

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO NO RIO ITAJAÍ-MIRIM (BRUSQUE/SC)

Pathological manifestations in reinforced concrete bridges in Itajaí-Mirim river (Brusque / SC)

André Felipe Bozio¹, Fabiane Fisch²



PALAVRAS CHAVE:

Concreto armado;
Pontes;
Patologia;
Rio Itajaí-Mirim;
Brusque;
Manifestações patológicas

KEYWORDS:

Reinforced concrete;
Bridges;
Pathology;
Itajaí-Mirim River;
Brusque;
Pathological manifestations

RESUMO: Atualmente, o concreto armado é o material mais utilizado na construção civil, seja em obras de pequeno, médio ou grande porte, como em obras de artes especiais. Contudo, um fato está deixando o mercado da construção civil em alerta: a rápida degradação dos elementos estruturais construídos com esse material está diminuindo sua durabilidade e vida útil. As estruturas em concreto armado sofrem danos decorrentes não apenas das fases de projeto ou execução das obras, mas também das fases de uso, devido à interação com meio ambiente agressivo nos quais se encontram, ao mau uso da obra (devido a sobrecargas não previstas) e à ausência de manutenção adequada da construção. O presente trabalho objetivou fazer um levantamento de manifestações patológicas em cinco pontes de concreto armado, localizadas na cidade de Brusque (SC), as quais têm a função de transpor o Rio Itajaí-Mirim. Foram realizadas visitas às cinco pontes analisadas para coleta de dados quantitativos dos elementos estruturais e das manifestações patológicas. As diferentes manifestações foram registradas através de fotografias. Como resultados encontramos manifestações patológicas em todas as cinco pontes consideradas neste estudo, sendo a mais recorrente as manchas de infiltração, a desagregação do concreto e a corrosão das armaduras. A ponte 2 (Arthur Schlösser) apresentou o maior número de manifestações (n:5) e a ponte 3 (Mário Olinger) o menor (n:2).

ABSTRACT: Currently, reinforced concrete is the most used material in construction, whether in small, medium, or large works, or in special arts works. However, one fact is making the construction market on alert: the rapid degradation of structural elements built with this material, thereby decreasing its durability and useful life. Reinforced concrete structures suffer damage resulting not only from the design or execution phases of the works, but also from the phases of use, due to the interaction with the aggressive environment in which they are found, the misuse of the work (due to unforeseen overloads) and the lack of proper maintenance of the building. The present work aims to perform a survey of pathological manifestations in five reinforced concrete bridges located in Brusque (SC), which have the function of transposing the Itajaí-Mirim River. Visits were made to the five bridges analyzed, to collect quantitative data on structural elements and pathological manifestations. The different pathological manifestations were registered through photographs. As a result, we found pathological manifestations in all five bridges considered in this study, the most recurrent being infiltration stains, concrete disintegration and reinforcement corrosion. Bridge 2 (Arthur Schlösser) had the highest number of manifestations (n:5) and bridge 3 (Mário Olinger) the lowest (n:2).

* Contato com os autores:

Publicado em 28 de dezembro de 2023

¹e-mail: andrefbozio@gmail.com (A. F. Bozio)

Eng. Civil, Mestre, diretor, Instituto Brusquense de Planejamento - Prefeitura Municipal de Brusque - Santa Catarina

²e-mail: fabianebaragens@hotmail.com (F. Fisch)

Advogada, Bióloga, Doutora, professora, Universidade do Vale do Itajaí, UNIVALI, Itajaí - Santa Catarina

1. INTRODUÇÃO

Consideradas como Obras de Arte Especial (OAE), as pontes são definidas pela NBR 7188 como estruturas que transpõe obstáculos (ex. rios, córregos, vales) e possibilitam a passagem de cargas em movimento; além de trazer definições específicas para viadutos (obstáculo artificial); passarela (pedestres/ciclistas) (ABNT, 2013). Nunes (2019) identifica como uma obra capaz de transpor algum obstáculo e possibilitar a continuidade de algo em uma via aquática ou terrestre e para Pfeil (1979) a função de uma ponte é transpor os obstáculos que não estão sobre a água, aos quais seria atribuído o nome de viaduto.

A Norma nº 10 elaborada pelo DNIT (2004) atribui uma única definição para pontes, viadutos e passagens inferiores e superiores consideradas como estruturas construídas sobre uma depressão/obstrução medida ao longo do eixo da rodovia, de mais de seis metros. Para as pontes de concreto armado e protendido a NBR 7187 atribui os requisitos necessários ao projeto, execução e controle com exceção das que utilizam concreto leve ou outros tipos especiais (ABNT, 2004) seguindo as indicações da NBR 6118 (ABNT, 2014).

