

Técnicas alternativas de correção de manifestações patológicas na ponte Dom Affonso Felipe Gregory

Alternative techniques for correcting pathological manifestations on the Dom Affonso Felipe Gregory bridge

DOI:10.34115/basrv7n1-014

Recebimento dos originais: 09/01/2023

Aceitação para publicação: 10/02/2023

Jardylene Almeida Costa

Bacharelada em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Endereço: Rua Topázio, Nº 100, Vila São Francisco, Açailândia – MA,

CEP: 65930-000

E-mail: jardylenecosta.201763027@uemasul.edu.br

Pedro Manoel Lima Gustavo Sousa

Bacharelado em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Endereço: Rua Topázio, Nº 100, Vila São Francisco, Açailândia – MA,

CEP: 65930-000

E-mail: pedrosousa.2017081563@uemasul.edu.br

Vitor de Sousa Machado

Bacharelado em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Endereço: Rua Topázio, Nº 100, Vila São Francisco, Açailândia – MA,

CEP: 65930-000

E-mail: vitormachado.2017082749@uemasul.edu.br

Francisco Raphael Lima Duarte

Bacharelado em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Endereço: Rua Topázio, Nº 100, Vila São Francisco, Açailândia – MA,

CEP: 65930-000

E-mail: franciscoduarte.201762988@uemasul.edu.br

Helde Costa Silva

Bacharelado em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Endereço: Rua Topázio, Nº 100, Vila São Francisco, Açailândia – MA,

CEP: 65930-000

E-mail: heldesilva.201763090@uemasul.edu.br

Maria Rebeca Sousa Oliveira

Bacharelada em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Endereço: Rua Topázio, Nº 100, Vila São Francisco, Açailândia – MA,

CEP: 65930-000

E-mail: mariaoliveira.201763081@uemasul.edu.br

Victor Bezerra Carvalho

Bacharelado em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Endereço: Rua Topázio, Nº 100, Vila São Francisco, Açailândia – MA,

CEP: 65930-000

E-mail: victorcarvalho.2017081474@uemasul.edu.br

Fawan Lima Teixeira

Bacharelado em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Endereço: Rua Topázio, Nº 100, Vila São Francisco, Açailândia – MA,

CEP: 65930-000

E-mail: fawanteixeira.20180040055@uemasul.edu.br

Randal Silva Gomes

Especialista em Infraestrutura de transportes pelo Instituto de

Pós-graduação e Graduação (IPOG)

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Endereço: Rua Topázio, Nº 100, Vila São Francisco, Açailândia – MA,

CEP: 65930-000

E-mail: randal.gomes@hotmail.com

RESUMO

O presente artigo identifica por meio de uma vistoria técnica e revisão bibliográfica, as manifestações patológicas presentes na ponte Dom Affonso Felipe Gregory, uma obra de arte especial responsável pela mobilidade rodoviária sob o rio Tocantins na fronteira dos estados do Maranhão e Tocantins. Tendo como objetivo geral apontar alternativas técnicas viáveis para recuperação dos problemas abordados, que possam ser utilizadas pelos administradores da obra, buscando propiciar melhoria na segurança, durabilidade, economia e conforto do patrimônio. Uma das causas do aparecimento dessas manifestações patológicas é a falta de manutenções periódicas na ponte, que tem como consequência a deterioração da mesma, que pode ocasionar o comprometimento à renda de mercadorias que necessitam deste modal viário para subsistência. Os resultados obtidos apresentam soluções para os problemas patológicos contidos na ponte, sendo estes: desagregação e buracos no revestimento do pavimento; corrosão das armaduras de aço; desgaste superficial do piso de concreto; deterioração das juntas de dilatação e deficiência do sistema de drenagem; fissuras no concreto armado; desagregação e lixiviação do concreto. Através disso, é concluído que a aplicação das alternativas técnicas apresentadas em conjunto com inspeção e manutenção periódica pode devolver à ponte qualidade e garantir a vida útil da estrutura.

Palavras-chave: pontes, patologias, recuperação.

ABSTRACT

This article identifies, through a technical survey and bibliographical review, the pathological manifestations present at the Dom Affonso Felipe Gregory bridge, a special work of art responsible for road mobility under the Tocantins River on the border of the states of Maranhão and Tocantins. Having as a general objective to point out viable technical alternatives for the recovery of the problems addressed, which can be used by the administrators of the work, seeking to provide improvement in the safety, durability, economy and comfort of the heritage. One of the causes for the appearance of these pathological manifestations is the lack of periodic maintenance on the bridge, which results in its deterioration, which can compromise the income of merchandise that need this road modal for subsistence. The obtained results presents solutions for the pathological problems contained on the bridge, namely: disintegration and holes in the pavement covering; corrosion of steel reinforcement; surface wear of the concrete floor; deterioration of expansion joints and deficiency of the drainage system; cracks in reinforced concrete; disaggregation and leaching of concrete. Through this, it is concluded that the application of the technical alternatives presented together with periodic inspection and maintenance can restore quality to the bridge and guarantee the useful life of the structure.

Keywords: bridges, pathologies, recovery.

1 INTRODUÇÃO

No ramo da engenharia, a patologia é a ciência que estuda e investiga as manifestações patológicas existentes em obras (SENA, NASCIMENTO e NABUT N., 2020). Dentro dessas, pode-se citar as obras de arte especiais (OAE), denominadas de pontes e viadutos, que fazem parte do sistema viário, podendo ter estruturas realizadas em concreto armado ou protendido, aço e madeira (MASCARENHAS *et al.*, 2019).

