

Identificação de manifestações patológicas em pontes de concreto armado e metálicas

Identification of pathological manifestations in reinforced and metallic bridges

DOI:10.34117/bjdv8n12-233

Recebimento dos originais: 14/11/2022

Aceitação para publicação: 22/12/2022

Maria Eduarda Ribeiro da Silva

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
Endereço: R. Godofredo Viana, 1300, Centro, Imperatriz - MA, CEP: 65900-000
E-mail: mariasilva.20180040242@uemasul.edu.br

Victor Hugo Ferreira Vieira Fernandes

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
Endereço: R. Godofredo Viana, 1300, Centro, Imperatriz - MA, CEP: 65900-000
E-mail: victorfernandes.20180040387@uemasul.edu.br

Waleff Alves de Sousa

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
Endereço: R. Godofredo Viana, 1300, Centro, Imperatriz - MA, CEP: 65900-000
E-mail: waleffsousa.20180035215@uemasul.edu.br

Vinícius de Sousa Lima

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
Endereço: R. Godofredo Viana, 1300, Centro, Imperatriz - MA, CEP: 65900-000
E-mail: viniciuslima.20180040313@uemasul.edu.br

Bruno Silva Lacerda

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
Endereço: R. Godofredo Viana, 1300, Centro, Imperatriz - MA, CEP: 65900-000
E-mail: brunolacerda.20180040046@uemasul.edu.br

Sandriel Lima Nascimento

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
Endereço: R. Godofredo Viana, 1300, Centro, Imperatriz - MA, CEP: 65900-000
E-mail: sandrielnascimento.20180040180@uemasul.edu.br

Debora Ferreira Matos

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
Endereço: R. Godofredo Viana, 1300, Centro, Imperatriz - MA, CEP: 65900-000
E-mail: deboramatos.20180040396@uemasul.edu.br

Randal Silva Gomes

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
Endereço: R. Godofredo Viana, 1300, Centro, Imperatriz - MA, CEP: 65900-000
E-mail: randal.gomes@hotmail.com

RESUMO

O presente artigo trata-se de uma revisão de literatura que expõe sobre o conhecimento de patologias em pontes, fortalecendo, assim, o acervo literário existente. A ausência de manutenção é uma das condições que mais ocasionam o surgimento de manifestações patológicas, tais como: fissuras e trincas, flambagem, corrosão, desagregação, eflorescência e manchas. Dentro desse contexto, analisou-se diversos artigos e produções científicas que apresentavam no seu escopo patologias em pontes. Então, através de estudos de casos, as manifestações patológicas encontradas foram esclarecidas e aprofundadas, de modo a encontrar os motivos a que levaram a essas patologias. Por fim, chegou-se a conclusão de que as pontes de concreto armado apresentam como principais patologias as fissuras, já as pontes metálicas apresentam a corrosão, química ou eletroquímica, como principal patologia, além da fadiga e a deformação.

Palavras-chave: pontes, patologias, estudo de caso.

ABSTRACT

This article is a literature review that exposes the knowledge of pathologies in bridges, thus strengthening the existing literary collection. The lack of maintenance is one of the conditions that most cause the emergence of pathological manifestations, such as: fissures and cracks, buckling, corrosion, disintegration, efflorescence and stains. Within this context, several articles and scientific productions that presented bridge pathologies in their scope were analyzed. Then, through case studies, the pathological manifestations found were clarified and deepened, in order to find the reasons that led to these pathologies. Finally, it was concluded that reinforced concrete bridges have cracks as the main pathologies, while metal bridges have corrosion, chemical or electrochemical, as the main pathology, in addition to fatigue and deformation.

Keywords: bridges, pathologies, case study.

1 INTRODUÇÃO

O termo ponte é utilizado em um tipo de obra que pode permitir a transposição de obstáculos, permitindo dar continuidade a comunicação de uma via qualquer, por exemplo, ultrapassar rios, vales profundos, braços de mar e outras vias e interrupções, sendo que, em casos que o curso d'água apresente grandes dimensões, torna-se necessário o uso da estrutura conhecida como viadutos (MARCHETTI, 2018).