Para Marchetti (2008) as pontes devem ter funcionalidade (suportar o tráfego e a vazão de águas); segurança (suportar tensões ou rupturas); estética (ao ambiente locado); serem econômicas (viabilidade dos modelos construtivos) e possuírem durabilidade (requisitos de uso), a qual é definida pela NBR 6118 como a capacidade de resistência as influências ambientais previstas no projeto estrutural pelo autor ou contratante (ABNT, 2014). Do ponto de vista funcional, podem ser divididas em: I) infraestrutura/fundações que transmitem os esforços provenientes da mesoestrutura para o solo e/ou rocha; II) mesoestrutura formada pelos pilares os quais recebem os esforços da superestrutura e transmite para a infraestrutura, como também, de outros esforços recebidos pelas pontes, como pressão do vento e da água em movimento; III) superestrutura onde estão localizadas as lajes e vigas principais e secundárias que tem a função de transmitir para a mesoestrutura os esforços provenientes do estrado (Marchetti, 2008).

De acordo com a forma que a superestrutura transmite as cargas para o apoio podem ser classificadas pelo seu sistema (compressão, tração, flexão) ou pela associação dos três, o que permite a identificação de diferentes tipos como as pontes em viga, arco, pórtico, estaiada e pênsil (DNIT, 2016). Entre as origens da deterioração do concreto o DNIT (2010) utiliza a proposta elaborada na Réunion International des Laboratoires d'Essais et des Recherches sur les Matériaux et les Constructions (RILEM, 1994) que consiste em avaliar os fatores intrínsecos ligados a estrutura (a idade e a qualidade do concreto), as resultantes do tráfego rodoviário (utilização da estrutura), os aspectos ambientais (natureza climática ou atmosférica), o tipo e a intensidade da manutenção (preventiva e/ou corretiva) e os fatores correlacionados à atividade humana (dependentes ou independentes).

O diagnóstico deve identificar qual a etapa do processo construtivo que originou o fenômeno, podendo ser realizado em quatro etapas: 1) planejamento: levantamento de dados técnicos da realidade da obra; 2) projeto: definição de dimensões, materiais escolhidos, formas de elementos estruturais, entre outros; 3) fabricação de materiais e componentes fora do canteiro; 4) execução e uso (Helene, 1992). A ausência de mecanismos direcionados a identificação, manutenção e a conservação das diferentes estruturas de concreto pode ocasionar riscos aos usuários das OEA's, além de perdas econômicas (Lei de Sitter 1984) e materiais para os setores produtivos e públicos (Vitório, 2006).

De acordo com a NBR 6118 alguns mecanismos de envelhecimento e deterioração da estrutura de concreto devem ser considerados: lixiviação; expansão por sulfato; reação álcali-agregado. Os mecanismos relacionados a deterioração da armadura: despassivação por carbonatação; despassivação por ação de cloretos; os mecanismos de deterioração da estrutura propriamente e da agressividade do ambiente

(ABNT, 2014), além das relativas ao impacto de embarcações a veículos motorizados na sua estrutura (BRASIL, 2010).

A existência de qualquer tipo de falha ou incorreção em uma das estruturas existentes na ponte são suficientes para o aparecimento de algum tipo de patologia (Rohn et al, 2016). O registro de corrosão nestas estruturas é associado por Mendes et al (2010) a alguns fatores como o tipo de ambiente onde ela está construída, as diferentes características do ambiente (físico, químico, biológico) bem como a resistência da estrutura a estas variáveis.

Além disso, pesquisas foram realizadas para identificar as patologias em estruturas de concreto como as expostas a atmosferas agressivas e os processos corrosivos associados (Mendes et al., 2010); bem como as inspeções rotineiras como forma de avaliar o estado de conservação fornecendo diretrizes para uma manutenção eficaz e de custo-benefício adequado. (Araújo e Panossian, 2011). Do mesmo modo o mapeamento estrutural de danos e propostas de restauração (Bezerra et al., 2018); a análise das manifestações (Farrapo et al., 2013; Maria Júnior e Gonçalves, 2017) e das condições de estabilidade de acordo com a norma DNIT 10/2004 com a atribuição de uma nota (Freitas et al., 2017). Assim como a qualidade e durabilidade (Kroetz e Martins de Quadros, 2017); as técnicas e parâmetros de avaliação e recuperação (Lourenço, 2009); a descrição qualitativa (Maia e Barbosa, 2017); o manuseio e manutenção (Bastos e Miranda, 2017); a avaliação e recuperação (Oliveira et al., 2017; Santos et al., 2017; Silva et al., 2017).

Diferentes estudos podem contribuir para o direcionamento dos esforços pelo poder público sobre o estado de conservação desses equipamentos urbanos, bem como, definir diretrizes para elaboração de justificativas para contratação dos reparos necessários. Esta pesquisa tem como objetivo identificar e caracterizar as manifestações patológicas incidentes na mesoestrutura e superestrutura de cinco pontes de concreto armado no rio Itajaí-Mirim, localizado em Brusque/SC.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Brusque tem como limites os municípios de Gaspar, Itajaí, Camboriú, Guabiruba, Nova Trento e Botuverá (Minatti-Ferreira e Beaumord, 2006) e a sua população está estimada em 131.703 habitantes distribuídos em 283,223 km² (IBGE, 2017a).

As pontes estão localizadas na cidade de Brusque/SC (Figura 1), construídas sobre o rio Itajaí-Mirim, que faz parte da bacia do rio Itajaí-Açu/SC. O rio tem a sua nascente na cidade de Vidal Ramos/SC e a foz no município de Itajaí/SC (IBGE, 2017b), com uma área de drenagem de cerca de 1700 km² (Minatti-Ferreira e Beaumord, 2006).