Conforme Helene (1992) essas OAE geralmente apresentam padrões técnicos deficientes, principalmente devido à falta de manutenção preventiva e inspeção rotineira, que com o passar do tempo pode gerar maiores custos a máquina pública. Com isso, as pontes são estruturas propensas às aparições de manifestações patológicas, que normalmente são deteriorações ocasionadas por erros nas fases de projeto, execução, utilização e ausência de manutenção (SOUSA *et al.*, 2022).

No Brasil, usualmente o material utilizado para a produção das pontes é o concreto armado, dando um aspecto de robustez para a mesma, além de se apresentar como uma estrutura complexa que admite solicitações variadas e que também está exposta a vários agentes agressivos (VASCONCELOS, 2018).

Silva J., Ribeiro e Medeiros (2020) consideram que as OAE devem exibir segurança e durabilidade adequadas aos seus usuários, desta forma, faz-se necessária a

realização de manutenções preventivas na estrutura, visto que o custo da manutenção corretiva é cinco vezes maior. Logo, quanto mais rápido a intervenção na manifestação patológica é realizada, menor será o custo de recuperação da estrutura, à vista disso, a realização da manutenção adequada garante o prolongamento da vida útil da ponte e do seu desempenho estrutural.

Disto isso, foi utilizado como objeto deste estudo a ponte Dom Affonso Felipe Gregory, uma das mais importantes pontes rodoviárias responsável pela interligação dos estados de Maranhão e Tocantins. Situada na rodovia TO-126, sobre o Rio Tocantins, e entre os municípios de Imperatriz e São Miguel do Tocantins, a ponte passou por uma inspeção e relatório fotográfico pelos autores deste trabalho e Bandeira *et al.* (2022). Observou-se com esses dados a existência de manifestações patológicas que comprometem os requisitos de segurança, funcionalidade, durabilidade, economia e a estética da ponte (DNER, 1996; VITÓRIO, 2002, p. 28).

Diante disso, presente artigo teve como objetivo identificar as manifestações patológicas existentes na ponte Dom Affonso Felipe Gregory por meio de vistoria e revisão bibliográfica, além de apresentar alternativas técnicas para correção de manifestações patológicas na ponte com o intuito de viabilizar possíveis soluções aos seus administradores de recuperação dos danos que visam garantir a vida útil da estrutura, manter a sua integridade, promover a segurança, economia, conforto e preservação do patrimônio público.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As manifestações patológicas são identificadas pela as ocorrências de alterações na construção ou na estrutura, sendo elas deformações ou degradações. São problemas que ocasionam diminuição do desempenho da obra, e conseqüentemente afetam a sua funcionabilidade (SHEIDEGGER e CALENZANI, 2019). Com isso, é importante compreender o comportamento dessas manifestações, para assim sugerir as soluções de tratamento para as mesmas (SILVA *et al.*, 2022). A seguir são apresentadas algumas manifestações patológicas recorrentes em pavimentos e em estruturas de concreto armado.

Segundo Souto, Moresco e Goltz (2019), muitas das rodovias acabam recebendo cargas excessivas, onde com o passar do tempo começam a gerar envelhecimento ou até mesmo intempéries. Conforme apresenta o DNIT (2006a), a perda das condições ideais da rodovia está relacionada ao descumprimento das manutenções preventivas. Onde, para

que essa deterioração avance dentro do estimado é necessário a execução dos serviços de manutenção preventiva.

Oliveira, Correa e Tavares (2018) citam que o aumento da macro textura superficial do pavimento flexível são manifestações patológicas que se caracterizam pela segregação do agregado ou da argamassa fina da superfície de revestimento, tornando o pavimento irregular. Essa rugosidade aparente surge em consequência dos esforços tangenciais promovido pelo tráfego de veículos. Dentre outras causas enumeradas pelo DNIT (2006a), ocorrem pela redução do adesivo entre o agregado e o ligante, operação da obra em condições climáticas desfavoráveis e falhas no manejo do ligante asfáltico nos serviços por penetração.

Conforme a norma DNIT (2003) os problemas relacionados à camada de revestimento de podem ser: fissuras, trincas isoladas ou conectadas sendo superficiais ou não, desgaste, buracos, escorregamento, entre outros. Geralmente o processo inicial de manifestação patológica é iniciado por fissuras, que em caso de imprudência administrativa pela não realização de manutenção, podem provocar infiltrações e acúmulos de umidade, perda de aderência da camada superficial, e por ação do tráfego causando os buracos ou panelas no pavimento.

Além das manifestações patológicas do revestimento do pavimento, em pontes, esses defeitos podem ocorrer de diversas formas e em outros componentes. Exemplo disso são os problemas de corrosão do aço que podem surgir a partir da correlação entre a deterioração do concreto e a exposição das barras de aço, uma vez que a manifestação da primeira possibilita o aparecimento da outra. Logo, com a desagregação do concreto, a espessura do cobrimento diminui ou se perde e a armadura fica exposta às intempéries, que proporcionam a corrosão da mesma (SANTOS, CRUZ e ROSÁRIO, 2019).

A corrosão pode ser definida como um processo derivado da relação das barras de aço com o meio ambiente, provocando reações que se dividem em química ou eletroquímica, podendo está ligada a ações mecânicas ou físicas, ocasionado a degradação da armadura (SOARES, VASCONCELOS e NASCIMENTO, 2015).

Pode ocorrer em locais expostos a umidade e substâncias corrosivas, ou áreas que apresentam falhas construtivas. A corrosão é entendida como um processo que possui natureza eletroquímica, que pode acontecer em meio aquoso, o metal tende a retornar ao seu estado original, com energia mínima, por efeito, ocorre a formação filme de eletrólito na superfície da armadura gerada pela umidade presente no concreto (MAGALHÃES, 2021).