As pontes e viadutos principalmente em grandes cidades, são vistos como equipamentos urbanos de ordem indispensável para o cotidiano da população, pois, projetam como irá ocorrer o escoamento das vias, articulando as formas de cruzamentos

de grandes avenidas e diminuindo caminhos para compensar acidentes geográficos (BASTOS e MIRANDA, 2017).

Conforme Cavalcante (2019), as pontes apresentam importância considerável na evolução da engenharia civil, pois, representa o uso de tecnologias inovadoras e criativas que objetiva vencer condições desfavoráveis (climáticas, geológicas, logísticas e arquitetônicas), relacionando-se de forma direta com nível de desenvolvimento presentes nas cidades, tornando-se indispensável no âmbito econômico devido estar interligado ao transporte de pessoas e/ou mercadorias.

Esses tipos de obras-de-arte especiais (OAE) são consideradas fundamentais na composição de sistemas viários, podendo ser composto de diversos materiais, como, por exemplo, madeira, concreto armado, concreto protendido e aço, sendo que, é necessário levar em consideração a necessidade de conhecer a área da Engenharia de Estruturas, que objetiva analisar a durabilidade da estrutura, relacionando-as com os parâmetros que o atingem (MASCARENHAS, 2019).

De acordo com Pinheiro et al. (2018) a ausência de manutenção é uma das condições que mais ocasionam a baixa durabilidade do material, acarretando o surgimento de manifestações patológicas, sendo assim, diversas pesquisas são elaboradas com o intuito de prever as possíveis manifestações patológicas e conseqüentemente prolongar o tempo de vida útil abordado dentro dos padrões de segurança que estão presentes na qualidade da edificação.

O objetivo desse trabalho é desenvolver estudos baseado em revisão de literatura, acerca do conhecimento de patologias no âmbito das pontes, de modo a fortalecer o acervo literário existente.

2 METODOLOGIA

A metodologia possui elementos que o caracterizam como um estudo principais exploratório descritivo, sendo utilizada para desvendar as principais patologias enfrentadas por profissionais da construção civil durante a vida útil das pontes, tal pesquisa foi baseada em uma revisão bibliográfica, fornecendo embasamento teórico através do estudo de artigos e livros para a abordagem do tema.

Assim, para descrever os principais eventos patológicos, suas origens e possíveis causas desses defeitos de construção foram analisados estudos de caso, nos quais foram selecionadas as seguintes pontes: a ponte Governador Magalhães Pinto, no município de

Raposos em Minas Gerais e a ponte Florentina Ávidos no município de Vitória em Espírito Santo.

3 PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO

O concreto é obtido pela composição de cimento, água, agregado graúdo, agregado miúdo e aditivo, que ao incorporar barras de aço cria-se uma estrutura de concreto armado (BOSISIO et al., 2017). A junção desses elementos proporciona ao material algumas vantagens como boa resistência à compressão e durabilidade, fazendo com que seja o material mais utilizado em estruturas de obras de pequeno, grande e médio porte (MORAIS, 2020). Assim, de acordo com NBR 6118:2014 “*Projeto de estruturas de concreto — Procedimento*” a estrutura deve apresentar a capacidade de resistir às influências ambientais previstas e definidas no projeto, apresentando segurança, estabilidade e aptidão durante a sua vida útil.

No entanto, para Moraes (2020) fatores como o seguimento do projeto, a concretagem, a cura e a devida manutenção de uma estrutura influenciam na sua durabilidade, que conforme a NBR 15575-2013: *parte 1 “Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais”* deve ser de no mínimo 50 anos. Diante disso, para Cirino (2020) essas estruturas podem apresentar manifestações patológicas, tais como: fissuras e trincas, flambagem, corrosão, desagregação, eflorescência e manchas.