Realizamos uma consulta ao Instituto Brusquense de Planejamento (IBPLAN), da Prefeitura Municipal de Brusque, afim de obtermos informações referentes as pontes: nome da ponte, tipo de estrutura, localização e sistema construtivo.

A ponte Antônio Nicolau Maluche (ponte 1) faz a intersecção entre as avenidas Hugo Schlösser e Cyro Gevaerd (27°05'56.2"S e 48°55' 38.9"W); a ponte Arthur Schlösser (ponte 2) faz a continuidade da rua Prefeito Germano Schaeffer (27°06'01.5"S e 48°54'48.1"W) entre as margens do rio; a ponte Mário Olinger (ponte 3) a ligação entre as ruas Barão do Rio Branco e Sete de Setembro (27°05'25.3"S e 48°54'27.2"W); a ponte do Trabalhador (ponte 4) une a rua João Becker com a Victor Meirelles (27°04'56.9"S e 48°54'30.2"W) e a ponte João Libério Benvenuti (ponte 5) a transposição da rua Luiz Gonzaga Werner (27°04'12.6"S e 48°53'22.4"W) (Figura 1).

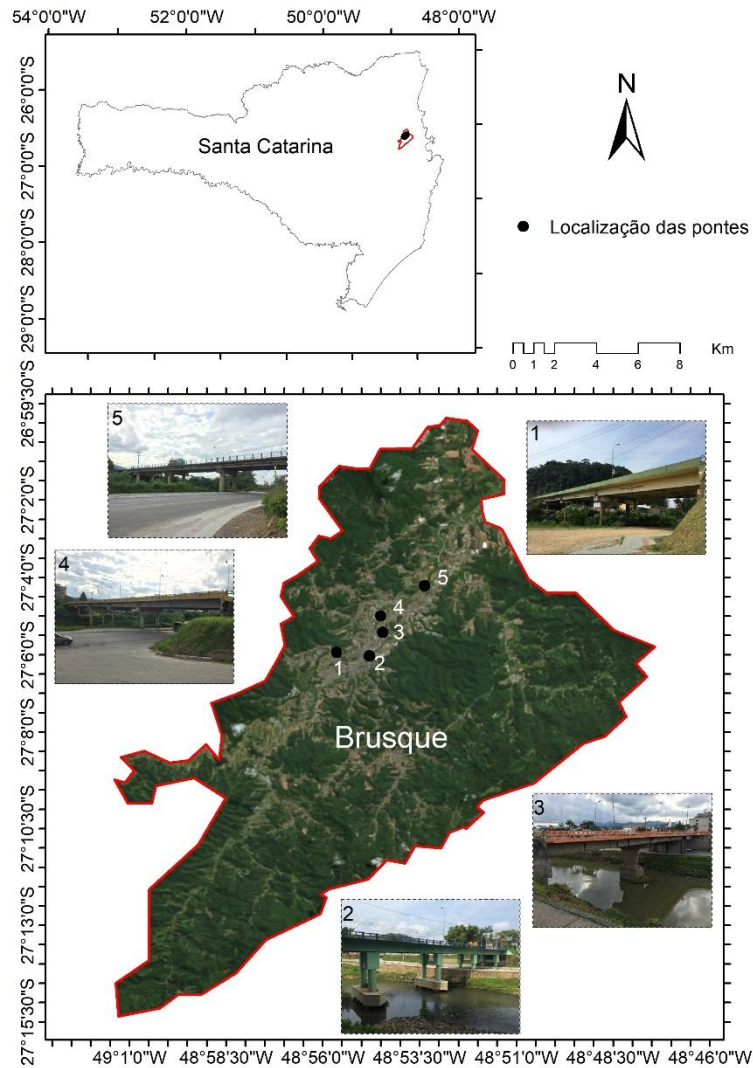


FIGURA 1: Localização do município de Brusque/SC e das pontes avaliadas.

FONTE: Elaboração própria.

2.2. AMOSTRAGEM (FICHA DE INSPEÇÃO CADASTRAL)

Adaptamos a ficha de inspeção cadastral (Anexo A, p.10) da Norma do DNIT 10/2004 – PRO (Inspeção em Pontes e Viadutos de Concreto Armado e Protendido – Procedimento) que fixa as condições para a realização de inspeções, com a ficha de inspeção cadastral (mesoestrutura e superestrutura) proposta por Vitório (2006).

Verificamos as seguintes características nas cinco pontes: 1) largura/comprimento total: com uma trena de vidro (50 m) medimos o comprimento total entre as cabeceiras e a largura total, abrangendo os passeios; 2) número de faixas: observação visual; 3) acostamento: presença/ausência e a largura; 4) pavimento: observação visual (concreto/asfalto); 5) passeio público: presença/ausência e a largura; 6) levantamento quantitativo (visual) de elementos estruturais (encontros; pilares; vigas; longarinas; vigas transversinas; laje de tabuleiro; laje de passeio; pingadeiras; guarda-corpo; e guarda-rodas). As diferentes características foram anotadas na ficha de inspeção cadastral, através das saídas a campo realizadas nos meses de abril e maio de 2018.