Outro problema patológico recorrente em construções em geral é o desgaste superficial em pisos de concreto, que quando constatada, o mesmo pode indicar possíveis erros, que podem ser: na tecnologia do concreto; na dosagem utilizada; cura inadequada; baixa resistência superficial de compressão ou abrasão solicitadas pelo tráfego atuante (FORTES, SOUZA e BARBOSA J. 2008).

Uma das manifestações patológicas superficiais é o desgaste por abrasão, segundo os autores Campos *et al.* (2021) e Bauer (2002), tem a sua origem devido aos problemas de execução, causas químicas, águas, tráfego de pessoas e veículos, atrito superficial. A constatação dos defeitos pode ser realizada de forma visual, após o dano, ou previamente através do ensaio preconizado pela norma ABNT NBR 12042:2012 - *Materiais inorgânicos — Determinação do desgaste por abrasão*.

Por outro lado, a delaminação é comum em locais sujeitos a intempéries, estando ligada à exsudação provocada por uma pega diferencial entre a camada superficial e interna do piso, o que dificulta a fuga dos vapores de água provindos das camadas inferiores, sendo este último efeito acelerado por processos impermeabilizantes e variação térmica (FORTES, SOUZA, BARBOSA J. 2008).

Outro problema comum são os defeitos nas juntas de dilatação, conforme Brito e Lima (2006), as mesmas são executadas de acordo com vários critérios qualitativos e quantitativos, de forma modesta ou elaborada, visto isso, os critérios mais comuns são: quanto a execução podem ser moldadas *in-situ*, material betuminoso, peças pré-moldadas, elastômeros e aço; quanto a localização, sendo subsuperficiais (ou pode-se denominar como ocultas), ou ao nível do pavimento (à mostra); quanto aos materiais, os quais são elásticas, mistura de betume e silicone, metálicas, elastoméricas e soluções mistas; quanto a função estrutural, de topo a topo, apoiadas ou em consola; e movimentos permitidos, que são estabelecidos intervalos de amplitudes permitidas.

As fissuras são outros defeitos considerados patológicos do concreto armado, conforme Silva, Tomé e Torres (2017), pode ser decorrente de erros de projeto, má execução, ou por agentes mecânicos. Este último pode ser promovido por esforços de flexão (causando aberturas), compressão (esmagamento), flexo compressão (esmagamento e aberturas), cisalhamento, torção e tração (MASCARENHAS *et al.*, 2019). Fissuras devido a esforços de cisalhamento tendem a disposição diagonal das aberturas, esforços de compressão fissuras longitudinais e tração fissuras transversais (MASCARENHAS *et al.*, 2019).

Além destas causas, Silva, Tomé e Torres (2017) argumentam que as fissuras também podem ser causadas de forma físicas, químicas e biológicas, ambos então ligados às ações do intemperismo que em casos de pontes estas estão sujeitas à uma alta exposição ao ambiente e agentes agressivos.

As manifestações patológicas estão associadas ao cobrimento insuficiente, as infiltrações, umidade persistente, a agressividade ambiental e das condições de manutenções (IZÁ, TOMAZ e SILVA, 2022). Uma dessas manifestações é a desagregação do concreto armado, que pode ser compreendida como o processo que acontece a desunião física de partes de concreto, com isso, comprometendo o seu desempenho estrutural, já que acontece perda da resistência global e local (SOUZA e RIPPER, 1998).

A diminuição da massa de concreto acontece por ação de um ataque químico expansivo provocado por materiais ligados ao concreto, em razão da baixa resistência mecânica do mesmo, apresentando-se por agregados soltos ou de simples retirada (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Conforme Nascimento e Fontes (2021) existem alguns fatores que podem ocasionar a desagregação do concreto, sendo eles: presença de fissuras, movimentação das fôrmas, corrosão do concreto, ataques biológicos e químicos. O desenvolvimento da corrosão do concreto está associado com as características do meio que estão inseridas, como, concentração de ácidos, sais e bases. Sendo que, o processo de perda de concreto mais comuns são: descamação, vazamentos e rachaduras (IZÁ, TOMAZ e SILVA, 2022).

Nesse contexto, outra manifestação patológica comum em estruturas de concreto é a lixiviação, sendo ocasionada pela ação de infiltração de água, acontecendo o processo de diluição e transporte de cristais de hidróxidos de cálcio e magnésio para a superfície do material, sendo capaz de formar resíduos de sais denominado de eflorescência (OLIVEIRA *et al.*, 2022; MAGALHÃES, 2021). Segundo Magalhães (2021) essa manifestação patológica pode ser explicada devido as falhas no processo de execução, como, a realização inadequada da impermeabilização ou de juntas não vedadas.

A lixiviação ocasiona diminuição da resistência e de ataques na aparência, pois o material lixiviado interage com o dióxido de carbono (CO_2) existente no ar, gerando carbonatos que se mostram na conformação de manchas brancas, conhecidas como eflorescência e estalactites nas superfícies do material (DNIT, 2006b).

3 METODOLOGIA

Neste estudo, foi realizado uma revisão bibliográfica sobre as manifestações patológicas presentes e as soluções aplicáveis nestes problemas patológicos na ponte Dom Affonso Felipe Gregory, situada entre a fronteira dos estados MA-TO, interligando as cidades de Imperatriz à São Miguel do Tocantins. Além disso, realizou-se vistoria técnica na construção no dia 3 de dezembro de 2022. Durante a visita fez-se relatório fotográfico das manifestações patológicas.