3.1 FISSURAS

A fissura é a manifestação patológica mais frequente na estrutura de concreto armado e, ocorre quando há perda da uniformidade da camada superficial podendo variar de 0,5mm de abertura até profundidades maiores (GUEDES et al., 2021). Para Sena et al. (2020), comumente podem aparecer desde a concretagem até anos após de uso, demonstrando problema estético ou até mesmo a funcionalidade da estrutura. As fissuras podem ser causadas por: rápida evaporação e cura inadequada, excesso ou escassez de armadura, falta de juntas de dilatação, má distribuição de tensões, recalques, sobrecargas, movimentações térmicas e higroscópicas, entre outros fatores (CAMPOS, 2021).

Um dos principais problemas dessa patologia é que ela se torna um caminho para a entrada de agentes agressivos ao interior da estrutura que podem ocasionar a deterioração da armadura por corrosão, comprometendo a sua função estrutural (LOPES, 2019; PINHEIRO, 2021). Devido a isso, sempre que houver o surgimento desta patologia deve-se realizar uma investigação a fim de saber a sua causa e o tratamento.

Essa patologia pode ser classificada quanto ao esforço atuante para a sua formação, sendo dividido em fissuras por tração pelo esforço de flexão, fissuras por compressão pelo esforço de flexão, fissuras pelo esforço cortante, fissuras pela torção, fissuras pela fluência, fissuras por retração e fissuras por deformações térmicas e higroscópicas (SARTORTI, 2008). Outra classificação é quanto a sua movimentação, que pode ser classificada em ativa que são aquelas que ainda apresentam movimentações e as passivas que são aquelas que já estão estabilizadas (RESENTE et al., 2018).

3.2 CARBONATAÇÃO

A carbonatação é o processo de reação físico-químico que ocorre entre os gases atmosféricos e o concreto armado, onde tem-se a penetração do gás carbônico (CO_2) pelos poros do concreto que ao reagir com o hidróxido de cálcio [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] forma o carbonato de cálcio (CaCO_3) e água (H_2O) (GUEDES et al., 2021; RODRIGUES e JÚNIOR, 2019). Esse processo ocorre da superfície para o interior da estrutura, reduzindo a alcalinidade do concreto, e destruindo a camada próxima das barras de aço, o que propicia o ambiente para a manifestação da corrosão nas armaduras (SILVA et al., 2019).

O processo de carbonatação conforme Carmo, Olivera e Souza (2019) é influenciado pela umidade, concentração de CO_2 no ambiente e relação água cimento, podendo gerar a perda da funcionalidade e segurança da estrutura. Dessa forma, segundo Rios et al. (2020) deve-se levar em consideração a espessura do revestimento normatizado pela NBR 6118:2014, visto que é a barreira que impede a comunicação entre o meio externo e as armaduras de aço no interior da estrutura.

3.3 ESTUDOS DE CASO

As pontes e viadutos de concreto armado estão sujeitos a vários mecanismos de deterioração, seja por ação do intemperismo ou mesmo por decorrência de sua utilização. Nesse sentido, a realização de frequentes manutenções é de suma importância para a preservação da funcionalidade e da vida útil dessas estruturas. Porém, na grande maioria dos casos, a manutenção adequada das pontes é insuficiente ou até mesmo inexistente, o que promove o surgimento de diversas patologias, sendo solucionadas apenas com uma recuperação emergencial da estrutura. Portanto, segundo o que afirma Mascarenhas et al. (2019), o procedimento de inspeção é fundamental para que a funcionalidade das estruturas de obras-de-arte especiais não seja afetada pelo surgimento de patologias.

De acordo com Mendes et al. (2010), o método de inspeção visual é o mais comum e importante, uma vez que este permite a detecção rápida das patologias existentes e torna possível a orientação da realização de ensaios e verificações em partes específicas das pontes. Nesse sentido, serão apresentados a seguir diferentes patologias observadas e inspecionadas por diversos autores em seus estudos de caso com distintas pontes de concreto armado.