2.3. REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS ESTRUTURAS DAS PONTES

As fotografias foram feitas a uma distância/ângulo não pré-definido em razão da acessibilidade às estruturas. Para cada ponte realizamos os seguintes registros: a) vista lateral direita/esquerda contemplando toda a extensão da ponte; b) vista frontal da pista de rolamento (cabeceira direita/esquerda), abrangendo quantidade de faixas, acostamentos, tipos de pavimentos e guarda-rodas; c) passeios (direito/esquerdo); d) guarda-corpo (direito/esquerdo); e) laje; g) vigas longarinas e transversinas; h) pilares.

2.4. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Verificamos a ocorrência de manifestações patológicas nos encontros e pilares; vigas longarinas/transversinas, lajes de tabuleiro, lajes de passeio e pingadeiras; guarda-corpos e guarda-rodas. As manifestações registradas contemplam: a) fissuras, trincas, rachaduras, fendas e brechas; b) desagregação do concreto (DNIT, 2004; Santos 2015); c) manchas e infiltração do concreto; d) eflorescência; e) segregação do concreto e corrosão das armaduras (Tabela 1). Todas as manifestações patológicas foram registradas em planilhas e realizamos o registro fotográfico (com e sem escala).

TABELA 1: Definição das principais manifestações patológicas verificadas.

Manifestação patológica	Características
fissuras, trincas, rachaduras, fendas e brechas	fissura (0,5 mm), trincas (0,5 a 1,5 mm), rachaduras (1,5 a 5,0 mm). fendas (5,0 a 10,0 acima de mm) e brecha (10,0 mm)
desagregação do concreto	a desintegração da massa do concreto, com seus componentes, perdendo a coesão entre eles. Perda de aderência entre concreto e aço causado pelo acúmulo do produto da corrosão, os quais, podem levar ao deslocamento do concreto nos estágios mais avançados.
manchas e Infiltração do concreto	a ação de qualquer fluido que possa atravessar o concreto e ocasionar a formação de manchas
Eflorescências	depósitos de cor branca na superfície do concreto (carbonato de cálcio insolúvel) são o produto da lixiviação do hidróxido de cálcio
segregação do concreto	separação dos componentes da mistura de concreto fresco de tal forma que sua distribuição deixe de ser uniforme
corrosão das armaduras	a destruição do aço causando danos estruturais por conta da diminuição transversal das barras, e a perda de aderência entre concreto e aço

FONTE: a) Thomaz (2003); b) DNIT (2004); Santos (2015).; c) adaptado de Shirakawa (1995); Oliveira e Silva Nunes (2020); d) Gentil (2014); e) Metha e Monteiro (2014); Santos (2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cinco pontes têm como sistema estrutural as vigas retas, com larguras que variam entre 10.8m (ponte 2) a 16.5m (ponte 1) e extensões totais de 62.96 (ponte 3) a 108m (ponte 4). O número de faixas (iguais) variam entre 2 e 4; não possuem acostamento e somente a ponte 2 conta uma ciclovia. Todas possuem dois passeios de tamanhos variados sendo que a ponte 1 tem o guarda-corpo do tipo New Jersey; a ponte 5 de concreto armado/aço e as demais do tipo padrão. Nas pontes 1 e 3 o pavimento é asfáltico e as pontes 2, 4 e 5 de concreto (Tabela 2). Na ponte 1 a seção tipo das vigas são retangulares e dos pilares

variam entre retangulares e circulares; as pontes 2,4,5 com seções retangulares e pilares circulares; na ponte 3 a seção e os pilares são retangulares.

TABELA 2: Características gerais das pontes avaliadas.

(Legenda: VR=viga reta; CA=concreto armado; A=asfáltico; C=concreto)

Ponte	sistema estrutural	largura total (m)	comprimento total (m)	material	largura total da pista	nº faixas	acostamento	ciclovía (quant./m)	passeios (quant./m) tipo guarda-corpo	tipo de pavimento
1	VR	16.5	104.6	CA	12.5	4	não	não	2 (2m); <i>New Jersey</i>	A
2	VR	10.8	73.96	CA	6.28	2	não	0.80 m	2 (1.92/1.60m); padrão	C
3	VR	14.4	62.96	CA	11.23	3	não	não	2 (1.57); padrão	A
4	VR	11.4	108	CA	8	2	não	não	2 (1.10); padrão	C
5	VR	11.41	70.48	CA	7.11	2	não	não	2 (2.15); concreto armado e aço	C

Com relação aos elementos estruturais todas as pontes apresentaram 2 encontros com exceção da ponte 3 (n=1); as pontes com maior extensão (pontes 4 e 1) possuem 18 pilares e a de menor extensão (ponte 3) dois pilares. O número de vigas longarinas tem uma variação entre duas (ponte 2) e sete (ponte 3); vigas transversinas entre 15 (ponte 2) e 3 (ponte 3); pingadeiras entre 10 (ponte 2) e 60 (ponte 4). Todas as pontes com uma pingadeira, duas lajes de passeio, guarda-corpo e guarda-rodas (Tabela 3).

