradas de Caratinga. Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

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

MASCARENHAS, Fernando Júnior Resende, et. al. Patologias e inspeção de pontes em concreto armado: Estudo de caso da ponte Governador Magalhães Pinto. **ENGEVISTA**, V. 21, n.2, p.288-302, Minas Gerais, 2019.

MASCARENHAS, Fernando Jr. R; CRISTOFONO, André Luis. A evolução da norma brasileira de cargas móveis para pontes rodoviárias. **Anais...** 62º Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2020. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/344859286>> Acesso em 10 jan. 2022.

MIOTTO, Daniela. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação Escolar Estadual no Município de Pato Branco-PR.** 63f. Monografia (Especialista em Construção de Obras Públicas). Universidade Federal do Paraná. Pato Branco-PR, 2010.



MORADORES TEMEM DESABAMENTO DA PONTE NA ESTRADA DE CARRAPATEIRA. **Radar Sertanejo**. São José de Piranhas-PB, 05 de mar. de 2015. Disponível em: <<https://www.radarsertanejo.com/2015/03/05/moradores-temem-desabamento-da-ponte-na-estrada-de-carrapateira/>> Acesso em 10 de jan. de 2022.

SILVA, Pauline Fonseca da. Efeitos da Mudança da NBR 7188:2013 nos Projetos de Pontes. Estudo de Caso: Projeto de Recuperação da Ponte sobre o Rio Correias na BR 101/SC. **Anais...** VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. Rio Janeiro, 2014.

SILVA, José Gomes da (ORIGINAL); TORRES FILHO, Daniel (ADAPTAÇÕES). **APOSTILA: PONTES EM CONCRETO ARMADO**. Instituto Federal da Paraíba, Cajazeiras, 2019.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz- **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

VASCONCELOS, Flávio de Oliveira. **Análise das manifestações patológicas em pontes de concreto armado** – estudo de caso. 69f. Monografia (Engenharia Civil), Universidade Federal de Alagoas. Delmiro Gouveia, 2018.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Um Estudo Comparativo sobre Métodos de Alargamento de Pontes Rodoviárias de Concreto Armado, com a utilização das normas brasileiras e Eurocódigos**. PRODEC Programa de Doutoral em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto, 2013.

VITÓRIO, José Afonso P.; BARROS, Rui Manuel Meneses Carneiro de. Métodos Mais Utilizados para Alargamento e Reforço de Obras de Arte Especiais no Brasil. **Anais...** Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL - BE2012 FEUP, 2012.