A ponte analisada se encaixa no perfil de estrutura estaiada, suportada por cabos de aço sob dois mastros em concreto. Com superestrutura de tabuleiro articulado, com materiais incorporados mistos de concreto e aço estrutural, que suportam uma via de rodagem com pavimentação rígida e revestimento asfáltico na extensão de aproximadamente 1500 m.

A identificação das manifestações patológicas estudadas no presente artigo, foi realizada através da inspeção visual, durante a visita técnica e com auxílio dos estudos de revisão de bibliografia da pesquisa de Bandeira *et al.* (2022), que por sua vez abordam problemas relacionados à ponte Dom Affonso Felipe Gregory, além deste, recorreu-se ao estudo de bibliografias sobre os tipos de manifestações patológicas existentes em pontes desenvolvidos pelos autores: Bauer (2002); Brito e Lima (2006); Campos *et al.* (2021); DNIT (2006a); DNIT (2006b); DNIT (2003); Fortes, Sousa e Barbosa J. (2008); Izá, Tomaz e Silva (2022); Magalhães (2021); Mascarenhas *et al.* (2019); Mehta e Monteiro (2008); Nascimento e Fontes (2021); Oliveira *et al.* (2022); Oliveira, Correa e Tavares (2018); Santos, Cruz e Rosário (2019); Silva, Tomé e Torres (2017); Soares, Vasconcelos e Nascimento (2015); Souto, Moresco e Goltz (2019); Souza e Ripper (1998).

Conseqüentemente, foram apresentadas estratégias de intervenção para os problemas patológicos constatados, com o auxílio das pesquisas realizadas por Brito e Lima (2006); Brito e Lima (2007); Brito e Lima (2009); DNIT (2003); DNIT (2006a); DNIT (2010); Fragnet (1997) apud Brito e Lima (2007); Fortes, Souza e Barbosa J. (2008); Garcia e Helene (2008); Lapa (2008); Lima e Brito (2009); Lottermann (2013); Magalhães (2021); MINVU (2008); Oliveira, Correa e Tavares (2018); Oliveira *et al.* (2020); Oliveira *et al.* (2022); Pereira, Ferreira e Borba (2019); Santos e Benneti (2018); Santos, Benetti e Dias (2019); Silva e Gassenferth (2019); Silva, Tomé e Torres (2017); Soares, Vasconcelos e Nascimento (2015); Souza e Ripper (1998).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse tópico será abordado as manifestações patológicas encontradas na inspeção visual e na revisão bibliográfica, sendo elas: desagregação e buracos na camada de revestimento do pavimento; desgaste superficial do piso de concreto; corrosão nas armaduras de aço; deterioração nas juntas de dilatação e deficiência do sistema de drenagem; fissuras de origem mecânica e térmicas no concreto armado; degradação e lixiviação do concreto. Além de mostrar possíveis correções fundamentadas pelos autores citados na metodologia.

4.1 DESAGREGAÇÃO E BURACOS NO REVESTIMENTO DO PAVIMENTO

Através da visita realizada, foi observado a existência de buracos na pista (

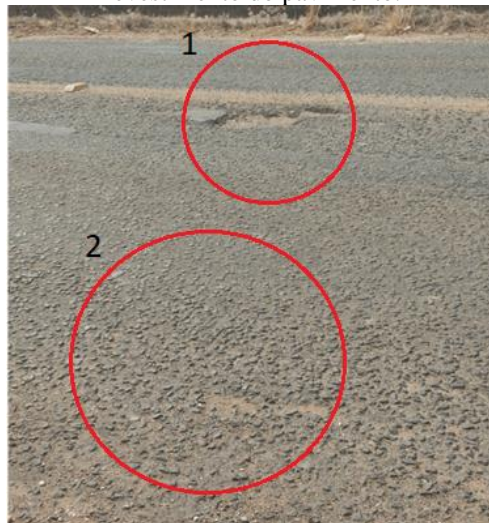
Figura 1 - região 1) e a presença de um desgaste superficial do pavimento (

Figura 1 - região 2), que caracteriza a desagregação da camada de revestimento do pavimento da ponte Dom Affonso Felipe Gregory.

De acordo com DNIT (2006a) a restauração dos problemas de desgaste e desagregação pode ser realizada com tratamento asfáltico ou incorporação das camadas, proporcionando rejuvenescimento do pavimento agravado. Como também, a norma DNIT (2003) recomenda que através de análises do estado de conservação do pavimento asfáltico e embasamentos técnicos será possível diagnosticar e propor a melhor técnica e/ou alternativa para a adequação e restauração do pavimento.

A fim de solucionar as patologias superficiais de desgaste e desagregação apresentadas e propor melhorias ao revestimento, autores como Pereira, Ferreira e Borba (2019), Oliveira, Correa e Tavares (2018) e MINVU (2008) recomendam a aplicação de uma emulsão asfáltica para rejuvenescer a superfície do pavimento e assim, evitar a perda de agregados na camada do revestimento asfáltico. Como também, são utilizados para o tratamento superficial o processo de micro revestimento para recomposição da aderência superficial contra a ação abrasiva do tráfego, composto de pó de pedra, emulsão de Ruptura Controlada (RC), cal para dar elasticidade e água.

Figura 1 – Região 1 apresenta a existência de buracos na pista e região 2 contém desagregação do revestimento do pavimento.