Na inspeção visual realizada por Mascarenhas et al. (2019) sobre a Ponte Governador Magalhães Pinto, no município de Raposos, Minas Gerais, foram encontradas diversas patologias decorrentes de processos naturais e mecânicos. A Figura 1 apresenta uma patologia química decorrente do cobrimento inadequado e consequente exposição e corrosão da armadura principal da ponte.

Figura 1: Exposição e corrosão das armaduras da viga.



Fonte: Mascarenhas et al., 2019.

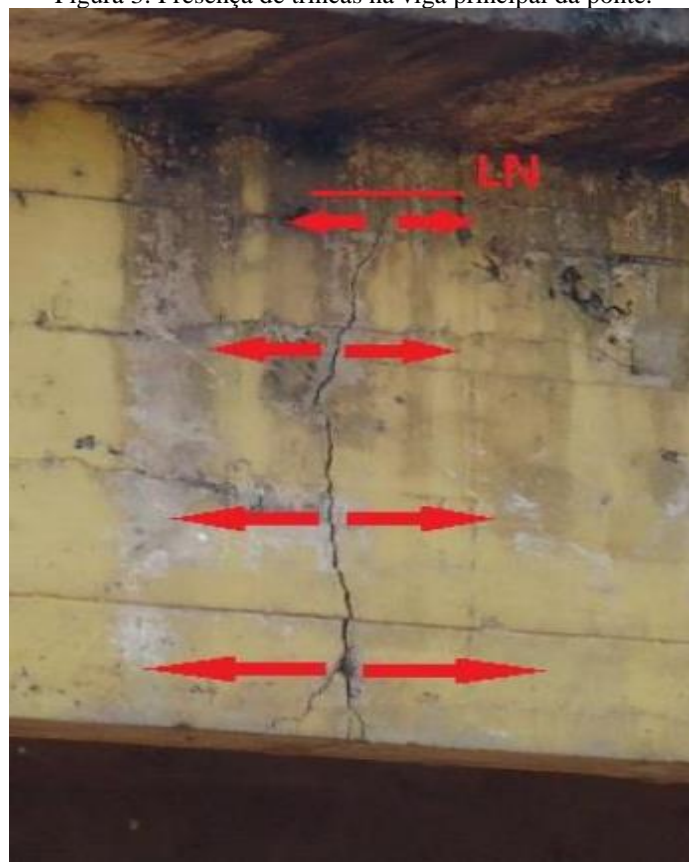
Além do destacamento do cobrimento apresentado na Figura 1, Mascarenhas et al. (2019) também encontraram patologias biológicas e mecânicas na ponte analisada, representadas, respectivamente, pelas Figuras 2 e 3. A patologia biológica consiste no surgimento de vegetação na estrutura principal da viga, enquanto que a patologia mecânica é caracterizada pela presença de fissuras e trincas decorrentes da sobrecarga na estrutura.

Figura 2: Surgimento de vegetação na estrutura principal da ponte.



Fonte: Mascarenhas et al., 2019.

Figura 3: Presença de trincas na viga principal da ponte.



Fonte: Mascarenhas et al., 2019.

4 PATOLOGIAS EM PONTES METÁLICAS

De acordo com Silva (2018), o aço é um material amplamente utilizado na construção civil, principalmente em pontes, devido a sua função estrutural, alta resistência e pela capacidade de vencer grandes vãos. Pontes estruturadas em aço têm como vantagem a instalação mais rápida quando comparada com o concreto armado (ARAÚJO, 2018). Assim, para uma edificação segura de estruturas metálicas, faz-se o uso da NBR 8800:2008 “*Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios*”, no qual estabelece regras básicas que devem ser seguidas no projeto.

Contudo, devido às intempéries a estrutura está sujeita a patologias que podem comprometer a funcionalidade, a estética e utilização, dentre estes estão a corrosão, deformações causadas pelo excesso de carga, fissuras e defeitos de solda (CAMPOS, 2021).