TABELA 3: Elementos estruturais das pontes avaliadas.

Ponte	encontros	pilares	vigas longarinas	vigas transversinas	lajes de tabuleiro	lajes de passeio	pingadeiras	guarda-corpo	guarda-rodas
1	2	18	4	12	1	2	44	2	2
2	2	10	2	15	1	2	10	2	2
3	1	2	7	3	1	2	20	2	2
4	2	18	5	11	1	2	60	2	2
5	2	10	6	9	1	2	32	2	2

As principais manifestações patológicas identificadas nas estruturas das cinco pontes avaliadas foram manchas de infiltração, desagregação do concreto e corrosão das armaduras nas pingadeiras, com 23,26% das ocorrências (n=60); seguidas por manchas de infiltração, desagregação do concreto e corrosão das armaduras nas vigas longarinas e desagregação do concreto e corrosão das armaduras nas pingadeiras com 17,05% das ocorrências (n=44); e manchas de infiltração nas pingadeiras das vigas longarinas e manchas de infiltração, desagregação do concreto e corrosão das armaduras (nas pingadeiras) das lajes de passeio com 11,63% das ocorrências (n=30). As demais manifestações patológicas somadas representam

19,38% (n=50) (Figura 2; Tabela 4). Não registramos nas 5 pontes analisadas manifestações patológicas associadas ao guarda-corpo (ponte 1,3,4,5), guarda-rodas (ponte 1,2,3,4), encontros (ponte 1, 2,3,4), laje de passeio (ponte 1,3), pingadeiras (ponte 3,5), pilares (ponte 2,4), vigas transversinas (ponte 1,2,4,5,) e vigas longarinas (ponte 3,5).

TABELA 4: Manifestações patológicas encontradas em cinco pontes que transpõe o rio Itajaí-Mirim (Brusque/SC).

Ponte	Estrutura	Manifestações patológicas	N	%
1	pilares	degradação do concreto e corrosão da armadura	3	1,16
		vigas longarinas	manchas de infiltração	44
	desagregação do concreto e corrosão da armadura		1	0,39
	crescimento de vegetação		3	1,16
	rachaduras		2	0,78
	lajes de tabuleiro	desagregação do concreto e corrosão das armaduras	2	0,78
pingadeiras	desagregação do concreto e corrosão das armaduras	44	17,05	
2	vigas longarinas	desagregação do concreto e corrosão das armaduras	2	0,78
		vigas transversinas	desagregação do concreto e corrosão das armaduras	3
	manchas de infiltração/eflorescência		1	0,39
	laje de passeio	manchas de infiltração em toda a extremidade	2	0,78
	pingadeiras	desagregação do concreto e corrosão das armaduras	10	3,88
guarda-corpos	desagregação do concreto e corrosão das armaduras	1	0,39	
3	pilares	desagregação do concreto e corrosão das armaduras	1	0,39
		manchas de infiltração do concreto em todo o perímetro do pilar	1	0,39
	vigas transversinas	segregação do concreto e corrosão das armaduras nas vigas transversinas	1	0,39
		desagregação do concreto e corrosão das armaduras	2	0,78
4	vigas longarinas	manchas de infiltração nas pingadeiras	30	11,63
		manchas de eflorescência	3	1,16
	laje de tabuleiro	desagregação do concreto e corrosão das armaduras	1	0,39
	laje de passeio	manchas de infiltração, desagregação do concreto e corrosão das armaduras (nas pingadeiras)	30	11,63
		manchas de infiltração nas extremidades	2	0,78
pingadeiras	manchas de infiltração, desagregação do concreto e corrosão das armaduras	60	23,26	
5	Encontros	desagregação do concreto e corrosão das armaduras	1	0,39
	Pilares	desagregação do concreto e corrosão das armaduras	1	0,39
	laje de passeio	manchas de infiltração nas extremidades	2	
	guarda-rodas	desagregação do concreto e corrosão das armaduras	2	



FIGURA 2: Principais manifestações patológicas identificadas: A = manchas de infiltração na ponte 1; B = desagregação do concreto e corrosão das armaduras na ponte 1; C = manchas de infiltração nas pingadeiras das vigas longarinas da ponte 4; D e E = manchas de infiltração, desagregação do concreto e corrosão das armaduras da laje de passeio da ponte 4; F = manchas de infiltração, desagregação do concreto e corrosão das armaduras nas pingadeiras.
Fonte: Elaboração própria.

As manifestações encontradas na ponte que transpõe o rio Itajaí-Açu II, na Br 101/SC foram apresentadas brevemente por Silva et al (2017), entre elas a corrosão, o deslocamento das armaduras e eflorescência nas lajes; fissuras na viga longitudinal; manchas de umidade na viga principal; o esmagamento e ressecamento dos aparelhos de apoio; a deformação, trincas e buracos no pavimento e o desgaste superficial do concreto e nichos de concretagem no pilar, nas pontes que avaliamos neste trabalho encontramos corrosão das armaduras (pontes, 1,2,3,4,5), a eflorescência nas vigas transversinas (ponte 2) e vigas longarinas (ponte 4), sendo que as demais manifestações patológicas não foram não foram identificadas.