Fonte: Autores

Com relação à restauração do pavimento asfáltico no caso de buracos, as recomendações propostas norma DNIT (2010) são: remoção do todo o material da área afetada; corte em um retângulo com afastamento das faces de 30 cm para a área danificada; a superfície resultante (cava) deverá receber uma pintura de ligação; a cava deverá ser preenchida com a mistura betuminosa ainda quente e compactada com rolo pneumático.

4.2 CORROSÃO DAS ARMADURAS DE AÇO

O concreto de boa qualidade fornece para as barras de aço proteção equivalente, logo, a melhor maneira de proteger as armaduras é a aplicação de concretos com resistências e cobrimentos adequados (SOARES; VASCONCELOS e NASCIMENTO, 2015). Para se obter concretos com melhores qualidades pode-se ampliar a espessura do cobrimento aplicado, ou diminuir a relação água/cimento, gerando uma maior durabilidade e resistência (GARCIA e HELENE, 2008).

A

Figura 2 ilustra uma vista superior da exposição sofrida pelas as armaduras de aço nas defensas da ponte, pode-se observar que a desagregação sofrida pelo concreto ocasionou o aparecimento das armaduras de aço, problema também exemplificado na Figura 6. Com o decorrer do tempo e sob as ações das intempéries essas armaduras sofrerão o processo de corrosão, que levará a degradação das barras de aço.

Figura 2 – Armaduras expostas nas defensas da Ponte Do Affonso Felipe Gregory.



Fonte: Autores.

Com isso, objetivando manter a estrutura sob os requisitos principais de uma ponte deve-se realizar ações corretivas na mesma. Logo, de acordo com Soares, Vasconcelos e Nascimento (2015) o processo de recuperação está associado com o nível de oxidação a qual a estrutura apresenta. Pois, se a barra apresentar perda de seção até 10%, realiza-se a limpeza da base, com o objetivo de criar uma superfície aderente e demarcando os locais não deteriorados ou não aderidos. Posteriormente, é retirado todo o concreto, com a finalidade de limpar toda a barra e revesti-la com materiais anticorrosivos, e para finalizar preencher a seção com um novo concreto. Mas se a perda for superior a 10%, deve-se cortar a parte danificada da barra, repondo com uma nova e amarrando-a com um trecho integro da barra antiga.

Silva e Gassenferth (2019) apresentam como alternativas de tratamento para esse tipo de manifestações patológicas os seguintes meios:

- a) Visando a economia, a restauração considerada mais simples e com menor custo seria a realização do apicoamento do concreto avariado e uma limpeza por meio de uma escovação manual das armaduras de aço, que posteriormente deveriam ser recobertas com concreto ou argamassa;
- b) Um tratamento adequado consiste na realização da limpeza através de jatos de água revezados com areia, tendo como finalidade retirar o concreto que apresenta carbonatação e impurezas advindas da corrosão das armaduras, a seguir realizar a aplicação da resina epóxi para impermeabilizar o local, e por

último, refazer a peça por encamisamento, visto que, a diminuição das bitolas podem ter gerado um enfraquecimento da estrutura.

4.3 DESGASTE SUPERFICIAL DO PISO DE CONCRETO ARMADO

Conforme constatado pela visita realizada na ponte Dom Affonso Felipe Gregory na

Figura 3, é possível observar a existência de problemas relacionados ao desgaste superficial do piso de concreto, o qual é destinado à circulação de pedestres localizado nas bordas da ponte.

Figura 3 – Desgaste superficial identificado na passarela da ponte Dom Affonso Felipe Gregory.



Fonte: Autores.

Este tipo de patologia geralmente pode ser categorizada das seguintes formas, sendo estas: desgaste por abrasão; delaminação da camada superficial; ou também uma combinação de ambas patologias.

Além disso, segundo Lapa (2008), a exposição do aço em malha apresentada na

Figura 3, indica perda da camada superficial de argamassa em profundidades maiores que 25 mm, o que caracteriza um estado severo do problema e possível corrosão do aço.

A alternativa de recuperação da camada superficial de concreto, de acordo com Magalhães (2021) e Lapa (2008), deve-se considerar inicialmente o tratamento contra corrosão da malha de aço caso seja constatada.

A recuperação dos danos por abrasão e delaminação segundo Fortes, Souza e Barbosa J. (2008), Magalhães (2021) e Lapa (2008), pode ser realizada com a aplicação de uma nova camada de concreto ou argamassa superficial de cimento Portland

enriquecido por epóxi, microsílca, látex ou acrílico, considerando juntas de dilatação para pisos, impermeabilização da superfície e o cobrimento nominal do aço conforme ABNT NBR 6118:2014 - *Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento*.

4.4 DETERIORAÇÃO DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO E DEFICIÊNCIA NO SISTEMA DE DRENAGEM

A

Figura 4 apresenta a junta de dilatação utilizada na ponte, sendo do tipo aberto. Esse tipo de junta é fortemente afetada por deterioração da banda de transição, infiltração d'água por deficiência do sistema de drenagem, isso demonstra falha de cuidado na instalação e manutenção deste equipamento (BRITO e LIMA, 2006).

Os tipos de juntas com elastômeros armados ou junta de pavimento contínuo são alternativas que podem ser utilizados para correção da patologia evidenciada, por Bandeira *et al.* (2022), estudo realizado em junta de dilatação do tipo aberto. As consequências são o desconforto da via de tráfego e a deterioração dos materiais incorporados na Ponte Dom Affonso Felipe Gregory, evidenciando os parâmetros discutidos por (BRITO e LIMA, 2006; BRITO e LIMA, 2007; LIMA e BRITO, 2009).