4.1 CORROSÃO

A corrosão pode ser definida como um fenômeno natural de deterioração do material por ação física, química e eletroquímica do material com o ambiente, podendo haver a combinação dos esforços mecânicos ou não (CAMPOS et al., 2021). Tal fator é a patologia mais comum em estruturas de aço, sendo responsável por grandes danos a estruturas de pontes expostas a fatores climáticos como chuvas, poluentes e isolamento, atingindo valores mais significativos em temperatura acima de 0°C e umidade relativa do ar superior a 80%, sendo geralmente influenciado por poluentes e sais higroscópicos (VITÓRIO, 2018).

De acordo com Queiroz (2020), a patologia resulta em aumento de tensão e mudanças nas propriedades geométricas dos elementos estruturais, que estão associados à perda de material, seja em nível microscópico local, como corrosão por pites, ou em áreas gerais, como corrosão superficial. A corrosão por pite é uma ação que cria descontinuidades locais e atuam como concentradores de tensão que aumentam a suscetibilidade à fadiga do material, já a corrosão superficial ou uniforme ocasiona perda da seção transversal da peça, provocando uma redução significativa na resistência à flexão axial e propriedades geométricas importantes do material (SARTORTI, 2008).

Segundo Pellizzer (2004), a corrosão resulta, no metal, perda das suas qualidades essenciais, tais como resistência mecânica, elasticidade e ductilidade, tornando o material pobre em termos destas propriedades. A principal constante para a perda pós-corrosão é elasticidade, pois as peças se tornam mais propensas a fraturas após corrosão do que antes

de sofrerem esse processo, portanto, pode-se dizer que a plasticidade - capacidade do objeto de não retornar à sua forma original após a deformação - torna-se maior nesse material (OLIVEIRA et al., 2004).

4.2 FADIGA

A fadiga pode ser definida como um processo localizado e gradativo no qual os danos estruturais se acumulam devido ao uso repetido de cargas dinâmicas externas, que podem fazer com que o material falhe em uma tensão inferior à da tensão de escoamento (OLIVEIRA et al., 2018). A capacidade de carga da peça é gradualmente reduzida devido à lenta ruptura que resulta em uma progressão quase infinita de fissuras que se formam dentro dele, esse crescimento ocorre a cada flutuação do estado de tensão, com cargas variáveis, periódicas ou não, causando deformações plásticas em alguns pontos que também mudam com o tempo, produzindo fissuras que continuam a crescer até atingirem um tamanho crítico suficiente para eventual ruptura, geralmente de forma abrupta, apresentando características macroscópicas (LIMA et al., 2018).

No século XX, observaram que a aplicação de cargas repetidas pode induzir a fadiga no mecanismo em materiais de engenharia, que levam aos três estágios característicos de uma falha por fadiga, que são: à nucleação de microfissuras, propagação de trincas, e por fim, ruptura estrutural (Ye et al., 2014). O primeiro estágio é geralmente imperceptível ao olho nu, visível apenas na escala microscópica, já o segundo estágio é uma estrutura semelhante a um marcador de praia que forma na área fraturada característica do processo de propagação de trincas, sendo o terceiro estágio a ruptura repentina do material (LIMA et al., 2018).

De acordo com Vitório (2022), o fenômeno da fadiga é de grande importância em construções novas e na avaliação de pontes existentes, por estar associada a movimentos repetitivos, o risco de falha por esse fenômeno depende do aumento do tráfego na ponte, idade da estrutura e magnitude do estresse causado pela ação variável, sendo de maior magnitude nas estruturas soldadas, sendo necessário adaptações para manter o nível de segurança previsto na norma NBR 8800:2008, isso porque são introduzidas tensões residuais pelo processo de soldagem.

4.3 DEFORMAÇÃO

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2004) as deformações em pontes de estrutura metálicas são originadas através da má

utilização, sobrecarga excessiva dos transportes, efeitos térmicos e deficiência de contraventamento. Para Sartorti (2008), tais patologias são resultados de um excesso de cargas acima da suficiência projetada, no qual torna-se nítido a deformação da estrutura após atingir o limite de escoamento.