A ponte sobre o rio Igarassu na BR 101/PE foi analisada por Santos e Vitorio (2016), sendo que na superestrutura identificaram a ausência da junta de dilatação nas extremidades do tabuleiro, manchas de infiltração e corrosão das armaduras das vigas e lajes, nas longarinas intermediárias fissuras e descolamento do revestimento e na mesoestrutura alguns pêndulos com concreto parcialmente destruído e as armaduras expostas, corroídas e sem aderência, encontros e o pilar com manchas de infiltrações do tabuleiro e fissuras. Em nosso estudo, manchas de infiltração estavam presentes na ponte 1 e 4 (vigas longarinas), ponte 2 (vigas transversinas), ponte 3 (pilares), ponte 4 (lajes de passeio e pingadeiras), além da corrosão das armaduras (ponte 1,2,3,4,5).

Maria Júnior e Gonçalves (2017) realizaram uma inspeção da Segunda Ponte do Bairro Ribeiro de Abreu, em Belo Horizonte/MG, detectando ressaltos e corrosão da pista de rolamento e a armadura descoberta do tabuleiro. Os autores também supõem o surgimento de patologias na estrutura (pilares, contenção) provenientes do acúmulo de lixo. Encontramos manchas de infiltração na laje de passeio (ponte 2, 4 e 5) sendo que na ponte 4 ela estava associada desagregação do concreto e corrosão das armaduras, não sendo possível inferir uma causa para a ocorrência. Santos et al (2017) em um levantamento na ponte localizada na saída do município de Belém/PB, em direção ao município de Tacima/PB, encontraram trincas no pavimento flexível e em um dos muros de arrimo da parte inferior a presença de eflorescências, gás carbônico e umidade. Além disso, verificaram também a ausência de guarda-corpos, a presença de trincas e desagregação do concreto no muro de contenção da parte inferior e a corrosão das vigas. As trincas não foram registradas nas pontes que avaliamos neste estudo, porém as eflorescências estavam presentes nas

vigas transversinas (ponte 2) e vigas longarinas (ponte 4) e o registro da corrosão do concreto no guarda-corpo (ponte 2).

Sousa et al (2017) analisaram as patologias de uma ponte rodoviária sobre o rio Paraíba (PB) e elencaram o cobrimento insuficiente de concreto na viga da estrutura de apoio; a corrosão das armaduras, manchas de carbonatação e manchas de umidade nas vigas; fissuras e trincas na estrutura de apoio do pilar; acúmulo de terra obstruindo os drenos e a deterioração dos guarda-corpos. Nas pontes que avaliamos, registramos a corrosão e a degradação do concreto em diferentes estruturas como a do guarda-corpo (ponte 2).

Rocha et al (2015) observaram as patologias que ocorreram em cinco pontes na área metropolitana de Recife/PE. Na ponte Princesa Isabel (eflorescências, rachaduras e exposição ao reforço e corrosão/deterioração do concreto); na ponte Governador Amagedon Magalhães (manchas de umidade nas travessas e reforço exposto em alto estado de corrosão no bases de apoio); na ponte giratória Bridge (armadura exposta, infiltração generalizada); na ponte Paulo Guerra (pontos de infiltração ao lado dos drenos); e na ponte Aldeia (pista com rachaduras, deformações, corrosão e deterioração do concreto; lajes expostas, corroídas, com eflorescências e lixiviação com a formação de estalactites). Por sua vez, Silva (2015) encontrou na 4ª Ponte sobre o Rio Acre, no município de Rio Branco/AC, corrosões nos pilares e no caixão metálico, a presença de umidade, infiltrações e eflorescência na laje superior, o deslocamento da estrutura na região da junta de dilatação que separa o acesso metálico com o tabuleiro de concreto pretendido.

A análise de Medeiros et al (2020) com relação as patologias da ponte de concreto armado sobre o Rio do Carmo, localizada no km 36 da BR-110 próximo à cidade Mossoró/RN, resultaram na identificação de trincas e fissuras, erosão (abrasão), acúmulo de materiais flutuantes na transição do pilar-tubulão, manchas de umidade, eflorescência, deslocamento, desagregação do concreto, “ninhos” de concretagem, áreas com cobrimento insuficiente, corrosão de armaduras, armaduras expostas, corroídas, rompidas, patologias por causas físicas na pavimentação e juntas de dilatação. Neste sentido, em nosso estudo identificamos manifestações patológicas como eflorescência (ponte 2,4), deterioração do concreto (ponte 1,2,3,4,5) e pontos de infiltração (ponte 1,2,3,4).