Acerca de intervenções de problemas patológicos é importante salientar que existe uma proximidade entre manutenção e reabilitação, a primeira está associada às operações pontuais nos elementos de fixação (para garantir proteção anticorrosiva e certificação de apertos), substituição dos perfis elastoméricos, substituição de elementos deteriorados e verificação do sistema de drenagem. A devida limpeza do interior da junta, é importante para não dificultar a movimentação natural do tabuleiro. A reabilitação está associada à reparação parcial ou substituição integral do elemento (FRAGNET, 1997 apud BRITO e LIMA, 2007).

Figura 4 – Junta do tipo aberta sujeita a deterioração.



Fonte: Autores.

4.5 FISSURAS POR CAUSAS MECÂNICAS E VARIAÇÃO TÉRMICA DO AMBIENTE

As fissuras apresentadas nas defensas que dividem o pavimento rodoviário e a área destinada a pedestres nas Figuras

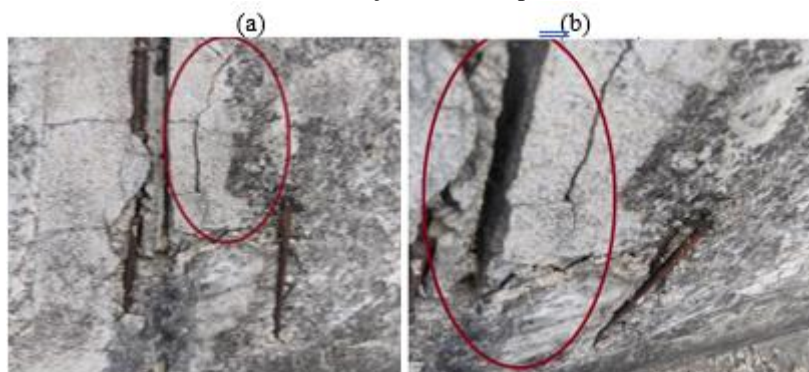
Figura 5 (a) e (b), que por análise e caracterização dos autores Bandeira *et al.* (2022) não se tratam de elementos estruturais que compõem a superestrutura da ponte, se tratando das defensas. Argumentam que o caso ilustrado na

Figura 5 (a), são originadas por esforços mecânicos, ações químicas ou biológicas, e na

Figura 5 (b) pelo efeito de variação térmica e intempéries (chuvas e ventos) provocadas no concreto armado. Além disso ambas Figura

Figura 5 (a) e (b), apresentam exposição das armaduras de aço que podem indicar possível corrosão, tendo um tratamento descrito neste trabalho.

Figura 5 - (a) Fissuras nas defensas de concreto armado; (b) Fissuras ocasionadas pela variação térmica ambiente e ações de intempéries.



Fonte: *et al.* (2022)

A manutenção de estruturas pode ser realizada periodicamente com aplicação de extensômetros (*Strain gauges*) nas fissuras superficiais, a fim de verificar o nível de deformações ativas, para avaliar com exatidão os esforços atuantes.

Com base nos dados coletados, as fissuras inativas podem ser corrigidas por meio da aplicação da injeção de resinas epoxídicas (que podem alcançar até 100 MPa de resistência à tração e compressão) para situação de pequenas aberturas (SANTOS e BENETTI, 2018).

Conforme Silva, Tomé e Torres (2017) e fissuras de 10 a 30 mm, aplica-se a técnica de recuperação denominada selagem, tendo um processo similar ao processo anterior, porém aplicada nos bordos das fissuras consideradas ativas, quando as fissuras ultrapassarem 30 mm a selagem se torna um estancamento de junta e será necessário um cordão poliestireno extrudado, ou uma mangueira plástica.

No Brasil, a maior parte das manifestações patológicas é evidenciada devido a negligência dos órgãos responsáveis na realização de manutenção (OLIVEIRA, SANCHES e PINHEIRO, 2022). Contudo, é necessário melhor planejamento de manutenção das estruturas, pois premeditar manutenções é uma forma de garantir o desempenho satisfatório para prolongar a vida útil da estrutura (SANTOS, BENETTI e DIAS, 2019).

4.6 DESAGREGAÇÃO DO CONCRETO

A Figura 6 ilustra a vista lateral do processo de desagregação do concreto como descrito por Souza e Ripper (1998), onde o concreto perde parte do seu revestimento. De acordo com Oliveira *et al.* (2020) esse tipo de manifestação patológica pode ser ocasionada pela ação da expansão das áreas das armaduras de aço. Logo, para a recuperação do concreto, pode-se usar como alternativa uma nova camada de argamassa ou concreto de alta resistência, tendo como obrigatoriedade respeitar o revestimento segundo a classe de agressividade na qual o material está sujeito, seguindo as recomendações da ABNT NBR 6118: 2014.

Segundo Lottermann (2013) primeiramente realizar-se a limpeza do local, tendo como objetivo extrair o concreto solto, além da limpeza da armadura, usando um jato de sílica, pois é imprescindível a retirada da ferrugem. A etapa seguinte, consiste no revestimento da armadura aplicando o epóxi, ou realizando o revestimento aplicando a argamassa polimérica que é uma mistura de cimento-cola e uma dispersão de polímeros líquidos.

Figura 6 – Processo de desagregação do concreto na Ponte Dom Affonso Felipe Gregory.



Fonte: Autores.

4.7 LIXIVIAÇÃO DO CONCRETO

Na inspeção visual realizada notou-se que a lixiviação era um problema recorrente no decorrer da estrutura da ponte estudada, a

Figura 7 ilustra o processo de eflorescência encontrado, sendo característico o aparecimento de manchas brancas na superfície da estrutura.