4.4 ESTUDOS DE CASO

Na inspeção realizada por Costa e Souza (2016), na Ponte Florentina Ávidos, inaugurada em 1927, símbolo histórico do município de Vitória- ES, foi observada as más condições devido à falta de manutenção. Os mesmos autores descrevem corrosões generalizadas em várias partes metálicas da ponte, sendo o principal motivo falhas na drenagem gerando o acúmulo de águas pluviais (Figura 4).

Figura 4: Corrosão generalizada com perda de seção ponte.



Fonte: Costa e Souza, 2016.

Afonso (2007) realizou um estudo de caso na ponte ferroviária metálica localizada na linha Santa Maria – Marcelino Ramos, no km 11+004, no Estado do Rio Grande do Sul. O autor em questão identificou deformações em peças secundárias devido a choques (figura 5) e trincas nas longarinas ocasionadas pela fadiga (figura 6).

Figura 5: Deformações ocasionadas por choques de composições ferroviárias.



Fonte: Afonso, 2007.

Figura 6: Trinca ocasionada por fadiga em uma das longarinas



Fonte: Afonso, 2007.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, as pontes são obras de artes especiais cuja principal função é realizar a transposição de obstáculos podendo ser construída de madeira, mas principalmente de concreto-armado e aço. Assim, nota-se que as pontes apresentam manifestações patológicas que comprometem o uso da sua estrutura podendo causar graves acidentes, normalmente as manifestações são causadas pela execução, uso e falta de manutenção.

Diante disso, notou-se que as pontes de concreto armado são bastante utilizadas e apresentam como principais patologias as fissuras, que tornam-se entrada para agentes agressivos as armaduras. Além disso, a carbonatação também é uma manifestação patológica que ocorre das camadas mais externas para as mais internas destruindo a camada próxima das barras de aço, o que propicia o ambiente para a manifestação da corrosão nas armaduras.

Nas pontes metálicas, nota-se que a principal patologia existente é a corrosão que deteriora o material por ação física, química e eletroquímica, sendo causada pela exposição do material (aço) com o meio ambiente. Além dessa, a fadiga e a deformação foram discutidas, sendo ambas causadas pelas cargas sobre a estrutura.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, D.F. Verificação à Fadiga de Pontes Metálicas Ferroviárias. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2007.
- ARAUJO, Jeison de; CADORE, Analu. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS URBANAS HISTÓRICAS: O CASO DA PONTE PRETA EM CURITIBA PR. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: edificações habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. São Paulo, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6.118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro. 2008.
- BASTOS, Herik César do Nascimento; MIRANDA, Mateus Zanirate. Principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos: manuseio e manutenção das obras de arte especiais. **CONSTRUINDO**, v. 9, n. 3, p. 93-101, 2017.
- BOSISIO, Giovana et al. CONCRETO ARMADO: SUAS VANTAGENS E UTILIZAÇÕES. **ETIC-ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-ISSN 21-76-8498**, v. 13, n. 13, 2017.
- CAMPOS, Clarice da Silva Machado et al. Estudo sobre patologias em pontes Study on bridge pathologies. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 120720-120734, 2021.
- CARMO, Júlia RG; OLIVEIRA, Melina de S.; DE SOUZA, Régis M. ESTADO DA ARTE DO PROCESSO DE CARBONATAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO.2019.
- CAVALCANTE, Gustavo Henrique Ferreira. **Pontes em concreto armado: análise e dimensionamento**. Editora Blucher, 2019.
- CIRINO, Miguel Adriano Gonçalves et al. Avaliação das manifestações patológicas das edificações do departamento de engenharia de alimentos da Universidade Federal do Ceará. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e481974424-e481974424, 2020.
- COSTA, F. G. DA; SOUZA, J. P. F. M. DE. Inspeção e avaliação da integridade e capacidade estrutural de ponte metálica. -Ponte Seca -1920. Disponível em: <https://www.abcem.org.br/construmetal/2016/downloads/apresentacao/21_INSPECAO-E-AVALIACAO-DE-PONTE-METALICA.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de inspeção de pontes rodoviárias. 2004. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletaneademanuais/vigentes/709_manual_de_inspecao_de_pontes_rodovias.pdf. Acesso em: 17 out. 2022.