4. CONCLUSÕES

A inspeção periódica das estruturas em concreto armado é necessária para a identificação de intercorrências. As diferentes manifestações patológicas podem estar associadas a diferentes causas, ou a sinergia delas, originadas em possíveis “erros” na elaboração do projeto, execução ou ausência/ falta de periodicidade na manutenção. Através do método utilizado neste estudo identificamos a presença de manifestações patológicas em todas as pontes analisadas, o que permite inferir a ausência, a precariedade ou a necessidade de ações periódicas por parte da administração pública a fim de evitar a expansão delas assim como os transtornos aos usuários e o aumento do custo dos reparos. Os resultados indicaram as manchas de infiltração, a desagregação do concreto e corrosão das armaduras como sendo as manifestações mais recorrentes; as quais estavam presentes nas pingadeiras (23%) e nas vigas longarinas (11%). Algumas manifestações não foram registradas nas 5 pontes analisadas como as associadas ao guarda-corpo (ponte 1,3,4,5), guarda-rodas (ponte 1,2,3,4), encontros (ponte 1, 2,3,4), laje de passeio (ponte 1,3), pingadeiras (ponte 3,5), pilares (ponte 2,4), vigas transversinas (ponte 1,2,4,5,) e vigas longarinas (ponte 3,5).

Desta forma, constatamos a necessidade de pesquisas futuras que possam identificar “novas” manifestações patológicas nestas estruturas. Ações reparadoras tornam-se necessárias nas pontes analisadas afim de zelar pela segurança dos usuários e a conseqüente diminuição dos gastos públicos. Cabe a administração pública implementar diferentes medidas preventivas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7187: **Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento** (1. ed.). Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. (2. Ed) Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 7188: **Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas** (2. ed.). Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – procedimento** (3 ed.). Rio de Janeiro, 2014.

ARAÚJO, A.; PANASSIAN, Z. **Inspeção rotineira de estruturas de concreto armado expostas a atmosferas agressivas**. *Téchne*, 177, 58-64. 2011.

BASTOS, H.C.N.; MIRANDA, M.Z. **Principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos: manuseio e manutenção das obras de arte especiais**. *Revista CONSTRUINDO*, 9, 93–101. 2017.

BEZERRA, D.P.; DINIZ, M.I.L.; SOUSA, K.S.F.; DELFINO, L.M. **Avaliação Patológica e Proposta de Restauração em Estruturas de Concreto Armado – Estudo de Caso de uma Ponte do Município de Pirpirituba – PB**. In *Anais do X Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas*, 239, (pp. 1-10). <http://www.abpe.org.br/trabalhos2018.htm>. Rio de Janeiro/RJ. 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários**. - Rio de Janeiro, 159p. (IPR. Publ., 744), 2010. https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/744_manual_recuperacao_pontes_viadutos.pdf

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. DNIT 010/2004 - **PRO: inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **Manual de manutenção de obras de arte especiais - OAES: manual de manutenção de obras de arte especiais – OAE's**. Brasília, 2010.

FARRAPO, M.A.F.; AMORIM, B.R.; FURTADO, F.A.; MONTEIRO, L.M.S.; LINHARES, P.R.P.; COELHO, F.C.A. **Análise das manifestações patológicas apresentadas na ponte sobre o rio Aracaú, Sobral-PE**. In *Anais do Congresso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras*, 2013. http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/A1_099.pdf. João Pessoa/PB.

FREITAS, B.A.; SOUSA, A.O.; SANTOS, A.F.S.; FARIAS, M.L.A. **Estudo das manifestações patológicas em pontes de concreto armado na região do Curimataú Oriental Paraibano**. In *Anais da Conferência nacional de patologia e recuperação de estruturas*. 2017. <http://revistas.poli.br/~anais/index.php/CONPAR/article/view/598>. Recife/PE

GENTIL, V. **Corrosão** (6 ed.). Rio de Janeiro: LTC. 2014.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Editora Pini Ltda. 1992. 216p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama sobre o município de Brusque/SC**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/brusque/panorama>. 2017a.

_____. **Catálogo/Biblioteca: Rio Itajai-Mirim**. <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=449452&view=detalhes>. 2017b.

KROETZ, D.; MARTINS DE QUADROS, G. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: dez pilares fundamentais**. *Revista dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Engenharia de Produção*, 2(1), 55-79. 2017.

LOURENÇO, L.C.; ALVES, V.R.; JORDY, J.C.; MENDES, L.C. **Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais**. *Engenharia Civil- Universidade do Minho*, 34, 5-14. 2009.

MAIA, D.A.; BARBOSA, A.H. **Descrição qualitativa das manifestações patológicas da ponte Presidente Dutra**. CONPAR– In *Anais da Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas*. 2017. <http://revistas.poli.br/index.php/CONPAR/article/view/676>. Recife/PE.

MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado** (1 ed.). São Paulo: Edgar Blücher. 2008.