Figura 7 – Processo de eflorescência observado na Ponte Dom Felipe Gregory.



Fonte: Autores.

Conforme Oliveira *et al.* (2022) e Souza e Ripper (1998), os tratamentos possíveis para essa problemática consistem na correção de possíveis entradas de água; retirada dos sais presentes na superfície, limpeza usando escova metálica ou jato de ar, areia ou água, e se for necessário aplicar uma pintura impermeabilizante.

5 CONCLUSÕES

Portanto há diversas correções possíveis para as manifestações patológicas da ponte Dom Affonso Felipe Gregory. Na pesquisa, foram encontradas várias estratégias de intervenção para os problemas patológicos constatados, sendo elas descritas adiante.

Para a desagregação e buracos na camada de revestimento do pavimento, aplicar o tratamento asfáltico; no desgaste superficial do piso de concreto armado, proceder com limpeza da armadura e aplicar uma nova camada de concreto ou argamassa enriquecida com epóxi, microsílica, látex ou acrílico; para a corrosão nas armaduras de aço, realizar limpeza ou substituição da parte danificada da armadura, limpeza e remoção do concreto com impurezas e aplicar um recobrimento com concreto, argamassa ou resina epóxi; na deterioração nas juntas de dilatação e deficiência do sistema de drenagem, realizar a substituição da por elastômeros armados; nas fissuras de origem mecânica e térmicas no concreto armado, proceder com a injeção de resinas epoxídicas ou selagem das fissuras e na degradação do concreto, aplicar um recobrimento com concreto, argamassa ou resina epóxi e na lixiviação do concreto proceder com a limpeza do local e aplicar uma pintura impermeabilizante.

Sendo assim, a aplicação das alternativas técnicas apresentadas em conjunto com inspeção e manutenção periódica pode devolver à ponte qualidade e garantir a vida útil da estrutura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12042:2012 - Materiais inorgânicos — Determinação do desgaste por abrasão. Rio de Janeiro. 2012.

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

BANDEIRA, L. L.; SILVA, P. P. de A.; CASTRO, C. H. C.; LUCENA, M. S. de; BARBOZA, J. L. R.; FRANCO, M. E. M.; SILVA, L. C.; SILVA J., J. B. L.; GOMES, R. S. Identificação de patologias presentes nas estruturas da ponte Dom Affonso Felipe Gregory / Identification of pathologies found in the Dom Affonso Felipe Gregory bridge's structures. *Brazilian Applied Science Review*, vol. 6 No 6. p. 1621-1635. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34115/basrv6n6-012>. Acesso em 15 dec. 2022.

BAUER, R. J. F.; PAULON, V. A.; TOKUDOME S.; SANTOS, F. B. dos. Influência dos endurecedores de superfície sobre a resistência ao desgaste por abrasão. In: 44 Congresso Brasileiro do Concreto, 2002, Foz do Iguaçu. Influência dos endurecedores de superfície sobre a resistência ao desgaste por abrasão. São Paulo: IBRACON, 2002. v. 1.

BRITO, J.; LIMA, M. Manutenção e reabilitação de juntas de dilatação de obras de arte rodoviárias. *ResearchGate*, Lisboa, v. 1, n. 1, p. 1-15, dez., 2007.

BRITO, J.; LIMA, M. Os Tipos de Juntas de Dilatação Mais Aplicados na Rede Rodoviária Portuguesa e a Sua Principal Patologia. *ResearchGate*, Lisboa, v. 1, n. 1, p. 1-15, dez., 2006.

CAMPOS, C. da S. M.; CARVALHO, E. M. B. de; OLIVEIRA, M. L. G. J. de; OLIVEIRA, M. B. de; SOUZA, R. R. C. D. Estudo sobre patologias em pontes / Study on bridge pathologies. *Brazilian Journal of Development*, vol. 7 No. 12. p. 120720-120734. (2021). Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-713>. Acesso em 15 dec. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Manual de projeto de obras-de-arte especiais. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. - Rio de Janeiro, 1996. 225p. (IPR. Publ., 698).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. DNER 090/2006 – ES – Patologias do concreto – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: DNIT, 2006b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. IPR - 720. Manual de restauração dos pavimentos asfálticos. Rio de Janeiro, 2006a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNER 005/2003 – TER. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNER 154/2010 – Pavimentação asfálticas – Recuperação de desfeitos em pavimentos asfálticos – Especificações de serviço. Rio de Janeiro, 2010.

FORTES R. M.; SOUZA C. J. N. de; BARBOSA J. Á. S. B. Recuperação de piso industrial – Peculiaridades e Dificuldades. IBRACON, Ano XXXV No 49. São Paulo. 2008. pag 44-48.

GARCIA, M. L. G.; HELENE, P. Avaliação do comportamento eletroquímico de sistemas de reparo para estruturas de concreto com corrosão de armaduras. São Paulo: EPUSP, 2008. 20p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP.

HELENE, P. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. Pini Editora, São Paulo, 1992.

IZÁ, C. L.; TOMAZ, R. de C. da C. G.; SILVA, J. D. dos S. Diagnósticos e soluções patológicas em concreto armado. Revista Ibero-Americana de humanidades, ciências e educação. São Paulo, v. 8 n.11, nov de 2022.

LAPA, J. S. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. Monografia para obtenção de especialização em Construção Civil, Belo Horizonte/MG, 2008.

LIMA, M.; BRITO, J. Classificação das juntas de dilatação em obras de arte rodoviárias Portuguesas. Teoria e Prática na Engenharia Civil, Lisboa, v. 1, n.14, p.31-41, out., 2009.