GUEDES, Lucas Souza et al. Análise Patológica: um estudo de caso voltado à segurança do modal rodoviário nas Pontes Tortas e Pontilhão–MG.

LIMA, A. G. et al. Fadiga em componentes mecânicos: estudo para redução de perdas econômicas e de vidas. **X Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – X VSEGeT**. Rio de Janeiro, 2018.

LOPES, Lincoln Souza. Patologia da construção em concreto armado e as resoluções dos problemas de manutenção. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 23-33, 2019.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de concreto armado**. Editora Blucher, 2018.

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, 2019.

MENDES, Luiz Carlos; et al. Pontes em concreto armado em meios de elevada agressividade ambiental. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS, Córdoba, 6., 2010.

MORAIS, João Marcos Pereira et al. Análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e759974964-e759974964, 2020.

OLIVEIRA, A. L. A. et al. Fatores que influenciam a corrosão em pontes metálicas na presença de meio aquoso com alta concentração de NaCl. **INTERCORR**. São Paulo, 2018.

PELLIZZER, G. P. Análise mecânica e probabilística da corrosão de armaduras de estruturas de concreto armado submetidas à penetração de cloretos **VERSÃO CORRIGIDA**. Dissertação (Mestre). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2015.

PINHEIRO, S. M. M.; COSTA JUNIOR, M. P. Análise da durabilidade de concreto armado com fissuras induzidas por carregamento. **Revista ALCONPAT**, v. 11, n. 2, p. 17-37, 2021.

PINHEIRO, Maria Rafaela de Almeida et al. Considerações a respeito das principais manifestações patológicas em pontes de concreto armado na cidade de Recife. **3º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções (3º SPPC), artigo 3SPPC1020**, p. 220-232, 2018.

QUEIROZ, V. P. M. Avaliação do ciclo de vida de pontes de aço considerando o dano por fadiga e corrosão. Dissertação (Mestrado). **Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2020.

RESENDE, Priscila Barbosa; MARTINS, Ronie Junior Ferreira; FREITAS, Milena Sousa. Fissuras causadas por movimentações térmicas no concreto. **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**, p. 1-10, 2018.

RIOS, Eduarda Caroline Cardoso et al. Carbonatação em estruturas de concreto armado: Diagnóstico do processo de carbonatação em lajes de concreto armado presentes no estacionamento de um edifício comercial na cidade de São Luís-MA. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15846-15869, 2020.

RODRIGUES, Lucas Albuquerque; JUNIOR, Adilson Côrte Souza. Carbonatação em Estruturas de Concreto. **Revista Eletrônica da Faculdade de Alta Floresta**, v. 8, n. 1, p. 90-107, 2019.

SARTORTI, Artur Lenz. Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP. Dissertação de Mestrado **Campinas: Faculdade de Engenharia Civil-UNICAMP**, p. 203, 2008.

SENA, G. O. D. et al. **PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES**. 1. ed. Salvador (BA): 2B, 2020. p. 1-256.

SILVA, M. D. S. et al. Avanço da carbonatação em concretos para idades iniciais. **II Simpósio Brasileiro sobre reabilitação das construções-SBREB II**, 2019.

SILVA¹, LIRANA LAMARA BARRETO et al. LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS NA PONTE METÁLICA FERROVIÁRIA NO MUNICÍPIO DE CAXIAS-MA. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC'2018.

VITÓRIO, J. A. P. Pontes e passarelas metálicas e mistas. **Fundamentos e tópicos de conservação, recuperação e reforço estrutural (2ª Edição revisada e atualizada)**. Recife, 2020.

VITÓRIO, J. A. P. Conservação, danos estruturais e reforço de pontes metálica e mistas. **X Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas – XCBPE**. Rio de Janeiro, 2015.

Ye, X. W. et al. A State-of-the-Art Review on Fatigue Life Assessment of Steel Bridges. **Hindawi Publishing Corporation**, v. 2014, p. 13. 2014.