- MARIA JÚNIOR, A.F.; GONÇALVES, G.S. **Estudo das Manifestações Patológicas na Segunda Ponte do Ribeiro de Abreu**. Revista Pensar Engenharia, 5(2). 2017.
- MEDEIROS, A.G.; SA, M.V.V.A.; SILVA FILHO, J.N.; ANJOS, M.A.S. **Aplicação de metodologias de inspeção em ponte de concreto armado**. Ambiente Construído, 20(3), 687-702. 2020.
- MENDES, L.C.; LOURENÇO, L.C.; ALVES, V.R.; LOURENÇO, M.V.C.; JORDY, J.C. **Pontes em concreto armado em meios de elevada agressividade ambiental**. In Anais do Congresso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. www.cinpar2010.com.ar. Córdoba/Argentina. 2010.
- MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais** (2 ed.) São Paulo: Nicole Pagan Hasparyk. 782p. 2014.
- MINATTI-FERREIRA, D.D.; BEAUMORD, A.C. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: aspectos físicos**. Revista Saúde e Ambiente, 7(1), 39-47. 2006.
- NUNES, P.C.C. **Estudo das pontes**. Revista Tecnologias em Projeção, 10(2), 121-134. 2019.
- OLIVEIRA, F.; OLIVEIRA, F.; ARAÚJO, W. **Avaliação e Recuperação de Estrutura de Concreto Armado: Um Estudo de Caso**. In Anais da Conferência nacional de patologia e recuperação de estruturas. 2017. <http://revistas.poli.br/index.php/CONPAR/article/view/640>. Recife/PE.
- OLIVEIRA, L.A.A.; SILVA NUNES, L.A. **Estudo da infiltração por umidade ascendente em residências unifamiliares**. Universidade Federal rural do semiárido - Ufersa Curso de bacharelado em ciência e tecnologia.2020. <http://ufersa.edu.br>
- PFEIL, W. **Pontes em concreto armado: elementos de projetos, solicitações, dimensionamento**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. 1979.
- RILEM, T.C. **Recommendations for the Testing and Use of Constructions Materials**. Editor(s): RILEM, 640p. 1994.
- ROCHA, E.A.; MELO, F.J.S.A.; SILVA, S.V.; MONTEIRO, E.C.B.M.; GALVÃO, R.G. **Pathological Manifestations on Concrete Bridges at Recife's Metropolitan Area**. Journal of Civil Engineering and Architecture, 9, 1060-1068, 2015
- ROHAN, U.; SOARES, C.A.P.; FRANÇA, S.L.S.; MEIRINÕ, M.J. **Agressividade ambiental em estruturas de pontes e os impactos negativos ao meio ambiente dessas construções: análise per - modelo pressão-estado-resposta**. Área temática: Gestão Ambiental e Sustentabilidade. In Anais do XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão & III Inovarse-Responsabilidade Social Aplicada. 29 a 20 de dezembro de 2016. https://www.inovarse.org/sites/default/files/T16_390.pdf. 2016.
- SANTOS, A. V. B. **Corrosão de armadura em estruturas de concreto armado devido a carbonatação**. Revista Especialize On-line IPOG, 10(1). 2015.
- SANTOS, D.C.P.; VITÓRIO, J.A.P. **Um Estudo das Manifestações Patológicas e das Condições Estruturais da Ponte sobre o Rio Igarassu na BR 101/PE**. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, 1(3), 105-114. 2016.
- SANTOS, A.G.F.S.; SOUSA, A.O.; FARIAS, M.L.A.; PONTES, V.F.J. **Levantamento das manifestações patológicas de uma ponte de concreto armado junto as suas possíveis técnicas de recuperação**. In Anais da Conferência nacional de patologia e recuperação de estruturas. <http://revistas.poli.br/~anais/index.php/CONPAR/article/view/621>. Recife/PE. 2017.
- SHIRAKAWA, M.A.; MONTEIRO, M.B.; SILVA, S.; CONCOTTO, M.A. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassas com bolor evidente**. In Anais do I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. <https://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/36-identificacao-de-fungos-em-revestimentos-de-argamassa-com-bolor-evidente>. Goiania/GO. 1995.
- SILVA, V.M. **Análise das manifestações patológicas verificadas na 4ª Ponte sobre o Rio Acre, Rio Branco – AC**. Revista Especialize On-line IPOG, 10(1), 1-14. 2015.
- SILVA, A.C.; CAMPOS, G.R.; SANTOS FILHO, M.L.S. **Análise de manifestações patológicas em obras de artes especiais – estudo de caso e propostas de recuperação**. Revista Técnico-Científica do CREA-PR, 1-15. 2017.
- SITTER, W.R. **Costs for service life optimization. The “Law of fives”**. In CEBRILEM. Durability of concrete structures. Proceedings of the international workshop held in Copenhagen, p. 18-20, Copenhagen. (Workshop Report by Steen Rostam). 1984.

SOUSA, N.M.; NASCIMENTO, E.; PORTELA, M.; FIGUEIREDO, A. **Estudo de caso: avaliação patológica da ponte rodoviária da rua José Borba Filho, Monteiro-PB.** In Anais da Conferência nacional de patologia e recuperação de estruturas, <http://revistas.poli.br/~anais/index.php/CONPAR/article/view/621>. Recife/PE. 2017.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** Co-edição IPT/EPUSP/PINI, 2003.

VITÓRIO, J.A.P. **Vistorias, conservação e gestão de pontes e viadutos de concreto.** In Anais do Congresso Brasileiro do Concreto, http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Vistorias_Conservacao_Gestao_Pontes_Viadutos_Concreto.pdf. Rio de Janeiro/RJ. 2006.