LOTTERMANN, A. F. Patologias em Estruturas e concreto: Estudo de caso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Departamento de ciências exatas e engenharias. Ijuí, 2013.

MAGALHÃES, L. P. Elaboração de diagnósticos patológicos em estruturas de concreto. São José dos Pinhais: Editora Brazilian Journals, 2021. 195 p.

MASCARENHAS, F. J. R.; CORTEZÃO, A. W. S.; AZEVEDO J., Antônio P.; ANDRADE, B. D. de; OLIVEIRA, L. F. de; VIANA, P. S. Patologias e inspeção de pontes em concreto armado: Estudo de caso da ponte Governador Magalhães Pinto. Rio de Janeiro: ENGEVISTA, v. 21, n.2, p. 288-302, mai. 2019.

MEHTA P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto - Microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2008.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO - MINVU. Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación. Santiago, Chile, 2008.

NASCIMENTO, É. R. dos S.; FONTES, M. D. de S. Patologias nas estruturas de Concreto Armado. Revista FATEC de tecnologia e ciências. V. 6, nº 1. 2021.

OLIVEIRA, E.; SANCHES, A.; PINHEIRO, F. Análise das manifestações patológicas do viaduto Governador Plínio Ramos Coelho: estudo de caso. Curitiba: Brazilian Journal of Development, v.8, n.10, p. 69482-69497, out. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv8n10-297>>. Acesso em: 17 dez. 2022.

OLIVEIRA, M.; CORREA, R.; TAVARES, A. Patologias em pavimento flexível. Centro Universitário Toledo. São Paulo, 2018.

OLIVEIRA, M. A. de; NOTARI, G. D.; PEGORARO, D. M. do P.; GULAK, D. Levantamento de manifestações patológicas na ponte sobre o Rio das Ostras no município de Balneário Camboriú, Santa Catarina – Brasil. Fortaleza, 2020.

OLIVEIRA, M. G. de; SOUSA, D. L. de; TEIXEIRA, M. R.; SOUZA, Milleno Ramos de; SOUSA, Fernanda dos Santos. Ocorrência de lixiviação no concreto das galerias da UHE de Tucurí-Pará. Brazilian Journal of Development. v.8, n. 4, 2022.

PEREIRA, J. R.; FERREIRA, L. G.; BORBA, F. V. Diagnóstico de patologias encontradas em pavimentos rodoviários flexíveis e semirrígidos. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer: Goiânia, v.16 n.30, 2019.

SANTOS, C. G. dos; BENETTI, H. A. P. Técnicas para recuperação de ponte de concreto armado: estudo de caso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná. 2018.

SANTOS, C. G. dos.; BENETTI, H. A. P.; DIAS, G. L. Diagnóstico de manifestações patológicas para recuperação de ponte de concreto armado. Simpósio Paranaense de Patologia das Construções, IV, Curitiba. Anais eletrônicos [...] Curitiba: Editora Cubo, 2019. p. 91 – 100.

SANTOS, I. S.; CRUZ, L. L. P.; ROSÁRIO, L. M. Investigação patológica em terminal de integração com estruturas de concreto armado-estudo de caso. Revista de Engenharia e Tecnologia. V 11, nº. 3, set/2019.

SCHEIDEGGER, G. M.; CALENZANI, C. L. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 04, ed. 03, v. 05, p. 68-92, mar. 2019. ISSN: 2448-0959.

SENA, G. O. de; NASCIMENTO, M. L. M.; NABUT N., A. C. Patologia das construções. 1. ed. Salvador: 2B, 2020.

SILVA J; L. A. da, RIBEIRO, I. V. P. de L.; MEDEIROS, S. D. Levantamento técnico dos problemas patológicos dos edifícios da UEMG – Unidade de João Monlevade: efeitos e condutas de intervenções. Research, Society and Development, v. 9, n. 8, 2020.

SILVA, A. P. da; SILVA, D. M. da; NETO, J. L. de S.; SILVA, E. dos S. **Identificação de manifestações patológicas em elementos de concreto e concreto armado: um estudo de caso no campo de futebol Lazaro Paiva (Lazarão) em Mossoró/RN.** Universidade Potiguar. 2022.

SILVA, G. V. da; GASSENFERTH, L. Levantamento de problemas patológicos encontrados na ponte Nereu Ramos e sugestão de possíveis meios de recuperação. Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, 2019.

SILVA, V. M. da; TOMÉ, M. Z.; TORRES, V. C. Patologia e recuperação em estruturas de concreto armado: uma análise em edificações privadas nos municípios de Tubarão/SC e Laguna/SC. Monografia. Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão. 2017.

SOARES, A. P. F.; VASCONCELOS, L. T.; NASCIMENTO, F. B. C. do. Corrosão em armaduras de concreto. Maceió, 2015.

SOUSA, S. de C.; MACEDO, F. R. C. de; FONSÊCA, T. de S.; MARTINS, D. de A. Avaliação de manifestações patológicas em edificações: estudos de caso em duas residências na cidade de Paraibano-MA. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 14, nº. 1, 2022.

SOUTO, E. V.; MORESCO, B. H.; GOLTZ, C. J. Patologias em pavimentos asfálticos: estudo de caso na rua Dr. Renato Figueiro Varella em Nova Xavantina – MT. Revista Interação Interdisciplinar, v. 03, nº. 02, p. 117-130, jul – dez., 2019.

SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998. 257p.

VASCONCELOS, F. de O. Análise das manifestações patológicas em pontes de concreto armado: estudo de caso. 2018.

VITÓRIO, J. A. P. Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão. Recife, CREA-PE, 2002.